UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FAZ
Facultad de Agricultura Y Zootecnia

XXXV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

6 al 8 de septiembre del 2023

Resiliencia
En la producción agropecuaria





ISSN: 2594-1437

EDITORES
Dr. Pablo Preciado Rangel
Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles
Dr. Manuel Fotis Hernández
Dr. Ulises Noel Gutiérrez Guzmán
MC Francisco Javier Ruiz Ortega
MC Judith Puentes Gutiérrez

VENECIA, DURANGO, MÉXICO
http://faz.ujed.mx/siafaz

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FAZ
Facultad de Agricultura y Zootecnia

XXXV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

6 al 8 de septiembre del 2023



Artículos presentados durante el evento científico de la XXXV Semana Internacional de Agronomía llevada acabo en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia los días 6,7 y 8 de septiembre del 2023.

Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ)
Carretera Gómez-Palacio - Tlahualilo Km 32
Venecia, Durango, México.
Tel. 8717118876 y 8717118875
Correo electrónico: fazujed.sia@gmail.com
Página web: http://faz.ujed.mx
http://faz.ujed.mx/siafaz

ISSN: 2594-1437

EDITORES

Dr. Pablo Preciado Rangel
Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles
Dr. Manuel Fotis Hernández
Dr. Ulises Noel Gutiérrez Gúzman
MC Francisco Javier Ruiz Ortega
MC Judith Puentes Gutiérrez

Diseño de portada
MC FRANCISCO JAVIER RUIZ ORTEGA
ruiz6812@hotmail.com

VENECIA, DURANGO, MÉXICO
http://faz.ujed.mx/siafaz

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FAZ
Facultad de Agricultura y Zootecnia

XXXV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

6 al 8 de septiembre del 2023

ISSN: 2594-1437

SIA 2023, Semana Internacional de Agronomía enero diciembre del 2023, es una publicación arbitrada periódica electrónica, anual, editada y publicada por la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), con domicilio en Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo km 32, Venecia, Durango, México. Web http://faz.ujed.mx; http://faz.ujed.mx/siafaz/. Editores responsables: Dr. Pablo Preciado Rangel, Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles, Dr. Manuel Fortis Hernández, Dr. Ulises Noel Gutiérrez Guzmán, MC Francisco Javier Ruiz Ortega y MC Judith Puentes Gutiérrez. ISSN: 2594-1437. La Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED) no respalda la validez de los experimentos ni los resultados obtenidos. La responsabilidad de estos recae en los autores de cada artículo. Por ende, el contenido de los artículos publicados es atribuible únicamente a sus respectivos autores y no refleja la posición oficial del cuerpo editorial de la publicación. Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación, incluyendo el almacenamiento electrónico, siempre y cuando sea con fines no lucrativos o exclusivamente para propósitos académicos. En todos los casos, se debe citar la fuente de manera invariable y sin modificar el contenido, ateniéndose a los criterios establecidos por el autor.

VENECIA, DURANGO, MÉXICO
http://faz.ujed.mx/siafaz

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FAZ
Facultad de Agricultura y Zootecnia

XXXV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

6 al 8 de septiembre del 2023

ISSN: 2594-1437





COMITÉ CIENTÍFICO
Dr. Pablo Preciado Rangel
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
Dr. Manuel Fortis Hernández
DR. Miguel Ángel Gallegos Robles
Dr. Ignacio Orona Castillo
Dra. Elizabeth Zúñiga Valenzuela
Dr. Ulises Noel Gutiérrez Guzmán
MC Francisco Javier Ruiz Ortega
MC Judith Puentes Gutiérrez

VENECIA, DURANGO, MÉXICO
http://faz.ujed.mx/siafaz

PRESENTACIÓN

Una vez más, la Facultad de Agricultura y Zootecnia organiza de manera ininterrumpida la Semana Internacional de Agronomía, esto ha sido posible al esfuerzo conjunto de autoridades universitarias, académicos e investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), nuestra máxima casa de estudio. Este año se celebra la XXXV edición de éste magno evento, lo que representa la oportunidad de intercambiar experiencias, nuevos conocimientos y cumplir con la misión de difundir el conocimiento científico entendido como el proceso de transmitir y diseminar los resultados de la investigación científica. De nueva cuenta volveremos a contar con la participación de expertos nacionales e internacionales, cuyas contribuciones están dirigidas a ser más eficiente la producción de alimentos.

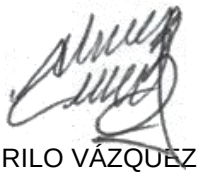
Hoy más que nunca y ante un panorama adverso a la permanencia del equilibrio del medio ambiente, la creciente demanda de alimentos, el cambio climático y las necesidades de sanidad vegetal, es impostergable contribuir desde todas las áreas posibles a encontrar soluciones alternativas al abasto de productos agroalimentarios sanos con modelos de producción en armonía con la naturaleza y que sean sostenibles.

Este evento científico tiene como objetivo ofrecer un espacio a todas las personas interesadas en investigar y presentar nuevos conocimientos o formas de utilizar los recursos disponibles en los distintos agroecosistemas para la producción de alimentos, haciendo énfasis en las vertientes de producción agrícola, producción animal y agricultura orgánica.

Los trabajos de investigación contenidos en estas memorias brindan un excelente material de consulta para estudiantes, académicos, investigadores y productores del sector agropecuario, ya que constituyen un referente para actualizar sus conocimientos, además de que los trabajos presentados fomentan el interés por la ciencia y la socialización de sus resultados.

Reitero mi reconocimiento y agradecimiento a todos los participantes a este magno evento ya que estoy seguro de que se cumplieron sus expectativas de haber participado en la XXXV Semana Internacional de Agronomía y nosotros habremos cumplimos con la misión de fomentar el conocimiento científico.

A T E N T A M E N T E



DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ

Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

Índice

CONFERENCIAS MAGISTRALES

CONTROL MICROBIANO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES 1
González-Gaona Ernesto, Karla Vanessa De Lira-Ramos, Roberto Sánchez-Lucio, Miguel Ángel Gallegos-Robles, Rafael Gómez-Jaimes

¿LA AGRICULTURA ORGANICA ES SUSTENTABLE? 12
Beltrán Morales F.A., Ruiz Espinoza F.H., Zamora Salgado S., Loya Ramírez J.G., José Luis García Hernández, Pablo Preciado Rangel.

OBTENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS ARTESANALES 22
Ruiz-Espinoza Francisco Higinio, Beltrán-Morales Félix Alfredo, Loya-Ramírez José Guadalupe, Zamora-Salgado Sergio; Vázquez-Vázquez, Cirilo, Orona-Castillo, Ignacio

RETOS DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA ANTE LA CRISIS HIDRICA EN LA COMARCA LAGUNERA 42
M.C. Gerardo Jiménez González

AGRICULTURA ORGÁNICA

APLICACIÓN WEB AGROPRON PARA CONSULTAR DE DIFERENTES VARIABLES CLIMÁTICAS 53
Luis. A. González Jasso, Arturo Corrales Suastegui, Miguel A. González González

ADOPCIÓN Y REAJUSTES DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA 59
Luis. A. González Jasso, Noé Chávez Sánchez

COMPORTAMIENTO DE CHILE JALAPEÑO Y SERRANO BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CIELO ABIERTO Y CASA SOMBRA 65
Santiago Salinas-Hernández, Urbano Nava-Camberos, José Luis García-Hernández, Homero Sánchez-Galván, Verónica Ávila-Rodríguez

CONTROL ORGÁNICO DE MALEZAS EN VIÑEDOS DE UVA DE VINO VARIEDAD ´MERLOT' 72
Iván Franco-Gaytan, Olga Bonilla-Barrientos, Enrique Hernández-Leal, Francisco Javier Pastor-Lopez, Cristo Omar Puente-Valenzuela.

DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA EN ARÁNDANO *(Vaccinium corymbosum*) en Zacatlán, Puebla. 79
Shaadi María Sánchez Espinosa, Guillermo Márquez Licona, Alma Rosa Solano Báez, Geremias Rodríguez Bautista, Hilda Elizabeth Flores Moctezuma.

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS FOLIARES EN AVENA FORRAJERA VARIEDAD CUAUHTÉMOC 85
Lugo-Palacios, Aarón David; Gallegos-Robles, Miguel Ángel; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel; Lugo-Palacios, Raúl Eduardo; Castellanos-Pérez, Edmundo.

EFECTO DE ACTINOBACTERIAS APLICADAS EN PRE Y POS APLICACIÓN EN LABORATORIO PARA CONTROL DE ROYA ASIÁTICA EN SOYA 91
Zeferino Vicente-Hernández, Moisés Felipe-Victoriano, Raúl Rodríguez-Guerra, J. Isabel López-Arroyo, Isidro Humberto Almeyda-León

EFECTOS DE DOSIS DE INSECTICIDAS EN LAS DENSIDADES DE PULGONES E INSECTOS DEPREDADORES ASOCIADOS EN NOGAL PECANERO 99
Urbano Nava-Camberos, Verónica Ávila-Rodríguez, José Luis García-Hernández, Gilberto Jonathan Barrientos-Sánchez, Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa, Jorge Maltos-Buendía

EFECTO DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES SOBRE LA MOSQUITA BLANCA, *Bemisia tabaci* GEN., EN TOMATE EN MALLA SOMBRA 109
Juan Patricio Reyes-Maya, Homero Sánchez-Galván, Urbano Nava-Camberos, David Ovalle-Rios, Verónica Ávila-Rodríguez, Jorge Maltos-Buendía

EFECTO DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA, QUÍMICA Y MIXTA EN RENDIMIENTO DE MAÍZ EN GUASAVE, SINALOA 117
Graciano-Obeso, Adalid; Hernández-Hernández, Aidé; Maldonado-Peralta, Ramiro y Castro Perea, Eddy Zabdiel

EFECTO DE NANOMATERIALES DE ZNO EN LA PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA DE SORGO BLANCO (SORGHUM BICOLOR L. MOENCH) 126
García-López Josué I, Flores Naveda Antonio, Ruiz-Torres Norma, Álvarez Vázquez Perpetuo, Camposeco-Montejo Neymar

EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL AGUA MEDIANTE MICROASPERSIÓN EN NOGAL EN ZARAGOZA, COAHUILA 134
Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Martínez Rodríguez, Juan Guillermo y Parga Torres, Víctor Manuel

ENTOMOFAUNA BENEFICA ASOCIADA A LA MOSCA BLANCA, BAJO DIFERENTES PROGRAMAS DE MANEJO DE INSECTICIDAS EN MELON 142
Sebastián Candela-Hernández, Urbano Nava-Camberos, Homero Sánchez-Galván, Verónica Ávila-Rodríguez, Jorge Maltos-Buendía.

ESTRUCTURA HORIZONTAL Y VERTICAL DEL *PINUS CEMBROIDES* ZUCC. EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ 150
Vicenta Constante-García, Erika Nava Reyna y Marina de Jesús Marcial Pablo.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EFICACIA DE UN BIOPESTICIDA EN MANZANA 157
Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes.

EVALUACIÓN DE PLÁSTICOS NEGROS Y/O TRANSPARENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris L.)* APLICANDO LA TÉCNICA DE SOLARIZACIÓN. 165
Avila-Cisneros; R., González-Avalos; R., Rocha-Quiñones; J.L., González-Torres; A., y ; Ogaz; A.

GENERACIÓN DE UN BIOPESTICIDA: SITUACIONES Y SOLUCIONES 174
Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes.

GENERACIÓN DE MAPAS REPRESENTATIVOS DE SEQUÍA EN MÉXICO MEDIANTE EL INDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN 183
Luis. A. González Jasso, Miguel A. González González, Arturo Corrales Suastegui

PERIODO CRÍTICO DE CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL CON HERBICIDAS PREEMERGENTES 189
Iván Franco-Gaytán, Olga Bonilla-Barrientos, Enrique Hernández-Leal, Beatriz Martínez-Yáñez, José Alberto Urrieta-Velazquez

PERIODO CRÍTICO DE CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN TRANSGÉNICO CON HERBICIDAS PREEMERGENTES 197
Iván Franco-Gaytán, Olga Bonilla-Barrientos, Enrique Hernández-Leal, Jorge Maltos-Buendía, José Alberto Urrieta-Velazquez.

PRESELECCIÓN DE ACTINOBACTERIAS ANTAGÓNICAS CONTRA *Fusarium graminearum* 205
Raúl Asael Rodríguez-Villarreal, Raúl Rodríguez-Guerra, Patricia Rivas-Valencia, J. Isabel López-Arroyo, Kenzy Ivveth Peña-Carrillo

RESILIENCIA DE *RIZOPHAGUS INTRARADICES* INOCULADO EN UN HÍBRIDO DE *BRACHIARA DECUMBES* . 212
Aracely Mena-Echevarría, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Raúl Rodríguez-Guerra.

SELECCIÓN DE MESTIZOS DE MAÍZ APLICANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS 221
Armando Espinoza Banda, Oralia Antuna Grijalva, José Luis Coyac Rodríguez, Jorge Quiroz Mercado, Enrique Andrio Enríquez

USO POTENCIAL DE LOS BIOHERBICIDAS A BASE DE EXTRACTOS NATURALES COMO ALTERNATIVA AL GLIFOSATO 228
Martín Espinosa Ramírez, Ma. Eugenia Cisneros López, Miguel Ángel Valdés Martínezy Flor Elena Ortiz Chairez

EFECTO DE NÚMERO DE TALLOS Y ESTIÉRCOL BOVINO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y RENDIMIENTO DE TOMATE ROMA 239
Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez[1], Manuel Fortis-Hernández[2], Cirilo Vázquez-Vázquez[1], Ignacio Orona Castillo[1] y María Gabriela Cervantes-Vázquez[1*]

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE GERMINADOS DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*) 248
García-López Josué I, Hernández-Juárez Agustín, Ruiz Torres Norma, Ramírez-Barrón Sonia, Ruelas-Chacón Xóchitl

ADAPTABILIDAD DEL GERMOPLASMA CRIOLLO Y MEJORADO DE FRIJOL COMÚN EN AMBIENTES CONTRASTANTES DEL ALTIPLANO DE MÉXICO 258
Rigoberto Rosales-Serna, Saúl Santana-Espinoza y Donaji Sierra Zurita

ADAPTACIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L. Var. Biloxi) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA 269
Hidalgo-Ramos Dreyli Maygualida, Cadena-Cadena Francisco, Martínez-García Leticia Isabel, Barrera-Cornejo Joanna

ADAPTACIÓN Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CULTIVADAS EN EL NORTE DE MÉXICO 275
Rigoberto Rosales-Serna, Saúl Santana-Espinoza y Donaji Sierra-Zurita

AGENTES CAUSALES DE LA MARCHITEZ DEL TALLO Y PUDRICIÓN DE LA RAÍZ EN CULTIVOS DE OLEAGINOSAS DE TAMAULIPAS 286
Melina López Pecina, María Genoveva Álvarez-Ojeda, Javier González-Quintero, Isidro Humberto Almeyda-León

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD BIOLÓGICA DE SUELOS SEMIÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO 296
Erika Nava-Reyna, Kassandra Santellanez-Arreola, Miguel Angel Martínez-Gamiño, Vicenta Constente-García, Ignacio Sánchez-Cohen

ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MAÍZ EN MÉXICO 306
MC. Erick Baltazar Brenes

ANÁLISIS SENSORIAL DE PANQUÉ ELABORADO CON HARINA DE SORGO 312
Sánchez-Toledano, Blanca Isabel; Figueroa González, Juan José

ANTAGONISMO *in vitro* DE *Trichoderma* spp. SOBRE *Sclerotinia sclerotiorum* EN AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.) EN EL NORTE DE SINALOA 321
Víctor Hugo Aguilar Pérez, Alma Rosa Solano Báez, Elizabeth García León, Guillermo Márquez Licona y Rosa María Longoria Espinoza

APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE ZINC EN VID 329
Reyna Roxana Guillén-Enríquez, Leticia Alfaro-Hernández, José Luis Galarza Mendoza, Manuel Fortis Hernández, Pablo Preciado-Rangel

APLICACIÓN MÓVIL Y WEB: JUNTA DE AGUAS OPERACIÓN 336
Mario P. Narváez Mendoza, Sergio Alejandro Juárez Torres, Arturo Corrales Suastegui1, Miguel Ángel González González y Carlos Rojas Santillan

APOYO A POLÍTICAS PÚBLICAS PARA AGROECOLOGÍA EN MÉXICO 341
Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa; Lozano Jiménez, Luz María; García-Graciano, Ericka; Espinoza-López, Estela Mayela, Ramírez-Benavides, Elizabeth

ARQUITECTURA IoT DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA PARA EL MONITOREO DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS EN AGRICULTURA PROTEGIDA 349
Marín-Amaya, Mónica Graciela; Palomares-Adame, Alma Verónica; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa; Cuellar-Vázquez, José Enrique; Hernández-Antúnez, Aleida

ATRIBUTOS PREFERIDOS DE LOS CONSUMIDORES MEXICANOS DE CHILE JALAPEÑO 358
Sánchez-Toledano, Blanca I, Borja-Bravo, Mercedes, Góngora-Pérez, Rubén D., Arellano-Arciniega, Sergio

BIODRENAJE Y ADAPTACIÓN AL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO 363
Leonardo Pulido Madrigal

CALIDAD DE FRUTOS DE TORONJA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE CÍTRICOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL GENERAL TERÁN 373
Carlos Miguel Ramos-Cruz, Guillermina Areli Tochihuitl-Martión, Emilia Raquel Pérez-Evangelista, Aracely Mena-Echeverria, Juan Martínez-Medina

CALIDAD DE FRUTOS DE TRES CULTIVARES DE MANDARINA EN NUEVO LEON, MEXICO 381
Emilia Raquel Pérez-Evangelista, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Guillermina Areli Tochihuitl-Martión, Juan Vargas-Hernández; Aracely Mena-Echeverria

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES Y LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN TEPATITLÁN DE MORELOS, JALISCO 389
Mercedes Borja Bravo, Erick Baltazar Brenes

CARACTERÍSTICAS DEL CLON DE PAPA 98 - 18 - 24 DEL INIFAP CON RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO Y A CONDICIONES ABIÓTICAS ADVERSAS. 397
Parga Torres, Víctor Manuel y Covarrubias Ramírez, Juan Manuel.

CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE POLOCOTE (*Helianthus annuus* L) 404
Flor Elena Ortiz Chairez, Ma. Eugenia Cisneros López, Miguel Ángel Valdez Hernández, Martín Espinosa Ramírez y Enrique Rosales Robles

CARACTERIZACIÓN AGROECOLOGICA DE LA ZONA TROPICAL DE MÉXICO 414
Genovevo Ramírez-Jaramillo, Jorge H. Ramírez-Silva, Mónica Guadalupe Lozano-Contreras

CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES NATIVAS Y VARIEDADES CONVENCIONALES REGENERADAS DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA 423
Beatriz Martínez-Yañez, Enrique Hernández-Leal, Fernando Castillo-González, José Jesús García-Zavala, Humberto Vaquera-Huerta

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE JABOTICABA (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) EN EL SITIO EXPERIMENTAL HUICHIHUAYAN 433
Vargas-Hernández Juan; Salinas-Morales José Luis; Tochihuitl-Martiñon Guillermina Areli; Ramos-Cruz Carlos Miguel; Morales-Angulo Nallely; Santiago-Hernández Anahí

CARACTERIZACION DE PRODUCTORES QUE DESHIDRATAN PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS MEDIANTE ENERGIA SOLAR 441
Venancio Cuevas Reyes, Mercedes Borja Bravo, Nicolás Morales Castillo, Silvia Xóchit Almeraya-Quintero y Blanca I. Sánchez Toledano

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA Y DESCRIPCIÓN AGRONÓMICA DE UN VERTISOL DEL BAJÍO GUANAJUATENSE 453
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González..

CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DEL PLATANO THAI (*Musa* sp.) EN LA HUASTECA POTOSINA..... 464
Vargas-Hernández Juan; Ávila-Ayala Rolando; Salinas-Morales José Luis; Santiago-González Tomás; Morales-Angulo Nallely; Santiago-Hernández Anahí.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Lagenaria siceraria*..... 470
Basto-Pool Carolina Isabel, Cutiño-Gonzales Ignacio, Hernández-Pinto Carlos David, Herrera-Parra Elizabeth.

COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN SIEMBRA DE ENERO EN EL SUR DE SONORA 477
Ramírez Arredondo José Alfonso, Valenzuela Borbón Jesús Rafael y Armenta Cejudo Ramón Antonio.

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO A ENFERMEDADES DEL SUELO EN EL SUR DE SONORA 485
Ramírez Arredondo José Alfonso y Padilla Valenzuela Isidoro.

CONOCIMIENTO DEL ENTORNO DE NEGOCIOS Y PROPENSIÓN AL RIESGO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS..... 493
Erick Baltazar Brenes y Mercedes Borja Bravo

CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE HÍBRIDOS DE VAINILLA EN CONDICIONES DE CRECIMIENTO MÍNIMO 502
Enrique Hernández-Leal, Olga Bonilla-Barrientos, Iván Franco-Gaytán, Beatriz Martínez-Yañez, Delfino Reyes-López

CONTABILIDAD PARA LA AGRICULTURA 510
Cuellar-Vázquez, José Enrique; Hernández-Gaytán, Mireya; García-Guerrero, Nancy; Solís-Velásquez, Luz Elena; Vitela-González, Máximo

CONTROL DE *Phakopsora pachyrhizi* (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS QUIMICOS EN SOYA 520
Vicente-Hernández, Zeferino; Felipe-Victoriano, Moisés; Maldonado-Moreno, Nicolás; Rodríguez-Guerra, Raúl, Méndez-Aguilar, Reinaldo

CONTROL QUÍMICO DEL CARBÓN PARCIAL DEL TRIGO 526
Fuentes-Dávila, Guillermo, Torres-Cruz, María Monserrat, Félix-Valencia, Pedro, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, y Félix-Fuentes, José Luis

CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE SERRANO CULTIVADO CON BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL 534
González-Flores, Vianey Maythe; González-Mancilla, Apolinar; Ortiz-Rodríguez, Cesar Israel; Zelaya-Molina, Lily Xóchilt; Espino-Moreno, Mercedes; Ríos-Vega María Esther; Orona-Castillo Ignacio.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL GUAR EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y EL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS 543
David Guadalupe Reta Sánchez, Juan Isidro Sánchez Duarte, Esmeralda Ochoa Martínez, Arturo Reyes González, Karla Rodríguez Hernández.

DAÑO FÍSICO MECÁNICO EN DIENTE DE AJO MEDIANTE FUERZA DE COMPRESIÓN 553
Carlos Rojas Santillán, Raúl Vidal García Hernández, Ernesto Martínez Reyes.

DESARROLLO DE FRUTOS DE NARANJAS VALENCIA ESTABLECIDOS EN NUEVO LEÓN 559
Guillermina Areli Tochihuitl Martiñón, Carlos Miguel Ramos Cruz, Juan Vargas Hernández, Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán.

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE COCCIÓN EN LÍNEAS AVANZADAS DE FRIJOL TIPO PINTO CON UN COCEDOR MATTSON. 567
Nadiezhda Ramírez-Cabral, Juan José Figueroa-González, José Cruz Jiménez-Galindo y Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez.

DETECCIÓN DE LA BACTERIA *Candidatus* Liberibacter solanacearum EN GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ESTABLES EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA COSECHA 574
Isidro Humberto Almeyda León, Víctor Manuel Parga Torres, Ángel Ismael Narváez Rodríguez, Margarita Díaz Valasis, María Genoveva Álvarez Ojeda

DETECCIÓN DEL GEN BS2 ASOCIADO CON LA RESISTENCIA A MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria) EN GENOTIPOS DE CHILE 583
Reinaldo Méndez Aguilar, Moisés Ramírez Meraz, Cristóbal Ervi Bautista Pérez, Iridian Vite Pérez

DEFORESTACIÓN NUMÉRICA EN EL AMAZONAS Y SU EFECTO EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL SUR DE MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE 590
Oscar Uriel Amaro-Méndez, Miguel Angel González-González, Iryna Tereshchenko, Edgar G. Pavia, Arturo Corrales-Suastegui

DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS TECNOLOGICOS DEL MAÍZ, EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR 599
Navejas Jiménez Jesús, Melgoza Villagómez Claudia María, Preciado Ortíz Ricardo Ernesto, Avalos Castro Raúl, Cabada Tavares Carlos Ariel

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GERMOPLASMA SILVESTRE Y FORMAS INTERMEDIAS DE FRIJOL COLECTADO EN DURANGO, MÉXICO 606
Rigoberto Rosales-Serna, Donaji Sierra-Zurita y Saúl Santana-Espinoza

DIVERSIDAD MORFOGENÉTICA DE *Alternaria* EN OLEAGINOSAS CULTIVADAS EN EL NORTE Y CENTRO DE TAMAULIPAS 615
Melina López Pecina, María Genoveva Álvarez-Ojeda, Javier González-Quintero e Isidro Humberto Almeyda-León

DRENAJE Y SALINIDAD ANTE EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO 627
Leonardo Pulido Madrigal

EL EMPRENDIMIENTO AGRICOLA EN MÉXICO. 638
Cepeda-Rubio, Abril; Tobar-Gutiérrez, Javier; Villarreal-Cárdenas, Martín Evaristo; Vitela-Velázquez, Max; Cortez-Ceniceros, José Ángel

EL GENOTIPO, EL AMBIENTE Y SU INTERACCIÓN EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CEBADA 645
Miguel Angel Avila Perches, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Rocío Edelmira Hernández Caldera, Francisco Paúl Gámez Vázquez.

EL SISTEMA PRODUCTIVO ALGODÓN (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L) EN LA COMARCA LAGUNERA,MÉXICO.653
Ignacio Orona-Castillo, Cirilo Vázquez Vázquez, José de Jesús Espinoza Arellano, Janely Negrete Olvera, Elizabeth Zúñiga Valenzuela y Apolinar González Mancilla.

EFECTO DEL ÁCIDO Y SUB-SOLEO EN EL CONTENIDO DE FÓSFORO ASIMILABLE DE UN SUELO CALIZO DE YUCATÁN CULTIVADO CON DOS MATERIALES DE MAÍZ 663
Jorge Humberto Ramírez Silva, Alejandro Cano González1 y Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez

EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE MELÓN 670
Gallegos-Robles, Miguel Ángel; Balderas-Salazar, Candelario; Luna-Ortega, J. Guadalupe; González-Salas, Uriel; García-Gracia, David Antonio; García-de la Paz, Nery Cecilia

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NÚMERO E INTENSIDAD DE HELADAS EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS 676
Guillermo Medina-García, Teresa Muñoz Escobedo, José Israel Casas-Flores

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO SOBRE LA EVAPOTRANSPIRACION Y LA TEMPERATURA DIURNA EN LA COMARCA LAGUNERA 686
Juan G. Martínez Rodríguez, Ignacio Orona Castillo y Juan Manuel Covarrubias Ramirez

EFECTO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO BOCASHI EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO JAGUAR BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA 694
Bautista-Pérez Cristobal Ervi, Ramírez-Meraz Moisés, Méndez-Aguilar Reinaldo, Guzmán-Medina Roberto

EFECTO DEL INOCULANTE RHIZOBIUM EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE *LOTUS CORNICULATUS* L., EN LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA 701
Álvarez-Vázquez, Perpetuo; Gallegos-Morales, Gabriel; García-López, Josué Israel; Joaquin-Cancino, Santiago; Rodríguez-Rivera, Álvaro Fernando

EFECTOS DE INSECTICIDAS SOBRE LAS DENSIDADES DE MOSCA BLANCA, *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), Y SU GRADO DE PARASITISMO EN ALGODONERO 707
Jorge Maltos-Buendía, Urbano Nava-Camberos, Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa, Verónica Ávila-Rodríguez, Homero Sánchez-Galván

EFECTO DE INSECTICIDAS DE AMPLIO ESPECTRO Y BIORRACIONAL SOBRE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE MOSCA BLANCA, *BEMISIA TABACI* Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN ALGODONERO. 715
Jorge Maltos-Buendía, Urbano Nava-Camberos, Enrique Hernández-Leal, Iván Franco-Gaytán, y Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa

EFECTO DE MICORRIZAS ARBUSCULARES SOBRE EL CONTENIDO MINERAL DE MACROELEMENTOS EN HOJA DE *Stevia rebaudiana* 724
Mónica Guadalupe Lozano-Contreras, Rodrigo Cauich-Cauich, José María Tun-Suárez, Jairo Cristóbal-Alejo, Carlos Juan Alvarado-López, Genovevo Ramírez-Jaramillo

EFECTO DE *PGPR* AISLADAS DE LA *SUAEDA SP.* COMO PROMOTORAS DE CRECIMENTO DE LAS PLANTULAS DE TOMATE 734
Andrade-Sifuentes, Alfonso; Sáenz-Mata, Jorge; Quezada-Rivera, Jesús .Josafath; Palacio-Rodríguez, Ruben, Sánchez-Galván, Homero

EFECTO DE PRODUCTOS ORGÁNICO-BIOLÓGICOS Y MINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA PLANICIE HUASTECA, MEXICO. 743
Moisés Ramírez Meraz, Reinaldo Méndez Aguilar, Ulises Santiago López, Cristobal Ervi Bautista Pérez y Blanca del Ángel del Ángel

EFICACIA DE HERBICIDAS EN EL CONTROL DE MALEZA (*Bothriochloa laguroides*) y (*Cyperus esculentus*) EN PRE-SIEMBRA 753
Patishtan-Pérez Juan , Valdez-Hernández M. Ángel y Espinosa-Ramírez Martín

ENSAYO DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN GENOTIPOS DE CHILE SERRANO, EN LA PLANICIE HUASTECA, MÉXICO. 761
Moisés Ramírez Meraz, Reinaldo Méndez Aguilar, Cristóbal Ervi Bautista Pérez, Ulises Santiago López y Denis Leo Amado Antonio

ESTADÍSTICAS HORARIAS DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL ALTIPLANO DEL ESTADO DE ZACATECAS 769
Guillermo Medina-García, José Israel Casas-Flores Victor Manuel Rodríguez Moreno, Nadiezhda Ramírez Cabral

ESTIMACIÓN DE DESPERDICIOS DE MELÓN EN BODEGAS Y CADENAS DE TIENDAS DE LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA 778
Espinoza-Arellano, José de Jesús, Fabela-Hernández, Adriana Monserrat, Molina- Morejón, Víctor Manuel, Guerrero-Ramos, Liliana Angélica, y Orona-Castillo, Ignacio

ESTIMACIÓN DE NITRÓGENO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) USANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES 787
Aldo Rafael Martínez-Sifuentes, Ramón Trucíos-Caciano, Nuria Aide López-Hernández, Enrique Miguel-Valle, Yenifer Moreno Sepúlveda

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE TRIGO MEDIANTE EL USO DE SENSORES REMOTOS EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA. 793
Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, Ivón Alejandra Rosas Jauregui, José Luis Félix Fuentes

ESTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL, EN GENOTIPOS DE SORGO DULCE PARA EL NORESTE DE MÉXICO 799
Héctor Williams-Alanís, Ulises Aranda-Lara Jorge Elizondo-Barrón Gerardo Árcos Cavazos Leonardo García Lara

ESTRÉS HÍDRICO EN MAÍZ BASADO EN ETAPAS FENOLÓGICAS EN EL SUR DE SONORA 806
Marroquín-Morales José Á, García-Bolívar Elco H, Gayosso-Barragán Odilón, Ochoa-Espinoza Xochilt M, Montoya-Coronado Lope

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANO ROJO (*Sorghum bicolor* L.) MOENCH 813

José Ángel Jesús Cruz Martínez, Ulises Aranda Lara, Luis Guillermo Corona Zúñiga, Abraham Guerrero Corona

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTO DE HÍBRIDOS DE CHILE SERRANO, CICLO O-I 2022-2023..... 821
Reinaldo Méndez Aguilar, Moisés Ramírez Meraz, Cristóbal Ervi Bautista Pérez, Ulises Santiago López, Francisco García Barrientos, Eduardo Moctezuma Osorio

EVALUACION DEL CARTAMO FORRAJERO CON DIFERENTES REGIMENES DE RIEGO PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA. 827
Elco Humberto García-Bolivar, Xochilt Militza Ochoa-Espinoza, Néstor Alberto Aguilera-Molina, José Ángel Marroquín-Morales, Lope Montoya-Coronado..

EVALUACIÓN DE COBERTERAS Y HERBICIDAS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN LA REGIÓN DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA 833
Marroquín-Morales José Á; Tamayo-Esquer Luis M; Cantúa-Ayala Jesús A; Parra-Cota Fannie I; Armenta-Castro Cesar M

EVALUACION DE COMPONENTES DE FRUTO EN NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA 840
Jesús Arturo Samaniego-Russo, Rosario Angélica Salcido-Santillán

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRESA EN CONDICIONES PROPTEGIDAS EN AGUASCALIENTES 846
Manuel Antonio Galindo-Reyes, Luis Humberto Maciel Pérez, Arturo Cruz Vázquez, Luis Martín Macías Valdez, Erick Baltazar Brenes y José Carlos Monárrez González

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ZARZAMORA EN CONDICIONES PROPTEGIDAS EN AGUASCALIENTES 851
Manuel Antonio Galindo-Reyes, Luis Humberto Maciel Pérez, Arturo Cruz Vázquez, Luis Martín Macías Valdez, Erick Baltazar Brenes y José Carlos Monárrez González

EVALUACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA EN MAÍZ EN EL SUR DE SONORA 857
Marroquín Morales José Ángel; García Bolívar Elco H.; Gayosso Barragán Odilón; Montoya Coronado Lope; Valenzuela Borbón Jesús Rafael

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ BAJO FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PLANICIE HUASTECA, DURANTE EL CICLO P-V 2022 864
Bautista-Pérez, Cristóbal Ervi; Garay-Martínez, Jonathan Raúl; Ochoa-Lechuga, Jesús Emmanuel; Azuara-Bautista, Pedro

EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SIEMBRA Y RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE TRIGO Y AVENA EN AGUASCALIENTES 871
Sergio Arellano Arciniega, Raúl Vidal García Hernández, Mercedes Borja Bravo, Blanca Isabel Sánchez Toledano y Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum esculentum*) EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA, MÉXICO. 879
Aguilera-Molina Néstor Alberto; García-Bolívar Elco Humberto; Ochoa-Espinoza Xochilt Militza; Montoya-Coronado Lope; Buitimea-Valenzuela Yenire Yanelli; Marroquin-Morales José Ángel.

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA BOSQUE MODELO DE CALAKMUL.CAMPECHE, MÉXICO. 884
Genovevo Ramírez-Jaramillo, Jorge H. Ramírez-Silva, Mónica Guadalupe Lozano-Contreras

EVALUACION DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL SORGO FORRAJERO CON DIFERENTES LÁMINAS EN UN SISTEMAS DE RIEGO SUPERFICIAL 893
Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel; González-Mancilla, Apolinar; Bustamante-Andrade, Jorge Arturo; Esquivel-Romo, Amaury; Ríos-Vega, María Esther

EVALUACIÓN DE SOLIDOS SOLUBLES DE NARANJA TEMPRANA EN CONDICIONES DE ALTAS TEMPERATURAS Y ESTRÉS HÍDRICO EN EL SUR DE SONORA 900
Rosario Angélica Salcido-Santillán, Jesús Arturo Samaniego-Russo

EVALUACIÓN DE UNA NUEVA VARIEDAD DE POLINIZACIÓN LIBRE DE SORGO BLANCO 905
Ulises Aranda Lara, Jorge Elizondo Barrón, Héctor Williams Alanís, Leonardo García Lara, Rosendo Hernández Martínez

EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO CERTIFICADO EN EL CULTIVO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA. 910
Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, José Luis Félix Fuentes, Ivón Alejandra Rosas Jauregui

EVALUACIÓN DE UREA Y SULFATO DE AMONIO EN EL CULTIVO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA. 918

Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, Ivón Alejandra Rosas Jauregui, José Luis Félix Fuentes

EVALUACIÓN EN CAMPO DE VARIABLES AGRONÓMICAS EN SORGO PARA DETERMINACIÓN DE TOLERANCIA AL PULGÓN AMARILLO 924
Flores-Naveda, Antonio; Álvarez-Vázquez, Perpetuo; Camposeco-Montejo, Neymar; García-López, Josué Israel; Ruelas-Chacón, Xochitl

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA AUTOPOLINIZACIÓN DE PALMA DE COCO HÍBRIDO CHACTEMAL 931
Herrera-Cool Gilbert José, Cortazar-Ríos Matilde, Ramos-Hernández Eder, Silverio-Gómez María del Carmen

EVALUACIÓN de VARIEDADES DE Frijol EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR 938
Navejas Jiménez Jesús, Padilla Valenzuela Isidoro, Cota Barreras Carlos Ivan, Loya Ramírez José Guadalupe, Mercado Mancera Gustavo..

FERTILIZACIÓN QUÍMICA, BIOINSUMOS Y ABONOS VERDES EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR..... 944
Patishtan-Pérez Juan , Barrón-Bravo Oscar G y Vicente-Hernández Zeferino.

FUENTE Y DOSIS DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS DE CEBADA 952
Miguel Angel Avila Perches, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Francisco Paúl Gámez Vázquez, José Roberto Augusto Dorantes González.

FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA AGRICULTURA: EL CASO DEL TRIGO 960
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González.

FORMACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CON INFORMACIÓN MOLECULAR DE SUS PROGENITORES 972
Rosendo Hernández Martínez, César Augusto Reyes Méndez, Santiago Ruíz Ramírez, Ulises Aranda Lara, Liliana Guadalupe Alfaro Martínez.

GENOTIPOS para la producciòn DE CÁrtamo EN Baja California sur 982
Navejas Jiménez Jesús, Montoya Coronado Lope, Ochoa Xochitl Militza, Loya Ramírez José Guadalupe, Mercado Mancera Gustavo.

HERBICIDAS SINTÉTICOS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS..... 989
Ma. Eugenia Cisneros López, Martín Espinosa Ramírez, Miguel Ángel Valdez Hernández; Rosendo Hernández Martinez y Enrique Rosales Robles

HÍBRIDOS SIMPLES DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO FORMADOS CON TRES METÓDOS GENOTÉNICOS.... 999
Liliana Guadalupe Alfaro Martínez Rosendo Hernández Martínez, César Augusto Reyes Méndez, Alejandro Ledesma Miramontes, José Luis Ramírez Díaz

IDENTIFICACIÓN DE LA MARCHITEZ BACTERIANA DE LOS FRIJOLES SECOS POR *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* 1008
Francisco De Jesús Ibarra-Molina, Ma. Elizabeth Galindo-Cepeda, Abiel Sánchez-Arizpe, Epifanio Castro-Del Ángel, José Luis Arispe-Vazquez

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE CÍTRICOS UTILIZADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO Y COMO PORTAINJERTOS EN LA PRODUCCIÓN COMERCIAL 1015
Isidro Humberto Almeyda León, Ángel Ismael Narváez, Rodríguez, María Genoveva Álvarez Ojeda, Raúl Rodríguez Guerra

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE MANDARINA MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)..... 1023
Isidro Humberto Almeyda León, Ángel Ismael Narváez Rodríguez, María Genoveva Álvarez Ojeda, Raúl Rodríguez Guerra

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL NEGRO BRILLANTE SOBRESALIENTES EN RENDIMIENTO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL..... 1032
Cid- Ríos J. A; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z.; Figueroa-González J. J. y Velasquez-Valle R.

IMPACTO DEL ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS EN LA VIABILIDAD Y VIGOR DE *Capsicum chinense*..... 1038
Basto-Pool Carolina Isabel, Hernández-Pinto Carlos David

IMPACTO DE LAS HELADAS DE ENERO 2023, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE INVIERNO EN EL SUR DE SONORA 1045
Félix-Valencia, Pedro, Fuentes-Dávila, Guillermo, Torres-Cruz, María Monserrat y Ortiz-Enríquez, José Eliseo

LA IMPORTANCIA DEL DIFERENCIAL DE TEMPERATURA EN UN INVERNADERO GEODESICO 1053
Anselmo González Torres, Rafael Ávila Cisneros, Alfredo Ogaz

LAS NUEVAS COMPETENCIAS CENTRALES PARA LOS PROFESIONISTAS DEL CAMPO DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA..... 1062
Avila- Cisneros; Rafael, Peña-Revuelta, Blanca Patricia, , González-Torres; Anselmo., Avila-Berúmen, Sheila Mayela

LATENCIA EN LA SEMILLA DE POLOCOTE (*H ANNUUS* L) MALEZA DE LA REGIÓN NORTE DE TAMAULIPAS 1072
Ma. Eugenia Cisneros López, Flor Elena Ortiz Chairez, Miguel Ángel Valdez Hernández, Martín Espinosa Ramírez y Enrique Rosales Robles

LÍNEAS BASE DE SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS QUÍMICOS EN POBLACIONES DEL PICUDO DE LA GUAYABA *Conotrachelus dimidiatus* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN CALVILLO, AGUASCALIENTES1083
Rivera-Dávila, Olga Lidia; De Lira-Ramos, Karla Vanessa; González-Gaona, Ernesto; Barajas-Gómez, Héctor Antonio

MANEJO AGRONÓMICO Y RENTABILIDA DE LA HIGUERILLA EN EL ALTIPLANO SEMIARIDO DE MÉXICO 1091
Sergio Arellano Arciniega, Mercedes Borja Bravo, Rigoberto Rosales Serna, Omar Castor Ponce García y Rafael Jiménez Ocampo

MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA DE RIEGO EN NOGALERAS DEL SUR DE COAHUILA. 1103
Juan G. Martínez Rodríguez, Ignacio Orona Castillo y Juan Manuel Covarrubias Ramirez

MANEJO Y CONTROL DE LA ENFERMEDAD DENOMINADA SECADERA DE VAREJON DEL HENQUEN, PARA LA PRODUCCIÓN DE VASTAGOS DE HENEQUÉN EN SEMILLEROS 1111
Díaz Plaza Raúl y Guerrero Medina Rubén

MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO (N-NO_3) EN DOS SUELOS ASOCIADOS EN UNA MILPA MAYA RECIÉN QUEMADA EN EL ESTADO DE YUCATÁN. 1120
Jorge Humberto Ramírez Silva, Genovevo Ramírez Jaramilo y Mónica Gpe. Lozano Contreras

MODELACIÓN DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE Y GRANO DE MAÍZ CULTIVADO BAJO RIEGO CON EL MODELO AQUACROP 1127
Hilario Flores-Gallardo, Héctor Flores-Magdaleno, Jorge Víctor Prado-Hernández, Roberto Ascencio-Hernández, Nora Meraz-Maldonado y Juan Enrique Rubiños-Panta

MONITOREO DE LA ROYA DE LA HOJA EN TRIGO CRISTALINO EN LOS VALLES DEL SUR DE SONORA 1137
Torres-Cruz, María Monserrat, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro

MONITOREO DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN CAMPOS COMERCIALES DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA 1145
Torres-Cruz, María Monserrat*, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN LECHUGAS HIDROPONICAS (NFT) 1152
Fortis-Hernández, Manuel; Pivaral-Chávez, Alexis G; Galindo-Guzmán, Alma; Preciado-Rangel, Pablo; Ruíz-Ortega, Francisco J; Trejo-Valencia, Radames

NITRÓGENO (N-NO_3) EN SUELO *Luvisol ródico* CALCARICO DE YUCATÁN Y NUTRICIÓN DEL MAÍZ Nukuch Nah CON TRATAMIENTO ÁCIDO Y SUBSOLEO. 1160
Jorge Humberto Ramírez Silva, Alejandro Cano González y Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez

ORGANIZACIÓN Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO .. 1167
Ignacio Orona-Castillo, Cirilo Vázquez Vázquez, Joaquín Osornio Córdova, Elizabeth Zúñiga Valenzuela y Apolinar González Mancilla

PARAMETROS GENETICOS Y RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ EN LINEAS S_1 1177
Antuna-Grijalva, Oralia; Espinoza-Banda, Armando; Quiroz-Mercado, Jorge, Andrio-Enríquez, Enrique2

PARTICIPACIÓN DE LOS AGRICULTORES EN LAS ASOCIACIONES PRODUCTIVAS 1183
Erick Baltazar Brenes y Mercedes Borja Bravo

PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES SOBRE EL INTERES DE UTILIZAR ENERGIA SOLAR PARA DESHIDRATAR PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS 1191
Venancio Cuevas Reyes, Silvia Xóchitl Almeraya-Quintero, Mercedes Borja Bravo, Nicolás Morales Castillo, y Blanca I. Sánchez Toledano

PÉRDIDAS EN RENDIMIETO CAUSADAS POR ROYA AMARILLA EN VARIEDADES DE TRIGO HARINERO DE TEMPORAL EN VALLES ALTOS 1201
Yerica Renata Valdez-Rodriguez, Héctor Eduardo Villaseñor-Mir, Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros, Julio Huerta-Espino, Rene Hortelano-Santa Rosa, Salvador Carranza-Gonzalez.

POTENCIAL DE ESPORULACIÓN DE AISLADOS DE *BOTRYTIS CINEREA* OBTENIDOS DE FLOR Y FRUTO DE FRAMBUESA 1207
Alejandra Jessica Camacho Alonso, Guillermo Márquez Licona, Alma Rosa Solano Báez, Luis Francisco Salome Abarca, Rodolfo Figueroa Brito

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L, EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN 1218
Genovevo Ramírez-Jaramillo, Jorge H. Ramírez-Silva, Mónica Guadalupe Lozano-Contreras.

PRODUCCIÓN DE CÁRTAMO FORRAJERO EN RIEGO POR GOTEO 1226
Elco Humberto García Bolívar, José Ángel Marroquín Morales, Xóchilt Militza Ochoa Espinoza, Néstor Alberto Aguilera Molina, Lope Montoya Coronado.

PRODUCCIÓN DE ESCLEROCIOS COMO INDICADOR EN LA CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES DE *Botrytis* EN ZARZAMORA 1233
Romina Alissa Orozco Meza, Alma Rosa Solano Báez, Hugo Beltrán Peña, Guillermo Márquez Licona, José Luis Trejo Espino

PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON RIEGO SUBSUPERFICIAL CONSIDERANDO NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DURANTE DOS CICLOS PRODUCTIVOS 1241
Yoselin Delgado Castro, Arturo Reyes González, José Alfredo Montemayor Trejo, Claudia Leonor Macías Ortega, y Mayra Ayde de la Rosa Montemayor

PRODUCCIÓN DE SORGO FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO DURANTE DOS CICLOS DE CULTIVO EN LA COMARCA LAGUNERA 1251
Claudia Leonor Macias Ortega, Arturo Reyes González, José Ernesto Frías Ramírez, Yoselin Delgado Castro, Mayra Ayde de la Rosa Montemayor

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FIBRA DE LINEAS SOBRESALIENTES Y VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN 1258
Martínez-Yañez, Beatriz, Hernández-Leal, Enrique, Castillo-González, Fernando, García-Zavala, José Jesus, Corona-Torres, Tarcisio

PRONÓSTICO QUINCENAL TÉRMICO-HUMEDAD PARA MÉXICO 1267
González-González, Miguel Ángel; Corrales-Suastegui, Arturo; Narváez-Mendoza, Mario Primitivo; González-Jasso, Luis Antonio

PROGRAMACIÓN GENÉTICA: UN ENFOQUE INNOVADOR EN EL MODELADO HIDROLÓGICO 1274
Ruiz-Ortega, FJ; Fortis-Hernández, Manuel; Aranda-Ortiz, Gerardo Adrián; Parada-Ávila, Silvia Viridiana; Hernández-González José Ángel

RENDIMIENTO COMERCIAL DE AJO VARIEDAD ALTIPLANO EN CALERA, ZACATECAS 1286
Manuel Reveles-Hernández, José Ángel Cid Ríos y Rodolfo Velásquez-Valle

RENDIMIENTO DE GRANO DE LA VARIEDAD DON LUPE ORO C2020 DURANTE EL CICLO 2021-2022 EN EL VALLE DEL YAQUI 1292
Ivón Alejandra Rosas - Jáuregui, José Luis Félix – Fuentes, Guillermo Fuentes - Dávila, Alma Angélica Ortiz - Avalos y Juan Manuel Cortes - Jiménez

RENDIMIENTO DE GRANO DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO ADAPTADAS A ESTRÉS EN EL CICLO 2017-2018 1299
Fuentes-Dávila, Guillermo, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, Ayón-Ibarra, Carlos Antonio, Félix-Fuentes, José Luis, y Félix-Valencia, Pedro

RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE GUAJILLO EN DURANGO, MÉXICO. 1306
Mercedes Borja Bravo, Blanca Isabel Sánchez Toledano, Sergio Arellano Arciniega Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico y Maihualy Martínez Fernández

REPORTE DE ÁCAROS COMO PLAGA EN ÁRBOLES DE *Guazuma ulmifolia* Lam. EN MÉXICO 1314
José Luis Arispe-Vazquez, Daniel Alejandro Cadena-Zamudio, José Francisco Díaz-Nájera, Sergio Ayvar-Serna, David Heriberto Noriega-Cantú

RESULTADOS PRELIMINARES DE INOCULACIÓN DE CEPAS ANTAGONISTAS DE ENFERMEDADES EN CHILE MIRASOL 1318
Cid-Ríos J. A.; Salas-Muñoz S.; Herrera M. D. y Reveles-Torres L. R.

SELECCIÓN DE GENOTIPOS NATIVOS DE ALGODÓN EN BASE A SU CALIDAD DE FIBRA 1323
Enrique Hernández-Leal, Olga Bonilla-Barrientos, Iván Franco-Gaytán, Paulina Nava- Ruiz, Beatriz Martínez-Yañez

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE HENEQUEN EN YUCATÁN 1331
Díaz Plaza Raúl y Guerrero Medina Rubén

SEVERIDAD DEL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA. 1338
Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.

SUMINISTRO ECOLÓGICO DE NITRÓGENO EN JITOMATE ESTABLECIDO EN SUELO EN INVERNADERO ... 1346
Salvador Villalobos Reyes; Enrique González Pérez; José Luis Pons Hernández; Mario González Chavira y Brenda Guerrero Aguilar

TECNOLOGÍA PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO, UTILIZANDO DIFERENTES PROFUNDIDADES DE CINTA DE RIEGO Y DENSIDADES DE PLANTA DE MAIZ FORRAJERO 1352
Mayra Ayde de la Rosa Montemayor, Arturo Reyes González, José Alfredo Montemayor Trejo, Yoselin Delgado Castro y Claudia Leonor Macías Ortega

TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE CILANTRO FRESCO EN SISTEMA DE FERTIRRIEGO 1360
Salvador Villalobos Reyes; Enrique González Pérez; José Luis Pons Hernández; Mario González Chavira1 y Alejandro Rodríguez Guillén

USO DE DENSIDADES DE POBLACION PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN MAIZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO..... 1370
Javier ismael Garcia Hernandez, Arturo Reyes González, José Ernesto Frias Ramirez, Andrés Fonseca Martinez

USO DE BIOHERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN EL CULTIVO DE LIMON..... 1377
José Luis Arispe-Vazquez, Daniel Alejandro Cadena-Zamudio, José Francisco Díaz-Nájera, Sergio Ayvar-Serna, David Heriberto Noriega-Cantú

USO Y MANEJO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN DE TRIGO EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE 1382
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González

VALIDACION COMERCIAL DE LA VARIEDAD DE CARTAMO HUATSON OL EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA. 1392
Xochilt M. Ochoa Espinoza, Nestor Aguilera Molina, Elco Humberto García Bolívar, José Ángel Marroquín Morales y Lope Montoya Coronado

VALIDACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (C*artamus tinctorius* L.) EN FECHA TARDIA EN EL VALLE DEL YAQUI. 1398
Xochilt M. Ochoa Espinoza, Nestor A. Aguilera Molina, Elco H. García Bolívar, Lope Montoya Coronado y Eva Ávila Casillas

VALIDACIÓN DE UN MODELO INTEGRAL PARA EL PRONÓSTICO DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN EL VALLE DEL GUADIANA, DURANGO 1404
Hilario Flores-Gallardo, Jesús Gerardo González-Rutiaga, Saúl Santana-Espinoza, Juan Enrique Rubiños-Panta y Jorge Víctor Prado-Hernández

VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LOS EPISODIOS DE SEQUÍA METEOROLÓGICA EN EL ESTADO DE JALISCO DURANTE 1981-2021 1413
Leticia Peña Peña, David Ávalos Cueva, Arturo Corrales Suastegui

PRODUCCIÓN ANIMAL

CARBOHIDRATOS ESTRUCTURALES DE RESIDUOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECANERA CON POTENCIAL EN ALIMENTACION PARA GANADO CAPRINO 1425
Reveles-Saucedo, Fanny Olivia; Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia; Guerrero-Cervantes, Maribel; Martínez-Valdéz, Ulises Manuel

COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE ESPECIES DE HUIZACHE DEL MUNICIPIO DE DURANGO COMO ALIMENTO DE RUMIANTES 1431
Torres-Velázquez, Diana Sofía; Murillo-Ortiz, Manuel; Araiza-Ponce, Karina; Páez-Lerma, Jesús Bernardo; Reyes-Jáquez, Damián

CONSUMO DE ALIMENTO INICIADOR EN BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN SUPLEMENTADAS CON AGUA ELECTROLIZADA 1440
Ramiro González Avalos, Blanca Patricia Peña Revuelta, Juan Manuel Guillen Muñoz, José González Avalos, Reyna Roxana Guillen Enríquez

EFECTO DEL NÚMERO DE PARTOS DE LAS CABRAS SOBRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO Y PROTEÍNA SÉRICA EN CABRITOS 1447
Asucena Alta, Karen Y. Alfaro, Oscar Ángel-García, Fernando Arellano-Rodríguez, Alan S. Alvarado-Espino.

EFECTO DEL USO DE AGUA TRATADA MEDIANTE OSMOSIS INVERSA EN LA CRÍA DE BECERRAS HOLSTEIN 1453
Macias-Ortiz Edgar Jesus,,Ramirez-Uranga Karla Quetzalli, González-Avalos Ramiro.

ELABORACIÓN DE "TORTAS ALIMENTICIAS" PARA ALIMENTAR ABEJAS (*Apis mellifera* L.) EN ÉPOCAS CRÍTICAS EN LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA 1462
Francisco Javier Pastor López; Karla Itzél Alcalá Escamilla; Iván Franco Gaytán

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UNA SUPLEMENTACIÓN CON *BACILLUS SUBTILIS PB6* SOBRE GANANCIA DE PESO SALUD DE CABRITOS MULTIRRACIALES 1469
De Santiago M.M.A. Cervantes R. V, Meza H.C.A., Rebolloso P.O.N., Contreras V.V..

EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIEL DE ABEJA PRODUCIDA EN LA COMARCA LAGUNERA 1478
Pastor-López, F.J., Sánchez-Toledano, B.I., Pérez-Ruiz, E., Espinoza-Velasco, B., Huerta-Jiménez, M.

FORRAJE DE SOYA ADICIONADO CON MELAZA PARA SU CONSERVACIÓN MEDIANTE EL ENSILAJE 1486
Garay-Martínez, Jonathan Raúl; Granados-Rivera, Lorenzo Danilo; Maldonado-Moreno, Nicolás; Hernández, Erika Andrea; Olivares-Nochebuena, Melchor

INCLUSIÓN DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA DURANTE LA PRE-CONCEPCIÓN SOBRE EL PESO Y TAMAÑO AL NACIMIENTO DE LA PROGENIE 1493
Gemma Martínez-Lara, Juan M. Vázquez-García, Luisa E.S. Hernández-Arteaga, Fabiola Villegas-Rodriguez, Venancio Cuevas-Reyes, Manuel J. Flores-Najera, César A. Rosales-Nieto

ÍNDICE DE FERTILIDAD EN VAQUILLAS HOLSTEIN INSEMINADAS CON SEMEN SEXADO 1504
Guerrero Cervantes Maribel, Reveles Saucedo Fanny Olivia, Pinzón Díaz Carmen Elisa Malacara Sánchez Fátima del Milagro, Gallegos de la Hoya Mayela Patricia

NIVELES DE PROTEÍNA SÉRICA TOTAL EN BECERRAS ALIMENTADAS CON CALOSTRO EN EL ÁREA DE PARTOS VS EL ÁREA DE CRIANZA 1512
Ramirez-Uranga Karla Quetzalli, González-Avalos Ramiro, Peña-Revuelta, Blanca Patricia, Ávila-Cisneros, Rafael, Macias-Ortiz, Edgar Jesus.

PORCENTAJE DE OVULACION, PREÑEZ y TAMAÑO DEL EMBRIÓN DE CABRAS TRATADAS CON SELENIO MÁS VITAMINA B12 1521
Daniel Padrón-Segura, Francisco G. Véliz-Deras, Ma. Guadalupe Calderón-Leyva, Fernando Arellano-Rodríguez, Oscar Ángel-García

PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO Y SÍNTESIS DE PROTEÍNA MICROBIANA DE ESPECIES NATIVAS DEL NORTE DE MÉXICO 1527
Araiza-Ponce Karina, Murillo-Ortiz Manuel, Cervantes-Guerrero Maribel, Bujdud-León Aixa

RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS MULTIPARAS AL INCLUIR RESIDUOS DE PANADERÍA EN DIETA 1537
Mario Hernández-Padilla, Juan M. Vázquez-García, Luisa E.S. Hernández-Arteaga,Fabiola Villegas-Rodriguez, Manuel J. Flores-Najera, Venancio Cuevas-Reyes, César A. Rosales-Nieto

SALUD DE BECERRAS LECHERAS LACTANTES SUPLEMENTADAS CON *BACILLUS SUBTILLIS* PB6 1546
Blanca Patricia Peña-Revuelta, Reyna Roxana Guillén-Enríquez, Pablo Preciado-Rangel, Melisa Hermosillo-Alba, Ramiro González-Avalos

USO DE AMINOÁCIDOS PROMOTORES DE LA GANANCIA DE PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN CORDEROS DORPER. 1554
Atlahua-Temoxtle Milagros, Meza-Herrera César Alberto, Rodríguez-Sánchez Andrés, Calderón-Leyva Ma. Guadalupe, Ángel-García Óscar.

USO DEL SELENIO MÁS VITAMINA E PARA MEJORAR LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN CARNEROS DORPER 1560
Ángel-García Oscar, Calderón-Leyva Ma. Guadalupe, Alvarado-Espino Alan Sebastián, Ordoñez-Morales Julieta Ziomara, Meza-Herrera Cesar Alberto.



Conferencias Magistrales

CONTROL MICROBIANO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

González-Gaona Ernesto[1], Karla Vanessa De Lira-Ramos[1], Roberto Sánchez-Lucio[2], Miguel Ángel Gallegos-Robles[3], Rafael Gómez-Jaimes[4]

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes CP 20660, [2] Doctorado Institucional en Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3] Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Ejido Venecia, Durango, C P 35110. [4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

Email: gonzalez.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la producción agrícola para el combate de plagas y enfermedades, siempre se recurre al empleo de productos de síntesis química; sin embargo, el empleo de estos productos ocasiona riesgos de contaminación ambiental, residuos en la fruta, daños a organismos no objeto de control, resistencia a plaguicidas y daños a la salud de los aplicadores y al consumidor. En forma alternativa existen productos de extractos de plantas y agentes de control biológico que se pueden emplear sin los riesgos de los productos de síntesis química. En el presente escrito se presentan estrategias basadas en extractos de plantas y hongos para el control de plagas y enfermedades en dos frutales: guayaba (picudo de la guayaba y clavo) y café (roya y broca). Para el picudo de la guayaba se puede emplear la cepa de *Beauveria bassiana* C20 y los extractos de jícama y pimienta; para el clavo extractos de eucalipto rojo; mientras que en café, para la roya se pueden emplear cepas de *Lecanicinuim* spp. y *Trichoderma* spp. y en el control de la broca es factible el empleo de cepas nativas de *Beauveria bassiana*

Palabras clave

Psidium guajava, *Conotrachelus dimidiatus*, *Pestalotiopsis* sp., *Coffea arabica Hemileia vastatrix, Hypothenemus hampei*

ABSTRACT

In agricultural production to combat pests and diseases, the use of chemical synthesis products is always used; However, the use of these products causes risks of environmental contamination, residues in fruit, damage to organisms not subject to control, resistance to pesticides and damage to the health of applicators and the consumer. Alternatively, there are plant extract products and biological control agents that can be used without the risks of chemically synthesized products. This paper presents strategies based on plant and fungal extracts for the control of pests and diseases in two fruit trees: guava (guava scab and guava weevil) and coffee (rust and coffee berry borer). For the guava weevil, the *Beauveria bassiana* C20 strain and jicama and pepper extracts can be used; for guava scab extracts of red eucalyptus; while in coffee, for rust, strains of *Lecanicinuim* spp. and *Trichoderma* spp. can be used and in the control of the coffee berry borer it is feasible to use native strains of *Beauveria bassiana.*

Key words

Psidium guajava, *Conotrachelus dimidiatus*, *Pestalotiopsis* sp., *Coffea arabica Hemileia vastatrix, Hypothenemus hampei*

INTRODUCCIÓN

Dentro de los problemas fitosanitarios del cultivo de guayaba, las principales plagas son: las moscas de la fruta del género *Anastrepha*, el picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus*) y el Temolillo *Cyclocephala lunulata*. Mientras que las enfermedades son: problemas radicales ocasionados por pudriciones de las raíces (*Phythophthora* y *Fusarium*) y el ataque de nematodos noduladores del género *Meloidogyne*, el clavo de la guayaba ocasionado por el hongo *Pestalotiopsis* y la presencia de un vector, y la peca o baqueteado. México es el principal productor de café orgánico del mundo; sin embargo, su producción ha disminuido debido a las grandes pérdidas de producción durante 2012, ocasionadas por brotes tempranos y altamente agresivos tanto de la broca como de la roya del café (Torres-Castillo *et al.*, 2020).

Para el control de estas plagas se aplican preponderantemente plaguicidas de síntesis química por ejemplo en el caso del picudo de la guayaba en Cavillo, Aguascalientes se aplican de 3-10 aspersiones para reducir los porcentajes de daño a menos del 10% en cerca de 6 mil ha que equivale a la aplicación de 9 ton de insecticidas. En México

SENASICA y CICLOLAFEST son las entidades que aprueban el uso de un plaguicida en un cultivo determinado. Cabe mencionar que el empleo de plaguicidas representa un riesgo potencial para la salud humana ya que se trata de venenos que pueden dejar residuos tóxicos en el producto final que va al consumidor y su comercialización puede verse restringida (Pérez *et al*., 2013). Además con el uso de insecticidas sin bases (toxicidad al hombre y animales silvestres, grupos toxicológicos y residualidad) se puedan presentar problemas de resistencia a insecticidas, intoxicaciones y contaminación (De la Rosa y Santana, 2000). El objetivo del presente escrito es presentar alternativas biológicas y/o de extractos de plantas para el control de estas plagas y enfermedades en estos dos frutales.

MATERIALES Y METODOS

Guayabas en Calvillo, Aguascalientes (Picudo y clavo de la guayaba)

La zona productora de guayaba de Calvillo, Aguascalientes, se ubica entre 21°42´54.00´´ y 22° 06´´25.20.20´´latitud N y 102° 31´26.40´´ y 102° 52´30.00¨ Longitud O, con una altitud promedio de 1,630 msnm con clima semiseco semicálido con lluvias en verano BS1hw con temperatura media anual de 18°C y precipitación promedio anual de 660 mm.

Picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus*

Se muestreo el suelo de diez huertas de guayabo: Colomos, El Rodeo, Mesa Grande, Loma Alta, Mesa del Márquez, El Chiquihuitero, La Nogalera, Las Moras, Jaltiche y Calvillo. Se realizó un muestreo sistemático, tomando 10 árboles de cada huerta, tomando aproximadamente un kilogramo de suelo en bolsas de plástico. El aislamiento de los hongos se realizó mediante la técnica del insecto cebo usando larvas de *Tenebrio mollitor*. Las larvas micosadas fueron colocados en cajas Petri con PDA y se mantuvieron a 25°C, cuando se observó crecimiento de micelio del hongo, se colocaron en medio PDA con la finalidad de obtener cultivos puros.

Se recolectaron adultos de *Conotrachelus dimidiatus* en la localidad “Colomos”. El muestreo se realizó de junio a julio del 2018 mediante el manteo. Los insectos se mantuvieron con una dieta a base de guayaba fresca y hojas de guayabo en una cámara bioclimática (marca Binder®) con un fotoperiodo 12:12 h luz/oscuridad a 25°C día y 24°C noche, HR 30%

Los hongos entomopatógenos obtenidos se incrementaron en PDA. El inóculo se preparó en matraces con 50 mL de agua destilada estéril con Tween 20 (0.05%, v / v). La concentración del inóculo se determinó en un hematocimetro Neubauer, ajustándose a 1

$X10^5$, 1 $X10^7$ y 3 $X10^8$. Se seleccionaron diez adultos por repetición considerando los adultos más activos. El bioensayo se realizó por el método de inmersión: los adultos se sumergieron en la solución durante 30 segundos, posteriormente se colocaron en papel secante para retirar el exceso de humedad. Se hicieron observaciones de comportamiento y mortalidad de los picudos cada 24 h durante diez días después de la inoculación. Los insectos muertos se esterilizaron superficialmente en hipoclorito de sodio al 5% durante 30 segundos y se enjuagaron en tres ocasiones con agua destilada estéril durante 30 segundos adicionales antes de colocarlos en cámara húmeda a 25°C para confirmar la muerte por infección del hongo (Hernández et al., 2010). Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de mortalidad ajustada con la fórmula de Abbott (1987). Con los porcentajes de mortalidad se realizó un análisis Probit (Finney, 1971) para determinar la concentración letal al 50% (CL50) usando el software estadístico SAS System V.9.1.

Clavo de la Guayaba *Pestalotiopsis clavispora*

En huertas de la zona guayabera de Calvillo, se recolectaron 64 especies de hoja ancha localizadas dentro y alrededor de las huertas de guayabo, como arvenses o plantas ruderales, y en las cercas perimetrales. Se prepararon Infusiones con 10.0 g de material vegetal, que se colocaron en un recipiente de aluminio con 1.0 l de agua, al cual se le aplicó calor hasta ebullición por 5 min, se colaron y se guardaron en frascos ámbar. También se obtuvieron macerados acuosos y etanólicos por el método de maceración a temperatura ambiente (27 °C) con agua y/o alcohol al 70%, la maceración consistió en realizar soluciones 1:4 (por cada gramo de material vegetal se adicionaron 4.0 ml de solvente), que se dejaron en maceración por un periodo de 7 días con agitación manual dos veces diarias (Biswas et al., 2013).

Se realizaron bioensayos con medio de cultivo envenenado, en cajas Petri de 9.0 cm de diámetro, se llenaron con 20 ml de medio PDA estéril + 150 µL de cada extracto, una vez que el medio se solidificó se inoculó el patógeno (*Pestalotiopsis clavispora*) mediante un disco de agar de 0.6 cm de diámetro con crecimiento activo del hongo, se incubó a una temperatura de 27 ºC hasta que el micelio del control negativo (PDA sin extracto) cubrió toda la placa (Baños et al., 2004). Se midió el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial radial con respecto al control negativo, mediante la fórmula: % de inhibición de crecimiento radial = [(Control-Tratado)/ Control] X 100.

A nivel campo en la localidad “Las Moras” en Mesa Grande, Calvillo, Aguascalientes (21° 47´09.4´´ y 102° 43´17.7´´ con una altitud de 1,827 msnm), se evaluaron los tratamientos 1) Biogober® (BG) un producto comercial con base en extractos de gobernadora a dosis de 10 cc/l de agua, 2) Extractos de eucalipto rojo *Eucalyptus camaldulensis* (EER) a dosis de 50 ml de infusión (40 g de follaje en 1.5 l de agua) por 1.0 l de agua, 3) Extracto de gobernadora *Larrea tridentata* (EG) en infusión preparado y mismas dosis como el EER, 4) Extracto de eucalipto australiano *Eucalyptus gummifera* (EEA), elaborado y mismas dosis que tratamiento 2, 5) Oxicloruro de cobre Cupravit® (CU) a dosis de 5 g/l de agua, 6) Metalaxyl + Clorotalonil con nombre comercial Ridomil Gold® (RG) a dosis de 5 g/l de agua, 7) Mancozeb (MZ) a 5 g/l de agua, 8) Solo agua y 9) Insecticida Malation (M) a dosis de 3.0 cc/l de agua.

Cafetales en Nayarit

Roya *Hemileia vastatrix*

Se muestrearon huertos de café de las zonas cafetaleras de Nayarit en los municipios de Tepic, Xalisco, San Blas, Rosamorada, Compostela, Ruíz y Santiago Ixcuintla. Se realizaron recolectas en octubre y noviembre del 2021 de un total de 15 huertos que no han sido perturbados por actividades agrícolas y con abundante vegetación. Las muestras obtenidas fueron de suelo, follaje de cafetos, raíces de gramíneas, y raíces aéreas. En el caso de las muestras de suelo se tomaron muestras de tres árboles, se quitó la hojarasca superficial y se obtuvo 1.0 kg de los primeros 30 cm de profundidad de suelo, mientras que las del follaje se consideraron 10 hojas por planta. En el caso de las raíces aéreas se cortaron pedazos de raíz de seis árboles. Las muestras se colocaron en bolsas “zip lock” con sus datos de localización y se colocaron en hieleras con gel congelado para su transporte al Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, del INIFAP-Nayarit para su almacenamiento en un refrigerador a temperatura de 8 °C hasta su procesamiento el día posterior.

El aislamiento de las cepas de *Trichoderma* y *Lecanicillium* se realizó a partir de muestras de suelo mediante la técnica de diluciones seriadas (1.0:90 gr de suelo y mL de agua estéril respectivamente) que se sembraron en cajas Petri de 9.0 cm de diámetro con PDA, bajo campana de flujo laminar, se realizaron resiembras hasta obtener cultivos puros (Gilchrist-Saavedra *et al*., 2005). Para el caso del follaje y raíces aéreas se realizaron raspados del tejido vegetal con un asa bacteriológica donde se presentaba crecimiento micelial y se

sembró al igual que para *Trichoderma* y *Lecanicillium*, pero en este caso fue por estriado en el medio con el asa.

Se seleccionaron las cepas de más rápido crecimiento y rapidez a esporulación, obteniendo de esta manera 12 cepas de *Trichoderma* (1, 4, 6, 9, 11, 13, 15, 25, 27, 28, 31, 39) y tres de *Lecanicillium* (1, 3 y 4), para su evaluación en campo contra la roya. Las cepas se incrementaron en cajas Petri con medio de cultivo PDA. Se realizó un conteo del número de esporas por mL mediante un hematócimetro hasta lograr una media de 1.0 $x10^8$ esporas por mL. Los tratamientos (cepas) se aplicaron con mochila Swissmex de 15 litros, con boquilla de cono para insecticidas, a todos los tratamientos se les adicionó adherente Inex® a dosis de 1.0 cc/L de agua y Tween 20® para provocar la emulsión, en total se realizaron cinco aplicaciones con intervalo cada siete días.

La prueba en campo se realizó de septiembre de 2021-enero de 2022, en un diseño en bloques completos al azar con 16 tratamientos (15 cepas más un testigo absoluto) y 20 repeticiones por tratamiento, considerando un árbol como unidad experimental. En cada unidad experimental se marcó la hoja central de la rama donde se determinó la incidencia en la rama y la severidad de la enfermedad en dicha hoja.

Para la incidencia se contaron las hojas presentes en la rama seleccionada y las hojas con daño, mientras que la severidad se recolectó la hoja marcada y se determinó el grado de daño acorde a la escala de Eske, 1983. Los datos obtenidos se transformaron a media ponderada de la infección (Townsend y Heuberger, 1943) mediante la siguiente formula: PI= [∑(n*v)/CM*N]*100 Donde: PI= media ponderada de infección, n= número de hojas por cada clase en la escala, v= valor numérico de cada clase, CM= categoría mayor, N= número total de hojas en la muestra. Para su análisis, los datos se transformaron a raíz cuadrada de X+0.5 para disminuir la varianza y se analizaron mediante el paquete estadístico SAS ver 9.2 (SAS, 2010) y las diferencias entre medias se compararon mediante Tukey al 0.05%. Para determinar la efectividad biológica de los tratamientos, se aplicó la fórmula de Abbott (1987):

%E= [IT-It/IT]*100, donde: %E= porcentaje de efectividad, IT= infección en el testigo, It= infección en el tratamiento.

Broca *Hypothenemus hampei*

El estudio se estableció en la localidad "La casa" en el ejido Cumbres de Huicicila, en Compostela, Nayarit (21° 01´ 48´´ Latitud N y 105° 0´45´´ Longitud W y 860 msnm). La huerta se considera como un sistema productivo rústico tradicional o de montaña (Moguel y Toledo, 1999), con tendencia a orgánico, de temporal, café tipo arábiga, de tres años con Catimor (Caturra X Hibrido Timor) y Típica, con cosecha durante los meses de diciembre a febrero, con reporte de alta incidencia de broca del café en ciclos anteriores. Las cepas *de B. bassiana* empleadas en el estudio se aislaron de suelo y frutos de huertos de café de las zonas cafetaleras de Nayarit en los municipios de Tepic, Xalisco, San Blas, Rosamorada, Compostela, Ruíz y Santiago Ixcuintla. las muestras de suelo se tomaron muestras de tres árboles por huerto, así mismo se quitó la hojarasca superficial y se obtuvo 1.0 kg de los primeros 30 cm de profundidad de suelo, en el caso de la colecta de frutos se obtuvieron diez frutos por árbol, muestreando diez árboles por huerta.

Para la evaluación en campo se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento (árboles), y se marcaron cinco ramas por árbol, donde la unidad experimental fue un fruto. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (P = 0.05), con el paquete estadístico SAS (2010). En el caso de los datos en porcentajes, antes de someterlos al ANOVA y prueba de Tukey, se les realizó la transformación angular de $\sqrt{X + 0.5}$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las huertas de guayaba de Calvillo se detectaron 11 cepas de *Beauveria bassiana* y 6 de *Metharizium anisopliae*, con la localidad de Las Moras con la mayor detección de cepas con tres. Cuando se evaluó el efecto de los extractos de plantas con los hongos entomopatógenos, el menor porcentaje de inhibición lo registraron las cepas BbC18 y BbC20 con un 10.2 y 10.9% frente a los extractos de chile y semilla de jícama respectivamente. Seguido de las cepas BbC4 y BbC2 con inhibiciones del 24.5 y 34.7 % frente a los extractos de chicalote e higuerilla respectivamente.

El efecto de los extractos vegetales evaluados contra el picudo, se observó sólo en el extracto de pimienta y semilla de jícama. La mortalidad registrada para el extracto de pimienta al 40% fue superior al 80%, mientras que la jícama necesito concentraciones del 80% para obtener mortalidades similares. Los extractos de ajo, chicalote, chile e higuerilla no causaron efectos en el insecto, mostrando porcentajes de mortalidad bajos. En este

estudio, la cepa que mayor mortalidad ocasionó en adultos del picudo de la guayaba, en concentración de $3X10^8$, fue la BbC4 con 53% de mortalidad, seguida por la cepa BbC18 con 27% y por último fue la cepa BbC20 con 19% de mortalidad. La combinación de las cepas con el extracto de pimienta aumentó significativamente la mortalidad en comparación de la aplicación únicamente de las cepas (BbC18 y BbC20). Mientras que, con el extracto de semilla de jícama, todas las cepas mostraron un aumento en la mortalidad de los insectos cuando fueron evaluadas en combinación con las CL50, CL25 y CL10 del extracto, registrando una mortalidad de 48-96%, y en este caso, el uso de las CL25 y CL10 superaron la mortalidad de la población en comparación de las aplicaciones únicamente de las cepas. Los extractos elaborados por maceración alcohólica presentaron la mayor inhibición del crecimiento del hongo *P. clavispora* con respecto de la maceración en agua o de la infusión. En bioensayos con extractos alcohólicos concentrados con rotovapor y filtrados, los extractos de jaral (*Cistus* sp.), aceitilla (*Bidens odorata* Cav.), mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.), paraíso (*Melia azedarach* L.), olivo (*Olea europaea* L.), trompillo (*Solanum eleagnifolium* Cav.), lantana (*Lantana* sp.), romero (*Rosmarinus* sp.), ruda (*Ruta graveolens* L.), venadilla (*Bursera simaruba* (L.) SARG.), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) y eucalipto australiano (*Corymbia* (=*Eucalyptus*) *gummifera* (Gaertn.) Hill & Johnson) mostraron reducciones del crecimiento del hongo, superiores al 90%. En campo, los extractos de plantas de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) y eucalipto australiano (*Corymbia gummifera*) mostraron menores daños que los fungicidas de síntesis química evaluados.

En campo las cepas de *Lecanicillium* presentaron mejor desempeño que las de *Trichoderma* con excepción de la cepa 39 de *Trichoderma* en la protección de las hojas de café contra la roya *Hemileia vastatrix* con una efectividad superior al 80% y reducciones en la escala de daño menor de 2. En contraste, en el tratamiento testigo, donde no se aplicó ninguna medida de combate el porcentaje de Infección fue del 85% y los niveles de daño fueron de 3 a 4.

En el control de broca la mayoría de las cepas de *B. bassiana* fueron superiores al testigo (T13), la de menor desempeño fue la cepa D3 (T) tratamiento 6), mientras que las cepas 5 y 12 presentaron los menores niveles de daño (Figura 1).

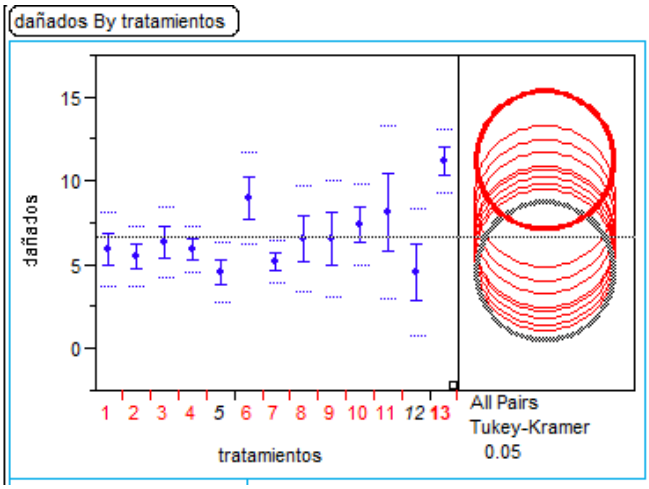


Figura 1. tratamientos de control biológico de cepas de *Beauveria bassiana* contra la broca del café en Compostela Nayarit. Círculos con diferente color presentan diferencia estadística.



Figura 2. Aspecto de cerezas infestadas con broca, en las que se observa que la broca presenta señales de parasitismo por *Beauveria bassiana*.

CONCLUSIONES

En forma natural existen en las huertas de guayaba de Aguascalientes y de café en Nayarit, agentes de control natural, que pueden emplearse para el control de las principales plagas y enfermedades.

Se pueden realizar maceraciones etanólicas de arvenses presentes en los huertos para el control de enfermedades como el clavo de la guayaba.

Es necesario evaluar en laboratorio y campo las cepas de hongos entomopatógenos y antagonistas aislados para determinar las más efectivas y aplicar un consorcio de organismos contra las enfermedades como la roya del café.

REFERENCIAS

Abbott, W. S. 1987. Classic Paper: Abbott´s Formula. A Method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal American Mosquito Control Association.* 3(2): 302-303. DOI: 10.1146/annurev.en.39.010194.000323.

Baños, P. E., Zavaleta, M. E., Colinas, M. T., Luna, R. I., Gutiérrez, A. J. A. 2004. Control Biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. Rev. Mex. Fitopatol. 22:198-205. Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222206. Consultado el 28 de septiembre de 2019.

Biswas, B.; Rogers, K.; McLaughlin, F.; Daniels, D. and Yadav, A. 2013. Antimicrobial activities of leaf extracts of Guava L.) on two gram-negative and gram-positive bacteria. International journal of microbiology. Hindawi Publishing Corporation. Article ID 746165, 7 p. Disponible en http://dx.doi.org/10.1155/2013/746165.

De la Rosa, H. J. P. y Santana, A. D. 2000. El Nopal, usos manejo agronómico y costos de producción en México. CONAZA-UACH-CIESTAAM. 182 p.

Eskes, A. B. 1983. Assesment methods for resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. Br.) *In*: Eskes, A. B. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileai vastatrix*) Thesis Doctoral. Wageningen (Holanda). Institute of Plant Breeding of the Agricultural University. P 4-14. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF19830873623.

Finney, D. J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press. 76-80 pp.

Gilchrist-Saavedra, L., G. Fuentes-Dávila, C. Martínez-Cano, R. M. López-Atilano, E. Duveiller, R. P. Singh, M. Henry, e I. García, A. 2005 Guía práctica para la

identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. Segunda edición. México, D. F. CIMMYT. 68 pp. http://hdl.handle.net/10883/1272.

Hernández-Díaz, N., Pérez, N. Y Toledo, J. 2010. Patogenicidad de tres cepas de hongos entomopatógenos a adultos de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) en condiciones de laboratorio. Acta Zoológica Mexicana, 26(3), 481-494.

Moguel, P., y Toledo, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1): 11-21. Doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x.

Pérez, M.A., H. Nevarro y E. Miranda. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México. Rev. Inter. Contaminación ambiental 29: 45-64.

SAS Institute. 2010. Language and procedures. Release 9.2. SAS Institute. Cary, North Caroline, USA. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

Torres-Castillo, N. E., Melchor-Martínez, E. M., Ochoa-Sierra, J. S., Ramírez-Mendoza, R. A., Parra-Saldívar, R. and Iqbal, H. M. N. 2020. Impact of climate change and early development of coffee rust-An overview of control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. *Science of The Total Environment*: 738: 140225. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225.

¿LA AGRICULTURA ORGANICA ES SUSTENTABLE?

[1]Beltrán Morales F.A., [1]Ruiz Espinoza F.H., [1]Zamora Salgado S., [1]Loya Ramírez J.G., José Luis García Hernández, Pablo Preciado Rangel.

[1]Departamento Académico de Agronomía. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al sur Km 5.5 La Paz Baja California Sur. México.

abeltran@uabcs.mx

RESUMEN

El suelo altera su equilibrio natural luego de años de aplicación de sales solubles concentradas que son los fertilizantes minerales sintéticos. Esto provoca desequilibrios a nivel de las plantas que se evidencian en ataques de enfermedades y plagas. Para que una práctica agropecuaria sea sustentable, debe cumplir una serie de requisitos: la satisfacción de las necesidades humanas, la viabilidad económica, la equidad y mejora de la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad, la minimización de los impactos, protección y mejoramiento del ambiente y la durabilidad del sistema. La demanda de los consumidores orgánicos va en aumento, se refleja en el crecimiento significativo en el mercado del 11 por ciento en los Estados Unidos, el mercado orgánico más grande del mundo. Más agricultores cultivan orgánicamente más tierra certificada como orgánica y 179 países informan actividades en la agricultura orgánica. El mercado orgánico sigue creciendo a nivel mundial según la investigación de mercado de la empresa Organic Monitor, quienes estiman el mercado mundial de alimentos orgánicos que ha llegado a 81,6 billones de dólares en 2015.

Uno de los estandares utilizados para evaluar la sustentabilidad en la producción agrícola y ganadera es el Estándar de Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance, este estándar incluye criterios ambientales, sociales y económicos.

ABSTRACT

The soil alters its natural balance after years of application of concentrated soluble salts that are synthetic mineral fertilizers. This causes imbalances at the plant level that are evident in attacks of diseases and pests. For an agricultural practice to be sustainable, it must meet a series of requirements: the satisfaction of human needs, economic viability, equity and improvement of the quality of life of farmers and society, minimization of impacts, protection and improvement of the environment and durability of the system. Demand from organic

consumers is on the rise, reflected in significant market growth of 11 percent in the United States, the world's largest organic market. More farmers grow organically more land certified as organic and 179 countries report activities in organic agriculture. The organic market continues to grow globally according to market research from the company Organic Monitor, who estimate the global organic food market to have reached 81.6 billion dollars in 2015. One of the standards used to assess sustainability in agricultural and livestock production is the Sustainable Agriculture Standard of the Rainforest Alliance, this standard includes environmental, social and economic criteria.

INTRODUCCIÓN

Al terminar la segunda guerra mundial, la agricultura surge nuevamente como mercado para innovaciones que aparecieron con intenciones destructivas. Principios químicos que se crearon para ser aplicados desde un avión para destruir las cosechas del enemigo, posteriormente se utilizaron como herbicidas en la agricultura, por ejemplo: el 2-4 D, el 2-4-5 T, el MCPA y otros. El DDT, que fue usado para matar insectos surgió en la guerra. Las tropas americanas en el Pacífico sufrían mucho de malaria. El DDT, conocido desde antes, pasó a ser producido en gran escala y usado sin ningún tipo de restricción: se aplicaba desde un avión a grandes extensiones y se trataba a las personas con gruesas nubes de DDT.

La Revolución Verde de las décadas del 50-60, subordinó la agricultura al capital industrial y eliminó métodos tradicionales de manejo ecológico de suelo, manejo de la materia orgánica, abonos verdes, cobertura permanente de suelo, araduras, control biológico de plagas, variedades adaptadas a cada condición de suelo y clima. Estas prácticas sustentaban los sistemas productivos y alimentaban a la población hasta la aparición del "nuevo" paquete tecnológico en donde fueron sustituidas y consideradas atrasadas e inviables. La Revolución Verde convierte a la agricultura en petro-dependiente. Si observamos un predio que practica agricultura convencional en la actualidad, podemos afirmar que gran parte de los elementos utilizados en el proceso productivo son dependientes del petróleo o se utiliza éste para su fabricación. La maquinaria (tractores, cosechadoras, equipos para fumigación), combustibles, lubricantes, neumáticos, el nylon utilizado para protección de silos, invernaderos, suelo, todos derivados del petróleo. También utilizan petróleo los medios de transporte de los productos finales y de los insumos (camiones, camionetas, aviones, barcos), los agrotóxicos (insecticidas, funguicidas, herbicidas), los envases de los agrotóxicos, los fertilizantes nitrogenados. (Barg y Queiros,

2017). El negocio de los agrotóxicos se transformó en uno de los mejores negocios: mientras más se vendía más crecía la demanda. El suelo altera su equilibrio natural luego de años de aplicación de sales solubles concentradas que son los fertilizantes minerales sintéticos. Esto provoca desequilibrios a nivel de las plantas que se evidencian en ataques de enfermedades y plagas y para esto se aplican productos como funguicidas, insecticidas. Estos productos provocan nuevas destrucciones y desequilibrios, nuevos productos son ofrecidos y así sucesivamente. Hoy la humanidad produce más alimento y paralelamente hay más hambre y estamos más contaminados a nivel planetario, lo que resulta en una paradoja, además de la pérdida de soberanía alimentaria de país y la privatización de las semillas. Luego de varias décadas de rápida extensión de los “milagros” de la Revolución Verde, tenemos hoy más de 850 millones de personas que pasan hambre en forma permanente, tres cuartas partes de las cuales son campesinos, productores, campesinos sin tierra y trabajadores agrícolas. Más de 2.000 millones de personas de todo el mundo obtienen su único sustento de la agricultura familiar y la pesca artesanal. (Barg y Queiros, 2017).

El consumidor desconoce cuáles son las características intrínsecas de lo que ingiere. A modo de ejemplo: se desayuna con mermelada en donde sólo el 10 % corresponde a la fruta etiquetada en el envase; a su vez el producto tiene otros aditivos como colorantes, conservantes, estabilizantes. El pan contiene aditivos químicos como “mejoradores”, conservantes, elaborado con un trigo que se le ha aplicado agrotóxicos. La leche proviene de un manejo animal con medicación, fertilizantes y agrotóxicos en las praderas. La leche o el té lo endulzan con aspartame u otro edulcorante sintético. Luego, al mediodía o a la cena consume una pizza con salsa de tomate con conservante, el tomate proviene de un cultivo en donde el promedio de aplicaciones de agrotóxicos por ciclo es de 20 a 30. Se puede mencionar la gama de comidas congeladas (sin aporte alimenticio), calentadas en microondas, envasadas en plásticos, las llamadas “Fast Food” con alto contenido en colesterol y con bajo aporte nutricional. Los vegetarianos piensan que su alimentación es más sana y nutritiva. Sin embargo, la papa es uno de los cultivos que más aplicaciones de agrotóxicos recibe durante su ciclo productivo y finalmente es quemada con uno de los herbicidas (Paraquat, nombre comercial Gramoxone) más tóxicos que existen. Los huevos se obtienen de gallinas que jamás ven el sol, que no caminan, que no seleccionan su propio alimento, que comen raciones formuladas con transgénicos, (maíz y soya), con alto

contenido de sales. En un predio convencional de frutales, particularmente en el cultivo de manzana, se utilizan 100 kilos de agrotóxicos en una hectárea. (Barg y Queiros, 2017).

LA AGRICULTURA SUSTENTABLE.

La forma en que extraemos recursos de nuestro planeta es cada vez más violenta. Máquinas arrancando grandes porciones de tierra, detonaciones estridentes, miles de paisajes arruinados. Afortunadamente, la agricultura sustentable puede ayudar a revertir esta situación, y ya es una tendencia que está creciendo a nivel mundial. De acuerdo a los expertos en la materia, es la actividad agropecuaria que se apoya en un sistema de producción que tenga la aptitud de mantener su productividad y ser útil a la sociedad a largo plazo, cumpliendo los requisitos de abastecer adecuadamente de alimentos a precios razonables y de ser suficientemente rentable como para competir con la agricultura convencional; y además el ecológico de preservar el potencial de los recursos naturales productivos.

Sin embargo, actualmente no existe una definición terminante del término, ya que hay cada vez más actividades consideradas como “sostenibles” y que tienen un uso dentro de la agricultura. Dentro de las muchas definiciones, la propuesta por la Sociedad Americana de Agricultura en 1989 cita lo siguiente: “una agricultura sustentable es aquélla que, en el largo plazo, promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura; provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto”. (Beltrán y Cota, 2017).

Lo más destacable de esta actividad es que no está centrada en lo meramente económico, sino que los factores sociales y ecológicos cobran igual relevancia. Para que una práctica agropecuaria sea sustentable, debe cumplir una serie de requisitos: la satisfacción de las necesidades humanas, la viabilidad económica, la equidad y mejora de la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad, la minimización de los impactos, protección y mejoramiento del ambiente y la durabilidad del sistema en el largo plazo en lugar de la rentabilidad cortoplacista. Que una práctica agropecuaria sea sustentable, no quiere decir que no pueda ser ayudada por las tecnologías modernas, como la siembra simultánea, la agro silvicultura, la silvipastura; así como la rotación y la labranza de conservación. El beneficio de estas prácticas consiste en que los cultivos explotan diferentes recursos o interactúan entre sí, evitando la erosión y pérdida de nutrientes. Tenemos un solo planeta, así que la correcta extracción de materias primas es crucial para su conservación y cuidado.

Latinoamérica, como un gran productor de materias primas, ha avanzado bastante en materia de agricultura sustentable.

Además, organismos como la ONU, han discutido sobre el tema, dándole vital importancia. El Pacto Mundial de las Naciones Unidas presentó el mes pasado en Roma los Principios de Agricultura sostenible y Empresas, que tienen por objeto contribuir a la realización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Según la ONU, se estima que la población mundial llegará a los nueve mil millones de personas en 2050 por lo que la demanda de los sistemas alimentarios mundiales se intensificará. Ante este marco, las empresas serán aliados fundamentales para los gobiernos y otros grupos de interés a la hora de implementar soluciones efectivas en materia de agricultura sostenible y de una cadena alimentaria segura. Por este motivo, los seis Principios son: promover la sostenibilidad en la agricultura y la alimentación en torno a aspectos como la seguridad alimentaria, la salud y la nutrición como objetivos; practicar la responsabilidad ambiental; asegurar la viabilidad económica y compartir valor; respetar los derechos humanos, crear trabajos decentes y contribuir a la prosperidad de las comunidades locales; fomentar el buen gobierno y la rendición de cuentas; y promover el acceso y la transferencia de conocimientos, habilidades y tecnología. (Beltrán y Cota, 2017)

LA AGRICULTURA ORGÁNICA.

La demanda de los consumidores orgánicos va en aumento, se refleja en el crecimiento significativo en el mercado del 11 por ciento en los Estados Unidos, el mercado orgánico más grande del mundo. Más agricultores cultivan orgánicamente más tierra certificada como orgánica y 179 países informan actividades en la agricultura orgánica.

El mercado orgánico sigue creciendo a nivel mundial según la investigación de mercado de la empresa Organic Monitor, quienes estiman el mercado mundial de alimentos orgánicos que ha llegado a 81.6 billones de dólares en 2015 (aproximadamente 75 billones de euros). Estados Unidos es el principal mercado con 35.9 billones de euros, seguido por Alemania (8.6 billones de euros), Francia (5.5 billones de euros) y China (4.7 billones de euros).

En el año 2015, la mayoría de los principales mercados mostró tasas de crecimiento de dos dígitos el mayor gasto per cápita en Suiza (262 Euros), y Dinamarca tiene la mayor cuota de mercado orgánico (8.4 por ciento del mercado total de alimentos). Con relación a los productores, se registraron 2.4 millones de productores orgánicos. La India sigue siendo el

país con el mayor número de productores (585.200), seguido de Etiopía (203.602) y México (200.039). 50.9 millones de hectáreas fueron manejados orgánicamente a finales de 2015, lo que representan un crecimiento de 6.5 millones de hectáreas en 2014, el mayor incremento jamás registrado. Australia es el país con la mayor superficie agrícola orgánica (22.7 millones de hectáreas), seguido por Argentina (3.1 millones de hectáreas) y los Estados Unidos (2 millones de hectáreas). (Willer y Lernoud, 2017).

LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO.

La agricultura orgánica ha tenido un avance espectacular en México. Es un sistema de producción que propicia el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, especialmente, mantener y mejorar la fertilidad de los suelos y la actividad biológica. Este método es conocido porque permite producir alimentos libres de residuos químicos, pues se basa en el uso de fertilizantes y plaguicidas libres de sustancias químicas; también busca mantener la diversidad genética del sistema y su entorno, la protección al medio ambiente y la salud humana. Los productos orgánicos se identifican mediante una certificación obligatoria que asegura la calidad del producto**,** ésta es expedida por agencias internacionales especializadas, así como por algunas autoridades gubernamentales de México y de otros países.

Los productos orgánicos tienen una demanda creciente a nivel nacional e internacional, y se estima que esta tendencia se mantendrá en los siguientes años. Si bien las estadísticas sobre estos productos en México no coinciden, de acuerdo con SAGARPA, en la actualidad, México es el cuarto productor mundial de alimentos orgánicos, con una superficie de casi 169,000 hectáreas, de éstas se han certificado por parte de empresas autorizadas, 88,300 ha, beneficiando alrededor de 2.3 millones de productores nacionales, en 2012, se había llegado a una superficie de casi 400 mil hectáreas con alrededor de 140 mil productores. La discrepancia en las cifras es evidente, lo cual deja claro que, para diseñar una política de fomento a la agricultura orgánica, lo primero que se requiere es tener datos confiables.

El número de cultivos orgánicos en el país asciende a más de 45, entre los que destacan por superficie cultivada café (48%); aguacate (15%), hortalizas (9%), hierbas aromáticas y alimenticias (8%). Los estados productores de orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán (concentran el 50% de esta actividad), Chihuahua y Guerrero. Los primeros productos orgánicos nacionales certificados fueron miel, manzana, aguacate, café, mango, mora azul y vino de mesa. El 85% de la producción orgánica del país se exporta principalmente a mercados de Europa y Estados Unidos, en 2015, las exportaciones que realizó México de

este tipo de productos alcanzaron los 136 millones de dólares; mientras que el 15% restante se consume a nivel nacional. (SAGARPA, 2016). Es claro que estos productos siguen dedicándose a nichos de mercado de consumidores de altos ingresos, dispuestos a pagar precios altos por su percepción de los beneficios ambientales y de salud.

Efectivamente, en los últimos años, la agricultura orgánica se ha convertido en una tendencia social que paulatinamente ha penetrado en el país. El mercado interno ofrece productos orgánicos principalmente en tiendas de autoservicio y tiendas especializadas a precios altos, cuyas ventas se han incrementado 20 y 10 por ciento respectivamente. No obstante, el mercado local sigue siendo incipiente, pues casi no existe apoyo gubernamental a la comercialización de estos productos. Por ello, la falta de difusión y los altos precios, son factores que limitan el consumo local de productos orgánicos. Cabe destacar que, la producción orgánica en México es de gran importancia social, pues es una actividad en la que participan los sectores más pobres del medio rural, grupos indígenas (representan poco más del 50% de los productores) y pequeños productores de escasos recursos. El problema radica en que estos productores no siempre captan la renta derivada del precio alto que pagan los consumidores, por lo que debe pensarse en la mejora de los canales de comercialización para que la distribución beneficie más al productor. La producción orgánica en México es regulada por la Ley de Productos Orgánicos (LPO), los productos orgánicos son certificados por Organismos de Certificación acreditados, para que un productor pueda recibir el certificado orgánico y comercializar sus productos como tales, debe realizar las prácticas orgánicas por un periodo que está en función del tipo de producto, siempre verificado por un organismo de control autorizado. Para cumplir estos requisitos requieren que los productores accedan a mecanismos eficientes de asistencia técnica y a organismos certificadores que ofrezcan sus servicios a precios más accesibles.

Conforme a la LPO, la SAGARPA instaló en 2007 el Consejo Nacional de Producción Orgánica (CNPO), un órgano de consulta de la SAGARPA y representativo de los productores y agentes sociales relacionados con productos orgánicos. Se integra por 25 personas de diversos sectores: productores, procesadores, comercializadores, agencias de certificación, consumidores, académicos, investigadores, y dependencias como SAGARPA, SEMARNAT, SENASICA, Secretaría de Salud, COFEPRIS, ASERCA, SE y PROMÉXICO.

Entre las dependencias que más destacan por su función se encuentran: SENASICA, es la instancia que regula la certificación, acreditación de los organismos de certificación, las

sustancias o insumos permitidos, restringidos o prohibidos y el etiquetado entre otros; ASERCA realiza campañas de difusión del consumo de productos orgánicos certificados en los mercados nacional e internacional y SAGARPA-SIAP, brinda información estadística confiable del sector orgánico en México. Es evidente que el papel que cumplen estas dependencias es importante, pero no suficiente para hablar de una política de impulso a este sistema productivo. Para incrementar la producción y disminuir sus costos, es indispensable que se fortalezca la oferta de servicios tecnológicos para productores y que las instituciones de investigación realicen proyectos para mejorar la base científica sobre la que puede incrementarse el rendimiento y la calidad. No se puede esperar un importante salto cualitativo y cuantitativo sin una acción concertada entre productores, autoridades y prestadores de servicios. Además, para aumentar el consumo nacional se requiere que los precios bajen y esto depende de reducir los costos, mejorar la difusión y comercialización. Todo esto se resume en dos conceptos: innovación y política de fomento. (SAGARPA, 2017).

¿LA AGRICULTURA ORGÁNICA ES SUSTENTABLE?

“La agricultura sustentable se define legalmente como la integración de prácticas de producción animal y vegetal que apuntan a varios objetivos específicos a largo plazo. Estos objetivos incluyen aumentar la viabilidad económica de las operaciones agrícolas, satisfacer las necesidades de fibra y aumentos humanos, maximizar el uso de recursos renovables y mejorar la base de recursos naturales y la calidad ambiental del sitio de producción; todo diseñado para mejorar la calidad de vida de las familias campesinas y sus comunidades”. Para ser sostenible, la agricultura debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, y al mismo tiempo, garantizar la rentabilidad, la salud ambiental, y la equidad social y económica (FAO, 2023). La visión de la FAO en favor de una alimentación y agricultura sostenibles se basa en que los alimentos que son nutritivos y accesibles para todos y en que los recursos naturales se gestionan de tal forma que se preservan las funciones de los ecosistemas para responder a las necesidades humanas del presente y el futuro. El Estándar de Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance es aplicable a los sistemas de producción agrícola y ganadera de todo el mundo. Este estándar incluye criterios ambientales, sociales y económicos que buscan promover la sostenibilidad (Rainforest Alliance, 2020). La Norma reconoce los retos que representa el cambio climático y busca abordarlos promoviendo de forma activa la agricultura climáticamente inteligente y

desarrollando la resiliencia de las fincas y las comunidades agropecuarias. Los principios de la Norma Rainforest Alliance para Agricultura Sostenible están organizados en cuatro principios: *Principio 1*. Sistema Eficaz de Planeamiento y Gestión, *principio 2*. Conservación de la Biodiversidad, *principio 3*. Conservación de los Recursos Naturales y el *principio 4*. Mejores Medios de Vida y Bienestar Humano. Esta Norma contiene 37 Criterios Críticos, de un total de 119 criterios para fincas agrícolas. Las Fincas y Administradores de Grupo deben cumplir con todos los Criterios Críticos como un prerrequisito para la certificación, y deben permanecer en conformidad con tales criterios para poder conservar su certificación (Rainforest Alliance, 2020). Los Criterios Críticos establecen los puntos de referencia fundamentales y la garantía de calidad de las fincas certificadas y de los grupos de productores, cubriendo los temas ambientales, sociales y laborales de mayor prioridad y de mayor riesgo. Los criterios y reglas de cumplimiento están diseñados para ayudar a los titulares certificados a maximizar el impacto positivo ambiental, económico y social de la agricultura (Rainforest Alliance, 2020).

CONCLUSIONES

Cabe mencionar que los beneficios de la agricultura orgánica son importantes no sólo para la vida del ser humano, sino además para un desarrollo verdaderamente sustentable. Es decir, la agricultura orgánica de una u otra forma beneficia los tres componentes del “triángulo de sostenibilidad” –lo social, lo ambiental y lo económico. Es necesario que se ponga mayor atencion a la protección de los recursos naturales especialmente el agua y que el Estado tome acciones, que reduzcan su impacto en el incremento de la frontera agrícola y el deterioro de la biodiversidad y de los mantos acuiferos. Un sistema será ambientalmente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos y disminuye el impacto sobre los recursos naturales. Tambien es importante si se fortalecen los indicadores de la satisfacción del productor, su calidad de vida, su nivel de dependencia, el grado de integración social.

REFERENCIAS

Barg, V. R. y Queiros, A. F, (2007). Principales conceptos, situación actual y desafíos,» Agricultura Ecológica y Orgánica en el Uruguay.

Beltrán M.F.A y Cota V. L.F. (2017). La agricultura sustentable: oportunidad de negocios y su impacto en la salud humana en: Herramientas administrativas enfocadas en la calidad, competitividad y planeación estratégica. Tecnológico Nacional de México. Secretaria de Educación Pública. México.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Alimentación y Agricultura Sostenibles. Consultado el 25/02/2023. Disponible en: https://www.fao.org/sustainability/es/.

Organización Panamericana de la Salud (2002), Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica, Costa Rica: Ministerio de Salud.

Rainforest Alliance (2020). Estándar para la Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance. Requisitos para Fincas. Versión 1.2 Disponible en: https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2020/06/SA-S-SD-1-V1.2ES-2020-Sustainable-Agriculture-Standard-Farm-Requirements.pdf.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (2017) [En línea]. Available: http://nbcs.mx/2017/02/21/baja-california-sur-tercer-lugar-produccion-esparrago-quinto-fresa-garbanzo-sexto-tomate-nivel-nacional/. [Último acceso: 20 Abril 2017].

Willer H. y Lernoud J. (2017). The world of Organic Agriculture, statatistics and emerging trends. Research Institute of Organic Agriculture IFBL-IFOAM. Switzerland.

OBTENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS ARTESANALES

‡ **Ruiz-Espinoza Francisco Higinio[1], Beltrán-Morales Félix Alfredo[1], Loya-Ramírez José Guadalupe[1], Zamora-Salgado Sergio[1], Vázquez-Vázquez, Cirilo[2], Orona-Castillo, Ignacio[2]**

[1]Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. La Paz, BCS. AP-19-B, CP-23080.

[2]Universidad Juárez del Estado de durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Dom. Con. Ej. Mpio. de, Venecia, Gómez Palacio, Dgo.

‡Autor responsable: (fruiz@uabcs.mx)



INTRODUCCIÓN

Las semillas son la parte principal de cualquier sistema de producción de alimentos, ellas mismas son un alimento básico por las reservas nutritivas que poseen, pero además, como estructura vegetal encargada de reproducir la especie entre generaciones, están diseñadas para dar lugar a nuevas plantas con una economía de medios y una resistencia a las condiciones adversas admirables (Roselló y Soriano, 2008).

Sin embargo con la evolución de los sistemas agrarios este elemento de la producción, tan importante como el suelo, el agua o el aire, se ha convertido en un insumo más. Alrededor de las humildes semillas hay todo un cúmulo de intereses que han llevado a la situación actual, en la que los agricultores casi han perdido su capacidad de producir, guardar y sembrar sus propias semillas (Roselló y Soriano, 2008).

El objetivo es entregar a los productores líderes los conocimientos necesarios para que a través de un proceso de difusión aprendan a producir y conservar de manera rápida y sencilla las semillas que cultivan en sus huertas. Se espera proporcionar conocimientos a los pequeños agricultores familiares técnicas de producción artesanal de semillas, y de esta forma instruirlos para cosechar las mismas e incentivarlos a trabajar en sus huertas, así como conseguir una mejor alimentación.

Al producir nuestras propias semillas visualizamos como será el huerto del próximo año en nuestro huerto actual. Esto agrega una nueva dimensión de creatividad, un nuevo nivel de integración a nuestra experiencia como horticultores. La autosuficiencia es otro motivo común para los horticultores. Desde esta perspectiva, el producir semillas es una habilidad indispensable para sobrevivir. Las semillas son el principio y el fin, (el primer y el último paso) para nuestro ciclo de independencia (Donelan, 2009).

Nuestros huertos y en general la salud de nuestro sistema alimentario, no se están beneficiando por la economía capitalista. La pérdida genética de los cultivos de los alimentos más importantes a nivel mundial, la disponibilidad cada vez más reducida de variedades de plantas para huertos familiares, la centralización cada vez más fuerte de la distribución de semillas, así como la pérdida casi total de las habilidades de guardar semillas entre los agricultores de cualquier escala, nos ha colocado en una posición muy vulnerable (Donelan, 2009).

¿Por qué producir su propia semilla?

Según Donelan (2009) las razones y las recompensas de cultivar su propia semilla son las mismas que nos motivan a iniciar y continuar sembrando. A través del huerto participamos con la creatividad de la naturaleza. La horticultura es un arte creativo. Al producir nuestras propias semillas visualizamos como será el huerto del próximo año en nuestro huerto actual. Esto agrega una nueva dimensión de creatividad, un nuevo nivel de integración a nuestra experiencia como horticultores. La autosuficiencia es otro motivo común para los horticultores. Desde esta perspectiva, el producir semillas es una habilidad insispensable para sobrevivir. Las semillas son el principio y el fin,-el primer y el último paso-para nuestro ciclo de independencia. Las razones más importantes son:

Vulnerabilidad

Si usted no produce su propia semilla, ¿quién lo hace?. En los últimos años hemos observado la apropiación en gran escala de la producción y el comercio de semillas por parte de grandes corporaciones transnacionales (la mayoría de ellas participan también en los negocios de petroquímicos y farmacéuticos).

Nuestros huertos y en general la salud de nuestro sistema alimentario, no se están beneficiando por la economía capitalista. La pérdida genética de los cultivos de los alimentos más importantes a nivel mundial, la disponibilidad cada vez más reducida de variedades de hortalizas para huertos familiares, la centralización cada vez más fuert de la distribución de semillas, así como la pérdida casi total de las habilidades

De guardar semillas entre los agricultores de cualquier escala, nos ha colocado en una posición muy vulnerable.

Erosión Genética:

Se estima que la India cultivó alguna vez unas treinta mil variedades de arroz.

El Instituto Indio de Investigación Agrícola predice que el número se reducirá a no más de cincuenta variedades en los próximos quince años.

-Más del 70% de la diversidad del trigo en algunas partes del Medio Oriente (el centro de origen de la diversidad de este cultivo) ha sido reemplazado por un puñado de variedades generadas por la "Revolución Verde".

-De las aproximadamente siete mil variedades conocidas de manzana que se cultivaban anteriormente en los Estados Unidos, unas cuatro mil han sido perdidas.

-En los Estados Unidos, dos variedades de chícharos acaparan el 96% de la superficie en producción destinada a este cultivo, seis variedades de maíz ocupan el 71% de la superficie, cuatro variedades de papas ocupan el 72%, y dos variedades de fríjol ocupan el 60% de la superficie de siembra destinada a dicho cultivo.

-Nunca se sabrá cuántas variedades se han perdido en los trópicos, al desplazar cultivos tradicionales por cultivos comerciales para la exportación.

Pérdida de Variedades Vegetales

En los Estados Unidos se pierde cada año el 5% de todas las variedades hortícolas de polinización abierta.

Ha desaparecido el 80% de las variedades vegetales que existían en los Estados Unidos en 1902.

Las variedades de polinización abierta tienen una baja prioridad en la producción de la mayoría de las grandes compañías de semillas. Muchas de estas variedades no están siendo reproducidas ó, debido a un control inadecuado, su calidad se está deteriorando.

La legislación reciente ha convertido a 547 variedades tradicionales de vegetales a ser "ilegales" en muchos países Europeos.

Hay predicciones de que el 75% de las variedades vegetales en Europa se extinguirán a finales de esta década.

Centralización:

Desde 1970, el 60% de las compañías de semillas de los Estados Unidos han ido adquiridas por otras compañías (dichas adquisiciones representan mucho más del 60% de las ventas de semillas).

En Holanda, tres empresas controlan el 95% del comercio de semillas.

Diez grandes corporaciones controlan un tercio de todas las variedadescomerciales de cereales.

Se estima que el 92% del germoplasma almacenado en el mundo es monopolizado por los países industrializados del norte, sin embargo, el 70% de la diversidad de plantas que existen de manera natural se localizan en la mayoría de los países del Tercer Mundo. -La mayoría de las semillas que se venden en el mundo se cultivan en un puñado de áreas geográficamente aisladas. Por ejemplo, casi todo el abasto mundial de semillas de repollo, espinaca, y betabel se cultiva en un solo valle en el Noreste de los Estados Unidos.

Izquierdo *et al* (2011) mencionan que algunas ventajas que se obtienen al tener una huerta son:

•Obtener diversas hortalizas (preferentemente de los cincos colores recomendados) que hagan más completa y nutritiva la alimentación.

•Ahorro familiar, al obtener hortalizas a un menor costo que el precio

ofertado en el mercado.

•Producción continua durante todo el año, acorde a la economía familiar.

•Productos inocuos, de gran calidad y producidos gracias al trabajo grupal de los miembros de la familia.

Para que la huerta pueda ofrecer beneficios a lo largo y por muchos años, es necesario trabajar continuamente en ella en labores como: Preparación del suelo; siembra, riego, abonado y desmalezado, entre otras actividades. Así como el trabajo es constante durante todo el año, los cultivos que se espera tener establecidos en ella también 1o son, por esto es necesario contar siempre con semillas, de este modo una vez que se cosechen las hortalizas y frutas, se pueda sembrar inmediatamente más de

éstas en un nuevo ciclo.

¿Qué se debe tener en cuenta al momento de producir semillas?

Dado que no todas las especies producen la misma cantidad de semillas e incluso existen diferencias entre variedades de una misma especie. Debido a lo anterior se aconseja dejar florecer y/o fructificar un grupo de plantas de cada especie que esté cultivando para saber cuántas semillas produce aproximadamente por fruto y por planta, de esta forma será más fácil en el futuro saber cuántas plantas necesitará destinar para la producción de semilla. Si desea producir semillas de más de una variedad por especie intente no hacerlo al mismo tiempo, ya que de esta forma no será necesario aislar las plantas (para que no exista cruzamiento de especies que presenten polinización cruzada). En el caso que quiera tener más de una variedad por especie a la vez (Izquierdo *et al*, 2011).

Selección de la Variedad

Donelan (2009), asegura que el primer paso en la selección es encontrar una variedad que se adapte a su localidad y condiciones de cultivo. Esto puede requerir algo de exploración. Investigue entre los viejos agricultores de su área, a ellos les encanta compartir sus semillas favoritas. Es probable que

muchos agricultores conozcan o posean semillas únicas que quizás se pierdan si no tomamos la responsabilidad de encontrarlas y preservarlas.

También podemos desarrollar variedades adaptadas a nuestro huerto y a nuestros gustos, a través de una cuidadosa selección de las plantas "padres" (o progenitoras). La selección debería comenzar cuando las plantas son aún jóvenes, observando toda la planta. Mantenga los ojos bien abiertos para detectar plantas excepcionales. Muchas nuevas variedades han surgido casualmente en el huerto de un horticultor perceptivo. Los individuos de cada variedad que consideres "normales", "típicos" y "saludables" son las mejores selecciones para empezar; sin embargo, también puede ser valioso guardar lo inusual con fines de experimentar.

Los individuos anormales, no saludables y poco vigorosos deben ser quitados antes de su floración con el fin de no permitírles contribuir con la nueva generación de semilla. Esta selección es especialmente importante para el horticultor en pequeña escala, ya que los rasgos indeseables de los progenitores pueden amplificarse en la siguiente generación.

Algunas personas creen que los híbridos son menos nutritivos, que exigen más recursos del suelo y que son más vulnerables al clima y a los cambios ambientales. Otros creen que el vigor adicional, la uniformidad y el alto rendimiento de los híbridos modernos, son esenciales para alimentar a un mundo hambriento y para tener resultados predecibles en su huerto. La ventaja indiscutible de las variedades no híbridas es que reproducen bien a las plantas madre como una especie verdadera capaz de procrear una generación similar.

Manejo de Cultivos para la Producción de Semilla

Como lo mencionan Izquierdo *et al* (2011), Los cuidados que se entreguen al cultivo, influirán directamente en la calidad del producto final, es decir, las semillas. Los factores que deben ser considerados son:

•El suelo

El suelo es de gran importancia en la producción de semillas ya que corresponde al medio físico donde se asientan las plantas. Así como también es el sistema del que las raíces de las plantas absorben el agua y elementos minerales para su desarrollo. Algunas de las características del suelo que deben ser consideradas son:

-Textura: Es la propiedad física del suelo que se refiere al tamaño de las partículas que lo constituyen. Según lo anterior, existirían suelos de tipo arenoso, limoso y arcilloso; así como todas las combinaciones existentes entre ellos.

-Estructura: Es la propiedad física que se refiere al modo en que se agrupan las partículas del suelo. Estas asociaciones de las partículas pueden formar agregados, terrones. De la estructura depende la cantidad y tamaño de los poros que se forman en el suelo y con esto el volumen aire que se encuentra en ellos.

Preparación del terreno

Es necesario realizar un buen trabajo del suelo previo al establecimiento del cultivo. Y se recomienda aprovechar esta instancia para incorporar materia orgánica para mejorar las condiciones del suelo. Cerciórese de retirar las piedras y restos de malezas presentes en el lugar. Algunos de los elementos que debe tener un buen suelo para la producción de hortalizas corresponden a:

-Debe estar bien mullido y profundo de acuerdo al tamaño que alcanzan las raíces

-Debe tener consistencia media y no excesivamente compacta.

-Con buena capacidad de retención humedad y excelente drenaje y buena aireación

-Rico en nutrientes, tanto en materia orgánica (3-5%) como en minerales.

-Es necesario nivelar el suelo, eliminar piedras y garantizar el buen drenaje realizando las obras

-Eliminar la vegetación no deseada presente (malezas).

-En suelos pesados y arcillosos, un aporte de arena de río o gravilla ligera mejorará el dreanaje y la aereación

-En suelos ligeros y arenosos se aconseja un gran aporte de materia orgánica mediante guano, abono verde o compost y turba.

Época de plantación:

La época de siembra o de plantación debe corresponder a la que mejor se adecue la variedad, con el objeto de lograr el mejor desarrollo de las plantas y así optar al rendimiento potencial del cultivo. Para cultivos anuales cuya parte comestible sean los frutos de los mismos (tomates, entre otros), la época de siembra coincide con la época de producción para consumo.

Para cultivos bienales cuya parte comestible no son frutos sino bulbos o raíces (cebolla, zanahoria), se pueden realizar 2 esquemas de producción: El método semilla a semilla, donde la época de siembra debe ser realizada a fines de verano para que las plantas alcancen cierto crecimiento antes de que llegue el invierno. Y el método semilla-bulbo-semilla que coincide con las épocas de siembra para consumo.

Densidad de plantación:

Dependerá del sistema de cultivo. Para asegurar una buena semilla se aconseja trabajar con la densidad óptima de la especie con el objeto de mantener una buena relación entre la cantidad o rendimiento y la calidad de la semilla cosechada.

Se debe procurar concentrar la maduración favoreciendo la cosecha, disminuir la aparición de malezas, facilitar la elección de las plantas que cumplan con los requisitos necesarios y así favorecer las labores de control de plagas y enfermedades.

Nutrición de las plantas:

La nutrición de las plantas de la huerta es siempre importante, pero esto adquiere aun mayor importancia cuando se trata de plantas que están destinadas a producir las semillas para cultivar hortalizas y frutas en la huerta. Recuerde que la calidad de la semilla que se puede obtener está muy relacionada con el cuidado que se le da a la planta que la produce.

La fertilización depende principalmente del tipo de suelo, así como también de la zona y la especie. Se recomienda hacer ensayos dentro de cada área de producción para obtener mayor información de las condiciones específicas de cada lugar y de esta manera que las aplicaciones sean más eficientes. El manejo de los residuos de la cosecha previa comprende la incorporación de los rastrojos vegetales libres de plagas o enfermedades, con suficiente anterioridad para asegurar su descomposición.

Hay nutrientes que juegan un rol muy importante durante todo el período de desarrollo de las plantas, los cuales son requeridos en altas cantidades y que Reciben el nombre de macronutrientes. Este es el caso del nitrógeno, fósforo y potasio.

Condiciones climáticas:

Puede influir tanto en el rendimiento como en la calidad. Para la producción de semilla, si bien es posible realizarla en cualquier sitio, se recomiendan terrenos en zonas de clima seco, preferentemente sin lluvias ni vientos fuertes en periodo de cosecha. La humedad relativa baja genera rendimientos altos y mejor calidad de la semilla.

Selección de plantas:

A la cosecha se deben elegir sólo aquellas plantas que poseen las características propias de la variedad que se pretende multiplicar con excelentes condiciones sanitarias. Para ello se deben eliminar aquellas plantas que están fuera del tipo o presenten sintomatología de problemas fitosanitarios que puedan ser transmitidos a través de la semilla. El momento más apropiado para realizar esta selección dependerá principalmente de la especie, pero en general se usa como criterio el momento en que son fácilmente identificables las anomalías. En hortalizas de fruto por lo general se realiza en el periodo de floración, cuaje de los frutos y maduración de estos. En las hortalizas de hoja, en el momento de madurez comercial y en aquellas en que la estructura de valor comercial corresponde a órganos subterráneos (cebolla, zanahoria, rábano) la selección se realiza en el periodo de poscosecha.

Riego:

En suelos con características arenosas se recomienda realizar riegos frecuentes con poca agua. Por el contrario, en suelos arcillosos se deben hacer riegos menos frecuentes pero con más agua. Los sistemas de riego más apropiados son por surco y por goteo, el sistema de aspersión no es una muy buena opción por que genera condiciones de humedad permanente que favorecen la aparición de enfermedades causadas por hongos y bacterias.

Una vez sembradas las semillas, se debe dar un riego con una regadera o ducha de agujero fino dando un ligero movimiento para que no se produzcan desplazamientos de las semillas. Los riegos deben ser frecuentes y con poca cantidad de agua impidiendo que por cualquier causa se seque el sustrato ya que se interrumpiría el proceso de germinación, siendo inútil el trabajo realizado.

La frecuencia de los riegos también debe ser relacionada con las condiciones climáticas que imperan en el momento en que se está desarrollando el cultivo. Condiciones de alta temperatura y baja humedad conllevan a regar más seguido por la mayor evapotranspiración que existe en ese instante.

Otro aspecto, es la demanda de agua por parte del cultivo, para lo que se debe considerar la especie y el estado fenológico del cultivo. Esto significa que entre más pequeña sea la planta, menos agua demandaría mientras que lo inverso sucederá al presentar un mayor desarrollo el cultivo.

Hacia la floración y fructificación de las plantas, se necesitará de una mayor disponibilidad de agua en el suelo, por lo que no puede existir un estrés hídrico bajo ningún punto de vista.

Control de malezas:

Este punto merece especial consideración debido a que las malezas pueden afectar directamente o indirectamente sobre la producción de semilla de los cultivos.

El daño directo corresponde a la disminución de rendimiento debido a la competencia que se genera entre las plantas destinadas a semilla y las malezas por los recursos (agua, luz, nutrientes) que se encuentran disponibles

para un buen desarrollo de las hortalizas. Muchos de los cultivos no pueden competir en etapas iniciales, por lo que de recomienda antes de la siembra trasplante eliminar fondo las malezas.

El daño indirecto se produce al mezclarse las semillas del cultivo y de las malezas lo que obliga a una limpieza y separación. Las especies más susceptibles a esta contaminación son las semillas pequeñas como es el caso de lechuga, zanahoria, cebolla, repollo, rábano y cilantro. Esta complicación se agrava si el peso, forma y diámetro de la semilla de la maleza es muy semejante a la del cultivo.

Protección -Aislamiento

Donelan (2009), menciona que para producir semillas de una variedad en particular, debe asegurarse que el intercambio de polen ocurra solamente entre individuos de esa variedad. La polinización se puede controlar aislando a estas plantas a una distancia adecuada de otras con las que podrían cruzarse (variedades diferentes de la misma especie). Esta columna indica en metros la distancia mínima recomendada para este aislamiento. Usted puede aumentarla o disminuirla, dependiendo del nivel de pureza que quiera alcanzar. La distancia adecuada depende de la variedad en particular y del medio ambiente.

Otra variable importante es el tamaño del área destinada al cultivo de las semillas. Mientras más grande sea el área de las plantas en floración, aumenta la posibilidad de que las plantas se crucen con otro grupo de plantas. En otras palabras, mientras más grande sea el área de producción de semillas, mayor debe ser la distancia de aislamiento.

En general, los insectos no son muy efectivos en la polinización de plantas aisladas a más de 600 metros. El viento puede acarrear el polen de algunas especies a cientos de kilómetros, haciendo casi imposible el aislamiento absoluto. La mezcla mecánica y otros factores desconocidos pueden provocar que aún las especies que se autopolinizan se crucen, por lo que -por seguridad- se sugiere una cierta distancia de aislamiento en todos los cultivos.

Algunos cultivos que consideramos como cultivos distintos, en realidad son genéticamente de la misma especie y casi inevitablemente se cruzarán. Como ejemplo de ello, tenemos los siguientes:

- Beta bel-Acelga
- Melón-Pepino Persa
- Entre otros.

Hay plantas silvestres que algunas veces se cruzan con los cultivos de nuestros huertos. Las variedades salvajes de la zanahoria, del rábano, de la mostaza, del nabo, del girasol y de la lechuga son los ejemplos más comunes. En otras áreas, especialmente en los trópicos, el problema es aún mayor, por ejemplo el quelite con el amaranto, que son de la misma familia y casi de la misma especie.

Algunas de las distancias de aislamiento recomendadas quizá sean imposibles en su pequeño huerto. Una alternativa para la distancia es la separación en el tiempo. Usted puede rotar las variedades cultivadas para semilla en diferentes épocas o en años alternados. También existen los medios mecánicos de aislamiento, por ejemplo, la polinización manual y el embolsado.

Principios Básicos para el Manejo de las Semillas

Una vez que se han reconocido los principios básicos para la producción de semillas hortícolas , es necesario mencionar los principios para el manejo de las semillas que ya ha sido cosechada. Este manejo está relacionado con la cosecha, el secado, el control de plagas y enfermedades, la limpieza, el etiquetado y el almacenamiento.

Cosecha de semillas:

No existen parámetros que unifiquen la cosecha de semilla para todas las especies, esta labor es característica de cada una de ellas, tanto la fecha de cosecha como el método de extracción está íntimamente relacionada con la estructura u órgano que contiene a las semillas.

La mejor manera de realizar esta labor en la huerta es hacerlo manualmente, teniendo cuidado de no provocar daño a las semillas. Si el trabajo es prolijamente se pueden reducir las pérdidas del material, el único inconveniente radica en los volúmenes de producción, ya que este sistema sólo es aplicable si la cantidad de semilla con la que se está trabajando es pequeña por la necesidad de mano de obra que ejecute esta labor.

La maduración de la semilla se acelera cuando hay condiciones de: bajo contenido de agua en el suelo, altas temperaturas y baja humedad relativa.

Durante el periodo de cosecha es esencial controlar la caída de las semillas al suelo produce pérdidas siendo difícil de controlar. Si se cosechan las semillas anticipadamente, esto provocará un efecto negativo en la calidad.

Por el contrario, si se cosechan muy tarde un gran número de ellas se habrán desprendido del órgano que las sostiene.

En especies de fruto seco, la cosecha debe realizarse en las primeras horas de la mañana ya que el rocío disminuye la caída de semillas.

Los frutos carnosos presentan como índice de cosecha el aspecto exterior (coloración, secado, entre otros). La cosecha de realiza manualmente por lo general.

El caso del melón y el pimiento sus semillas continúan madurando si no son retiradas del interior del fruto. Una vez extraídas las semillas de los respectivos órganos, éstas entrarán a un proceso de secado, limpieza, rotulado y almacenamiento.

Recomendaciones:

Lo primero es conocer la planta, saber qué tipo de órganos (frutos, vainas e inflorescencias) contiene a la semilla y así planificar de qué forma y en qué época es conveniente cosechar.

Ej: Hay especies que producen la semilla al interior del fruto que se consume (melón), hay otras que producen frutos que no se consumen pero que contienen las semillas (berro), otras plantas producen las semillas

En inflorescencias como las umbelas al madurar(zanahoria).

Confirmar que la semilla se encuentre madura, cosechar la semilla en el momento oportuno incide directamente en la calidad de la misma. Se asegura que la semilla haya engrosado y endurecido la cubierta que la protege, así como también se asegurará qu haya acumulado la cantidad necesaria de nutrientes para alimentar al embrión al momento de la germinación.

Hay distintas formas de determinar el grado de madurez: contenido de azúcar, grado de acidez, color, consistencia etc. Por lo general se utiliza como índice de cosecha: El contenido de humedad, aspecto visual que presenta el cultivo y particularmente el del fruto que contiene la semilla. Para evitar errores se aconseja tomar una muestra del órgano que contiene las semillas y a través de un corte revisar el grado de madurez en el que se encuentran.

Secado de semillas:

Es importante secar las semillas inmediatamente éstas han sido extraídas del órgano que las contiene, generalmente previo a esto se realiza también algún tratamiento.

Las semillas necesitan ser curadas, esto quiere decir, que deben ser secadas hasta que alcanzan un nivel óptimo de humedad cuidando no provocar daño en el poder germinativo.

Si se almacenan semillas con un nivel alto de humedad y las condiciones de temperaturas son óptimas, es muy probable que germinen o pierdan su poder germinativo.

Cuando se realiza una buena labor de secado se pueden conservar semillas por muchos años. Si se trata de pequeñas cantidades de semillas, se pueden secar eficaz y rápidamente a la sombra o bajo techo, pero en el caso de grandes cantidades se recurre al secado artificial.

Factores a considerar al secar las semillas

El tamaño de la semilla: Influirá en el tipo y tiempo de secado. En semillas de gran tamaño o que posean un nivel alto de humedad se recomienda prolongar el secado de la semilla por más tiempo para asegurar así, un óptimo nivel de humedad. Las semillas de hortalizas por lo general se secan sobre un trozo de plástico a la sombra.

El tiempo de secado depende: Del nivel de humedad que posea la semilla. La velocidad de secado. (dada por el tipo de secado) El% de humedad requerido.

Sistemas de secado

El secado de las semillas puede realizarse con el aire a temperatura ambiente o caliente, esta elección dependerá en gran medida de la cantidad y tipo de semilla con la que s está trabajando, así como de las condiciones de cada productor:

Secado natural: Corresponde al método más empleado y de menor costo. Consiste en poner a secar las semillas al sol o a la sombra sobre alguna superficie antiadherente. (Ej.: Un trozo de plástico). Este método posee la ventaja de no necesitar de ningún tipo de instrumento o equipo para el secado. Un Inconveniente con este sistema consiste en que no se puede regular el tiempo de secado.

Sistema de secado natural de fácil acceso

Un tipo de secado natural de rápida acción correspondería a la utilización de una habitación previamente calefaccionada con un brasero o estufa. Es necesario calentar la habitación un poco, para que el secado sea más rápido. Deposite las semillas sobre la rejilla y colóquelas adentro de la habitación, se recomienda ponerlas en altura para que el calor rodee las semillas y el secado sea uniforme. Evite las temperaturas muy altas, las semillas podrían dañarse.

Secado artificial: Consiste en someter las semillas a corrientes forzadas y controladas de aire, usando secadores mecánicos.

Recomendaciones:

1. El secado no debe realizarse a velocidad muy elevada ya que la superficie de la semilla se puede dañar. No es recomendable forzar el secado usando utensilios como secadores de pelo o estufas. donde el calor es impulsado de forma directa sobre las semillas. ya que la calidad de éstas se puede ver desfavorecida.
2. Evite realizar el secado por varios días en lugares oscuros y fríos ya que favorecerá el desarrollo de microorganismos. (Ej.: Hongos). El mejor secado se realiza en lugares secos y fríos, por ende solo debe tener precaución con la ventilación del lugar.
3. Evite secar las semillas sobre papel absorbente porque pueden quedar adheridas a este, pudiendo provocar daños a la cubierta de la semilla y así disminuir la germinación. Utilice materiales antiadherentes o deposite las semillas sobre superficies plásticas cuidando voltearlas de vez en cuando para evitar que se adhieran al material o entre ellas.
4. Las semillas se deben extender en capas delgadas, para que el aire penetre bien entre ellas. No haga capas de semillas ya que al estar húmedas tenderán a pegarse entre ellas, provocando pérdidas.
5. Se recomienda voltearlas de vez en cuando, esto mejorará la aireación, Disminuirá la incidencia de hongos y el secado será más uniforme.

Sanidad de las semillas:

Uno de los aspectos fundamentales de la producción de semillas, corresponde a la obtención de material de propagación sano, debido a que las semillas son también medios eficientes en la dispersión de enfermedades. Si bien una semilla puede a simple vista lucir sana, esto no significa que no esté infectada con algún agente patógeno, el cual puede desarrollarse posteriormente en alguna de las fases del cultivo, causando un deterioro en el rendimiento.

Por lo anterior, se debe tener las precauciones necesarias durante la producción propiamente tal, utilizando material madre de óptimas condiciones sanitarias y resguardando al máximo las condiciones de manipulación de las semillas una vez cosechada.

Las semillas pueden ser portadoras de un patógeno, debido a que en alguna etapa del desarrollo del cultivo, la planta contrajo al agente patógeno, quedando alojado finalmente en la semilla como medio de propagación de la enfermedad, lo que recibe el nombre de infección. En cambio, existe otra forma de adquirir el patógeno denominada infestación, en la cual el agente se adhiere a la semilla durante la cosecha o en su manipulación posterior con el acondicionamiento y almacenaje o por contaminación cruzada entre semillas enfermas y sanas.

Tratamiento de las semillas:

En el caso de los tratamientos para semilla, se pueden encontrar de tipo:

Mecánico: Uno de los tratamientos mecánicos más usados corresponde a la eliminación de restos de plantas o material que podría estar contaminado, así como también, una adecuada selección de semillas eliminando aquellas que estén manchadas, deformes o presenten una apariencia extraña.

Físico: En este grupo entran tratamientos del tipo térmicos y radiaciones. Las temperaturas altas constituyen uno de los métodos más antiguos en el control de enfermedades en semillas, ya que muchos microorganismos son destruidos. Para el tratamiento de termoterapia se puede usar agua caliente o aire caliente, entre otros. Si tiene la intención de utilizar alguno de éstos métodos preste gran atención a su ejecución ya que podría causar problemas de ablandamiento, problemas de germinación, pérdida de cutícula y adherencia de semillas.

Químico: Los productos más usados y de mayor efectividad para la mayoría de las enfermedades corresponde a los fungicidas ya que pueden destruir o inhibir patógenos internos o contaminantes, entregando a su vez una zona de protección alrededor de la semilla. En el momento de la elección de productos químicos debe considerar: Productos que sean efectivos en diferentes condiciones, no deben ser fitotóxicos, deben ser seguros para el aplicador y las personas que estén en contacto con él; que su efecto no involucre dejar residuos peligrosos en el suelo y las plantas y ser de bajo costo.

Biológico: Este control es un poco más complejo que los anteriores, ya que radica en la utilización de otros microorganismos que presentan características antagónicas contra los patógenos, consiguiendo un control permanente de la enfermedad.

¿Cómo se pueden tratar las semillas que se producen?

Uno de los métodos fáciles y económicos que los mismos productores pueden realizar, corresponde a una inmersión en cloro, para lo cual se necesitan los siguientes materiales:

- Un recipiente (jarro o balde)
- Cloro
- Agua
- Colador
- Semillas

Para obtener un buen resultado con este tratamiento, los productores deben seguir las siguientes instrucciones:

1. En un recipiente vierta un litro de agua limpia, añada 100ml de cloro y revuelva.
2. Una vez que las semillas se encuentren limpias de impurezas introdúzcalas en esta mezcla.
3. Déjelas en este recipiente por15 minutos.
4. Una vez transcurrido el tiempo vierta toda la mezcla sobre un colador para recolectar las semillas.
5. Una vez en el colador, debe enjuagarlas con abundante agua. No deben quedar residuos de cloro en las semillas ya que podrían provocar daños en la germinación.
6. Luego séquelas bien, dejándolas lo más extendidas posible sobre una superfici absorbente.

Limpieza de las semillas:

Este procedimiento tiene como objetivo separar la semilla de todas las impurezas que pudiesen traer como restos de plantas, semillas de otras especies (incluidas malezas o mala hierba) u otros.

Dependiendo del órgano que sostiene las semillas, se escogerá el método de limpieza de las mismas, aunque siempre el fin es el mismo, lograr una limpieza eficiente, lo que significa lograr la mayor capacidad de separación y la menor pérdida de semilla para lo cual el productor no debe pensar que para obtener semillas limpias necesita de grandes y costosos equipos. Es más fácil de lo que se cree, solo necesita de trabajo e ingenio.

La limpieza de las semillas se fundamenta en la separación del material a partir de las diferencias entre las propiedades físicas que poseen las semillas y las impurezas que se encuentren.

Los procesos de limpieza de semilla, pueden basarse en una separación por peso o por diámetro que tengan según el tipo de semillas que se esté produciendo.

Separación por peso

Algunas semillas poseen apariencia muy similar a los elementos contaminantes, sin embargo se pueden diferenciar en el peso que poseen, lo que permitirá utilizar algunos sistemas como el "Aventado", donde las semillas o impurezas más livianas serán separadas mediante corrientes de viento que aquellas más pesadas. Para esto los productores debenconsiderar los siguientes aspectos:

- Necesita de un lugar al aire libre, donde exista corriente de aire.
- Coloque en el piso un trozo de plástico que recibirá la semilla.
- Tome la mezcla de semillas con restos de la planta y sobre el trozo plástico arrójela al aire.
- Notará que parte del material, el de menor peso, se desplazará fuera del plástico por acción del viento.
- Realice esta acción hasta que la semilla se encuentre limpia de impurezas.

Separación por diámetro

El método basado en el diámetro corresponde al sistema más usado, ya que el ancho y el espesor corresponden a la diferencia más común entre las semillas y las impurezas. En este tipo de limpieza, uno de los métodos más utilizados corresponde al denominado:

Cribado: Para esto el uso de tamices o cribas de distintos tamaños permiten la separación de material por diferencias de diámetro. Las cribas se clasifican según el trabajo que desempeñan en desbrozadoras y clasificadoras. Las primeras son aquellas superficies que poseen orificios de mayor diámetro que la semilla, quedando retenidas todas aquellas impurezas que sean de mayor tamaño. En cambio las clasificadoras poseen orificios menores al diámetro de la semilla, de modo que seleccionan la semilla dejando pasar todas aquellas impurezas que sean de menor tamaño.

Etiquetado de las semillas:

Es necesario mantener un registro de las semillas producidas, debido a que algunas de ellas se parecen entre sí y podría ocurrir confusión a la hora de seleccionarlas al momento se sembrarlas. Una vez que las semillas estén limpias y separadas en distintos contenedores, se recomienda hacer etiquetas que contengan los siguientes datos:

- Nombre de la hortaliza
- Variedad
- Temporada

- Año se cosecha
- Fecha de vencimiento.

Almacenamiento de semillas:

Una vez que la semilla ha sido cosechada, limpiada y etiquetada, lo más probable es que no corresponda a la época en la que será utilizada (época de siembra), es por eso que debe ser almacenada en las mejores condiciones posibles hasta el momento oportuno.

El almacenamiento puede ser por periodos cortos o prolongados, eso dependerá de la especie y los requerimientos del productor. Si su intención es almacenarla por un periodo largo de tiempo, seleccione los lotes de semillas que posean la mejor calidad.

Se debe mantener a las semillas en estado latente con objeto de preservar su viabilidad, esto quiere decir, que las semillas sigan germinando a pesar de ser guardadas por tiempos prolongados.

Las semillas que posean altos niveles de humedad y sean conservadas a altas temperaturas, perderán su capacidad para germinar rápidamente.

Un ambiente frío, seco y limpio corresponden a las mejores condiciones para almacenar semillas.

Si consigue reducir un punto la humedad del ambiente o reducir en 5 ºC la temperatura, duplicará el potencial de almacenamiento de las semillas.

Algunas razones para almacenar semillas

1. Mantiene viable las semillas desde su cosecha hasta el momento de la siembra.
2. De esta forma no es necesario producir semilla todos los años.
3. Protege las semillas de ataques de insectos, plagas (roedores) y enfermedades.
4. Tener reservas de semillas en caso de imprevistos.
5. Permite prescindir de los costos que significa comprar semillas todos los años.
6. Guardar semillas de variedades locales que no es posible adquirir a través de la compra en el mercado.
7. Están menos expuesta al ataque de hongos e insectos que las semillas que estén Rotas o no hayan sido adecuadas correctamente.

REFERENCIAS

Donelan, P. 2009. "Cultivo de semillas". Mini serie de autoenseñanza #13. Ecology Action. Estados Unidos. 61 pp.

Izquierdo J.; Granados S.; Cornejo A.; Battaglia M.; Miranda M. 2011. "Manual técnico. "Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar". FAO. Santiago de Chile, Chile. 100 pp.

Gaur A, Adholeya A and Mukerji KG (1998) A comparison of AM fungi inoculants s using Capsicum and Polianthes in marginal soil amended with organic matter. Mycorrhiza 7: 307–312.

García–Gómez, A.; Bernal, M. P. 2005. The feasibility of olive husk co–composting with cotton waste. pp. 277–280. In: BERNAL, M.P., MORAL, R., CLEMENTE R., PAREDES, C. (Eds.). Sustainable Organic Waste Management for Environmental Pollution and Food Safety, Vol. 2. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura–Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia, España.

García–Hernández, J. L.; Orona–Castillo, I.; Preciado–Rangel, P.; Flores–Hernández, A.; Murillo–Amador, B.; Troyo–Diéguez, E. 2010. Nutrients Use Efficiency in Legume Crops to Climatic Changes. pp. 193–206. In: SHYAM S.Y. *et al.,* (Eds.). Climatic Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Gélinas P.; Morin, C.; Reid, J. F.; Lachance, P. 2009. Wheat cultivars grown under organic agriculture and the bread making performance of stone–ground whole wheat flour. Int. J. of Food Science and Technology 44: 525–530.

IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Move-ments), 2003. The World of Organic Agriculture—Statistics andFuture Prospects. In: Yussefi, M., Willer, H. (Eds.), DE-Tholey-Theley (www.ifoam.org).

López, A.N. 2005. Producción de Chile Jalapeño Bajo Condiciones de Fertirrigación en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Facultad de Agricultura Y Zootecnia, Universidad Juárez de Estado de Durango. FAZ- UJED. Venecia, Gómez Palacio, Durango. Pp. 70.

Molden, H, D. Murray-Rust, R. Sakthivadivel, I. Makin .2003. A water-productivity framework for understanding and action J.W. Kijne, R. Barker, D. Molden (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement, CABI Publishing and International Water Management Institute, Wallingford, UK/Colombo, Sri Lanka

Murillo–Amador, B.; Flores–Hernández, A.; García–Hernández, J. L.; Valdez–Cepeda, R. D.; Avila–Serrano, N. Y.; Troyo–Diéguez, E.; Ruiz, F. H. 2005. Soil amendment with organic products increases the production of prickly pear cactus as a green vegetable (nopalitos). Journal of the Professional Association for Cactus Development 7: 97–109.

NOM-021-RECNAL: *Diario oficial de la federación*, México, D.F., 2002.

Ortega, B.; Mardonez, R. 2005. Variabilidad Espacial de la Mineralización de Nitrógeno en un Suelo Volcánico de la Provincia de Ñuble, VIII Región, Chile. Agric. Téc. 65: 221–231.

US Department of Agriculture (USDA), 2004. Agricultural Research Service. USDA Nutrient Database for Standard Reference. Retrieved January 25, 2004, from the World Wide Web: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR16/sr16.html.

Roselló, J.I.O. y Soriano, J.J. 2008. "Cómo obtener tus propias semillas. Manual para agricultores ecológicos.". Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca y Red de Semillas. España. 138 pp.

RETOS DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA ANTE LA CRISIS HIDRICA EN LA COMARCA LAGUNERA

M.C. Gerardo Jiménez González[i]

Introducción

La Comarca Lagunera es una importante región agropecuaria ubicada en el norte-centro del país, dentro de la cuenca Nazas-Aguanaval y la ecoregión desierto Chihuahuense, donde la agricultura y ganadería desempeñan un papel clave en la economía regional, cuyas actividades principales se desarrollan a través de la cadena de valor forrajero-lechera-láctea. Sin embargo, este modelo de producción actualmente enfrenta retos que debe resolver debido a que, por un lado, en 2022 se basó en la siembra de 174.4 miles de hectáreas de cultivo (riego y temporal) y en un hato ganadero con un inventario de 528.6 miles de cabezas de bovinos de leche, 225.6 miles de bovinos de carne, 130.1 miles de caprinos, 34.8 millones de aves de carne y 6.6. millones de aves de postura y otras especies, cuyo valor de la producción fue de 57,592.6 millones de pesos (SADER, 2022) y, por el otro, el uso agropecuario demanda alrededor del 90% del agua disponible en una región que padece crisis hídrica en un contexto de cambio climático, cuyos impactos se prevé serán mayores si no se modifica la forma actual en que se gestiona el agua.

El gran reto de este sector productivo es como concilia el crecimiento económico alcanzado a la fecha con el principal desequilibrio ecológico que se enfrenta en la región (el desbalance entre extracción y recarga de agua en el Acuífero Principal), a partir del papel que desempeña como el usuario más importante de este recurso y sus implicaciones en la crisis hídrica regional, por los impactos ambientales y sociales que provoca.

La agricultura y ganadería de la Comarca Lagunera

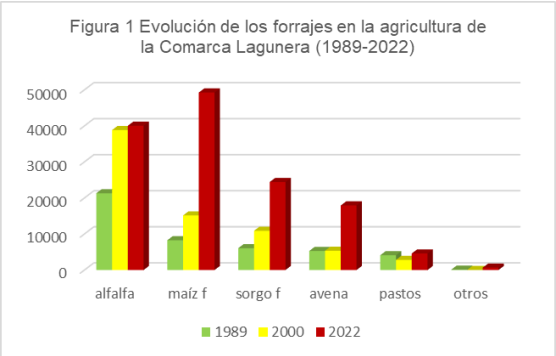
Los orígenes de esta región económica se encuentran en la práctica de una agricultura, centralmente de riego, por las condiciones climáticas de aridez y la disponibilidad de suelos fértiles y escurrimientos superficiales de los ríos Nazas y

Aguanaval. Han pasado dos centurias desde que se empezó a aprovechar el agua en la agricultura, actividad que convirtió a la Comarca Lagunera en una de las más importantes zonas productoras de algodón del país y ahora es su principal cuenca lechera.

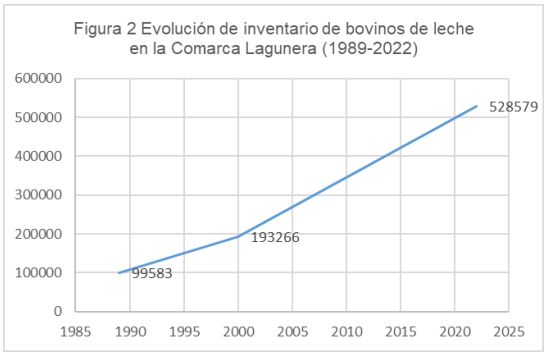
Una primera reflexión es sobre la *especialización productiva* que ha adoptado esta región en las dos etapas señaladas en el párrafo anterior. En el primer caso, destacó por la cantidad, la calidad y los rendimientos de fibra que se producían, pero no pasó de ser productora de materia prima que proveía las pacas de algodón que terminaban en la industria textil de otras partes del país o en el extranjero, fue casi siglo y medio en que el mercado y las políticas públicas le impusieron estas restricciones y, ante sucesivas crisis a fines del siglo XX, el algodonero terminó convirtiéndose en un cultivo marginal en el patrón de cultivos regional cuya rentabilidad dependía de las oscilaciones en los precios internacionales y de los subsidios gubernamentales. Para 2022 se registraron 13,354 ha cosechadas (8.04% del total cosechado).

En el segundo caso, la conversión productiva de la agricultura de la Comarca Lagunera ocurre a mediados del Siglo XX, cuando se presenta la segunda crisis del algodonero por la caída de los precios internacionales de la fibra. El sector empresarial le sustituye por cultivos hortofrutícolas (principalmente melón y nogal) y forrajes, estos últimos para proveer la dieta alimenticia de la ganadería bovino de leche. La producción de forrajes es la rama productiva que prospera en la agricultura regional como cimiento en la formación de una cadena de valor que finaliza en la industria láctea.

En la figura 1 se observa el crecimiento de la superficie de forrajes: de 45,064 ha en 1989 a 73,000 ha en 2000 y 136,899 ha en 2022, representando el 26.18%, 56.61% y 78.48% respectivamente del total de la superficie agrícola cosechada en cada año. (Mazcorro *et al*, 1991; SADER, 2000; 2022).



Paralelamente, también crece el hato ganadero al cual la agricultura provee forrajes para cubrir su dieta alimenticia. En la figura 2 se denota como se multiplica el inventario de bovinos de leche en el mismo período, principal sistema de producción vinculado a la producción de forrajes: en 1989 era de 99,583 cabezas, en 2000 de 193,266 cabezas y en 2022 de 528,579 cabezas. (Mazcorro *et al*, 1991; SADER, 2000; 2022).



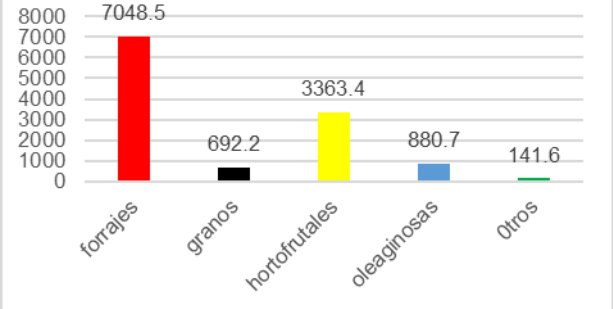
La Comarca Lagunera se convierte en la principal cuenca lechera del país con una producción anual de 2,840.8 millones de litros (7.78 millones de litros de leche diarios), y lugar de asiento de dos importantes corporativos y empresas lácteas cuyo capital se origina localmente (LALA y Chilchota), receptoras de una parte del volumen de producción de leche, mientras que la otra proporción se destina a dos empresas foráneas (Nestlé y Alpura), que tienen en la región socios proveedores de leche.

La especialización productiva presenta ventajas y desventajas. Sobre las primeras, la formación de *clusters* basados en el control de cadenas de valor como este, permite desarrollar economías a escala donde los procesos productivos

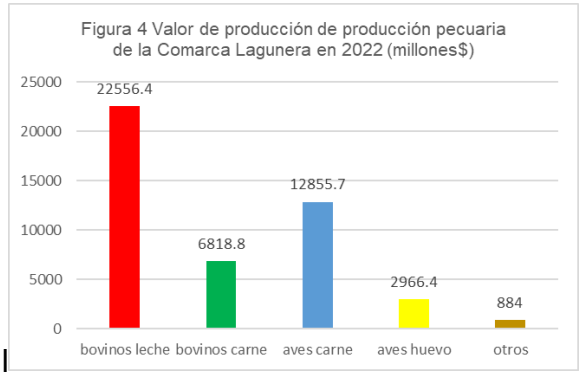
resultan más rentables: en las mismas explotaciones agroganaderas integradas a las empresas y corporativos empresariales de la industria láctea, aseguran la provisión de insumos a menor costo a través de la cadena productiva que parte de la producción de forrajes en los ranchos empresariales o en parcelas ejidales, en este caso los forrajes para la alimentación animal, y la leche bronca que termina en las plantas de derivados lácteos, cadena que en la Comarca Lagunera se expandió favorecida por la última crisis del mercado algodonero de 1990 y la erosión del ejido, que transfiere tierras y agua a las empresas agropecuarias privadas, derivada de la suspensión del crédito rural y otros servicios que le prestaban instituciones gubernamentales. Esta cadena de valor ha logrado una integración vertical y horizontal en la región y su expansión hacia otras partes del país y el extranjero, lo que no sucedió con el cultivo y la industrialización de la fibra de algodón.

También destaca su importancia por su aportación a la economía regional con el valor de la producción. Este indicador en 2022 se mide en $57, 600.8 millones de pesos, donde la agricultura aporta el 19.97% y la ganadería el 80.53% (SADER, 2022). En la figura 3 los datos indican la importancia económica de los forrajes (alfalfa, maíz, sorgo, trigo, avena, pastos) dentro del patrón de cultivos de la Comarca Lagunera, su valor de la producción representa el 61.27% del total, le siguen los cultivos hortofrutícolas (principalmente nogal y melón) con el 29.23%, las oleaginosas (algodón) con el 7.66%, finalizando con los granos y otros sin relevancia económica.

Figura 3 valor de la producción agrícola de la Comarca Lagunera en 2022 (mill/$)



La figura 4 destaca la importancia que tiene la producción de leche de bovinos que representa el 48.95% del valor total de la producción ganadera, seguido de la producción de carne y huevo de aves con el 34.33%, la carne de bovinos con 14.8%, con menor relevancia los bienes que producen los ovicaprinos, porcinos y abejas.



Crisis hídrica de la Comarca Lagunera en el contexto de cambio climático

En el ámbito gubernamental hay resistencia a aceptar la existencia de una crisis hídrica en la Comarca Lagunera, sin embargo, dos indicadores la hacen visible: por un lado, las afectaciones en la salud que vienen sufriendo miles de habitantes de esta región por el fenómeno denominado Hidroarsenicismo Crónico Regional (HACRE), que data de más de medio siglo en que la comunidad académica universitaria lo detectó y ampliamente documentó y, por el otro, el desabasto de agua que también miles de familias están padeciendo durante los últimos años.

Hay otra faceta de la crisis hídrica, la que tiene que ver con las causas que provocan esas expresiones visibles: la sobreexplotación de los acuíferos, ya que el abasto de agua para usos doméstico-urbanos proviene del subsuelo, algo que tampoco forma parte de la narrativa mediática de los gobernantes, aun cuando hay ya una vasta documentación oficial sobre este tema. Lo cierto es que tales indicadores son contundentes, los visibles y los no visibilizados, no es posible esconder u omitir estos hechos, la comunidad académica debe abordar esto último.

La respuesta gubernamental ante la crisis hídrica regional se ha centrado en implementar políticas públicas de mitigación para contener la presión social que surge de sus aspectos visibles: perforación de baterías de pozos donde el agua del subsuelo no tenía altas concentraciones de arsénico y bombearlas para abastecer a las poblaciones que la consumían contaminada, instalar filtros que secuestren el arsénico en llaves domiciliarias o en pozos que bombean agua para uso doméstico-urbano o potabilizar agua del río Nazas para abastecer a la población lagunera.

Son acciones que mitigan temporalmente los efectos y omiten atender las causas, evaden enfrentar la sobreexplotación de los acuíferos. Informes oficiales (IMTA, 1991; 2003; 2008; 2020) y académicos (Ortega, 2003; Chairez, 2005) confirman la sobreexplotación y contaminación que sufre el Acuífero Principal, con abatimientos de 1 a 3 metros anuales en diferentes sitios en los que se realiza un bombeo sin control. Entre estas fuentes se encuentra el último Estudio de Disponibilidad que indica se realiza una extracción de 1,088 hm^3, mientras la recarga es de 534.1 hm^3, se extrae el doble de la oferta natural de agua disponible en el subsuelo, aunado a que también está sobre concesionado con 647.5 hm^3.

Este desbalance hidráulico existe desde 1946 en que entró en operación la presa Lázaro Cárdenas (SARH, 1986; Chairez, 2005), indicando la gravedad de la situación y la necesidad de recuperar este cuerpo de agua dulce subterráneo que actualmente es la fuente más importante de abasto para la economía y la población que reside en la región, aunado a que será principal la reserva de agua que permitirá enfrentar las contingencias ambientales en que se expresará el cambio climático en la Comarca Lagunera.

Al respecto, las proyecciones que se están elaborando indican tendencias en el comportamiento del clima. Estudios académicos señalan que la temperatura aumentó 1.5°C durante los últimos 150 años y de que es posible que a mediados de este siglo el aumento sea de 0.42°C (Sánchez *et al*, 2007); otro autor indica que, con base al estudio de la variabilidad climática, en las ciudades del norte del país se presentará un aumento en la temperatura, afectando principalmente a la

población urbana de las ciudades donde serán más frecuentes e intensas las ondas e islas de calor (Jauregui, 2007).

En el Programa Estatal de Acción contra el Clima de Durango (2012) se fundamentan estas proyecciones y se construyen escenarios tendenciales a corto, mediano y largo plazo, a partir de las variables climáticas de Temperatura Máxima (Tmax) y Precipitación (Pp). En este programa se proyecta el comportamiento de Tmax en el escenario a corto plazo (2010-2040), mediano plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100), con respecto al comportamiento histórico, como se observa en las figuras 5, 6, 7 y 8.

Figura 5 Histórico de Tmax en el estado de Durango (1960-2000)

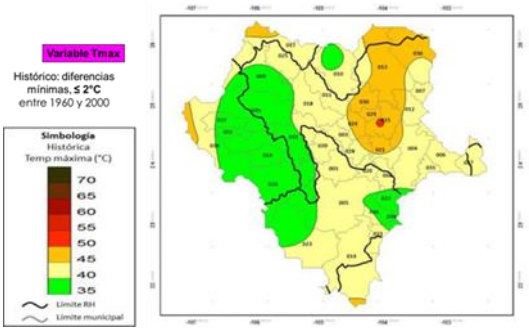


Figura 6 Escenario a corto plazo de Tmax en el estado de Durango (2010-2040)

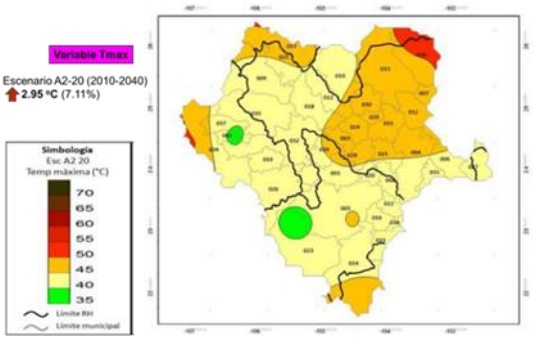


Figura 7 Escenario de Tmax a mediano plazo en el estado de Durango (1940-2070)

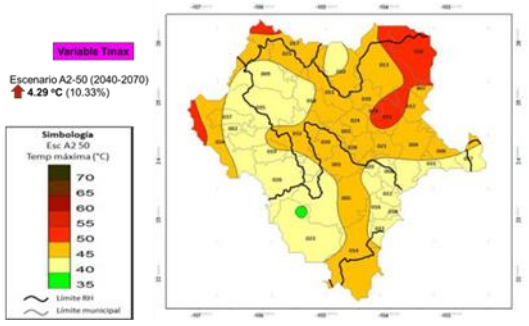
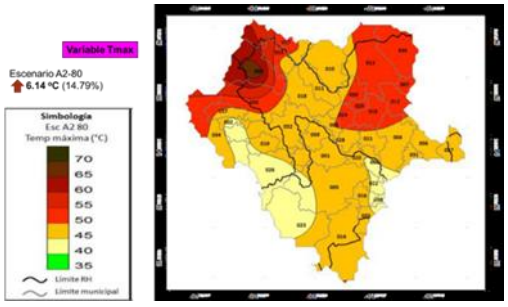


Figura 8 Escenario a corto de Tmax a largo plazo en el estado de Durango (2070-2100)



De igual forma, en las figuras 9, 10, 11 y 12, se observa el comportamiento proyectado para Pp, cuya tendencia es inversa a Tmax.

Figura 9 Histórico de Pp en el estado de Durango (1960-2000)

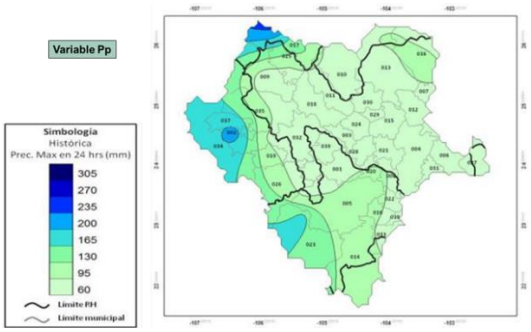


Figura 10 Escenario a corto plazo de Pp en el estado de Durango (2010-2040)

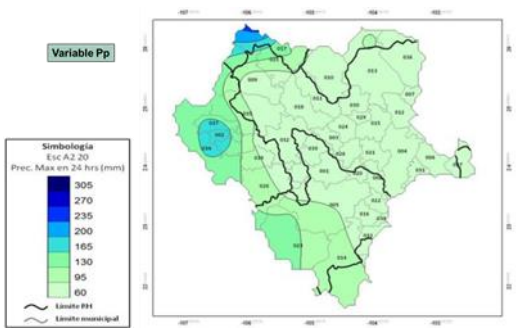


Figura 7 Escenario de Tmax a mediano plazo en el estado de Durango (1940-2070)

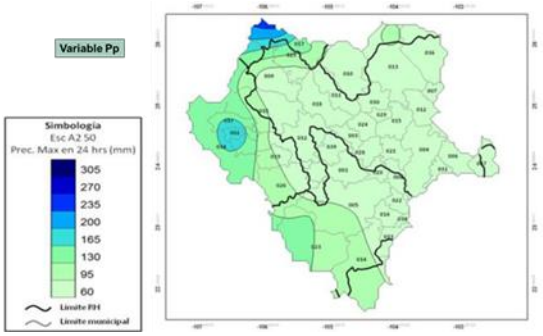
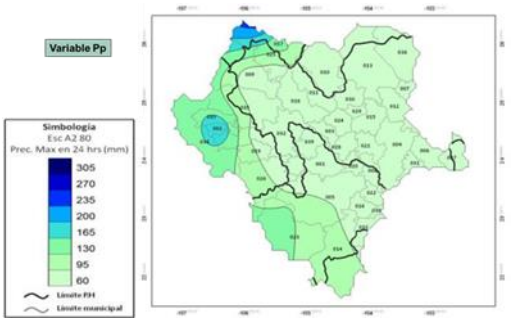


Figura 8 Escenario a corto de Tmax a largo plazo en el estado de Durango (2070-2100)



En estas podrá observarse la ubicación de los municipios de la Comarca Lagunera en el noreste del estado, los cuales resentirán el aumento de la temperatura, paralelamente a los que se ubican en la parte noroeste, así como el descenso de la precipitación que podrá ser de -20 mm a -49.5 mm en el mediano plazo, descenso que continuará en el largo plazo.

CONCLUSIONES

No se duda de la importancia económica de la agricultura y ganadería en la Comarca Lagunera, sin embargo, este patrón productivo basado en una mayor demanda de agua que la oferta disponible no es sostenible, en él se identifica parte de las causas que provocan la crisis hídrica regional. Ante los escenarios que se nos presentan con base a las proyecciones del comportamiento de variables

climáticas como las aquí observadas, ineludiblemente debe cambiar si se pretende mantener la cadena de valor forrajera-lechera-láctea, mensaje que quizás los grandes productores agroganaderos no han percibido o evaden, pero que, inevitablemente, tendrán que afrontar, mientras que los pequeños y medianos productores ejidales deberán voltear a analizar otras opciones fuera de esa cadena productiva, algo en lo que las instituciones de educación agropecuaria superior pueden contribuir.

REFERENCIAS

Chairez, Carlos. 2005 El impacto de la regulación de los ríos en la recarga a los acuíferos. El caso del Acuífero Principal de la Comarca de La laguna. Tesis Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados. México.

CONAGUA, 2003 Documento por el que se da a conocer el estudio técnico de actualización del conocimiento geohidrológico en la zona comprendida por el Acuífero denominado “Principal-Región Lagunera”, de los estados de Coahuila y Durango. México

CONAGUA, 2020 Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Principal-Región Lagunera (0523), Estado de Coahuila. México

Dávila, Sonia., Treviño, Ana H. y Gutiérrez, Soledad 2006 El poder del agua ¿Participación social o empresarial? Ed. Itaca. México.

Gestión Hídrica/CONAGUA, 2008 estudio de factibilidad de fuentes alternas para el abastecimiento de agua potable a localidades urbanas y rurales de la Región Lagunera. México

Gobierno del estado de Durango 2012 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Durango. México.

IMTA 1991. Estudio Hidregeoquímico e Isotópico del Acuífero Granular de La Comarca Lagunera. México.

Jáuregui, Ernesto 2007 La variabilidad climática en los registros instrumentales de México. De: cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT, México. Pp. 279-289.

Mazcorro, Elvira, de la Fuente, Juan, Jiménez, María L. y González, Margarita 1991 La producción agropecuaria en la Comarca Lagunera (1960-1990) URUZA-UACH, México.

Melville, Roberto y Peña, Francisco 1996 Apropiación y usos del agua. Nuevas líneas de investigación. UACH, México

Ortega, Adrian 2003 Origin and Chemical evolution en ground water in closed-basin clayey aquitar, Northem, Mexico. Journal of Hidrology

SADER, 2022 estadísticas de la producción agropecuaria de la Comarca Lagunera, citado por El Siglo de Torreón en el Resumen Económico. México

Sánchez María T. 2007 Evaluación de la vulnerabilidad en zonas industriales. De: cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT, México. Pp. 291-302

SARH. 1986 El Acuífero Principal. Situación actual y medidas para reducir su deterioro. Memoria de Cincuentenario de la Reforma Agraria en la Comarca Lagunera. México.

Agricultura Orgánica



APLICACIÓN WEB AGROPRON PARA CONSULTAR DE DIFERENTES VARIABLES CLIMÁTICAS

Luis. A. González Jasso*, Arturo Corrales Suastegui*, Miguel A. González González*

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: gonzalez.luis@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los fenómenos hidrometeorológicos son eventos naturales que se producen en la atmósfera y en la hidrosfera, desencadenando cambios climáticos y condiciones extremas que pueden tener gran impacto en la sociedad y el medio ambiente. Estos fenómenos abarcan varios tipos de eventos, desde lluvias intensas y tormentas eléctricas hasta huracanes y sequías prolongadas. Su ocurrencia y magnitud pueden variar según las regiones geográficas y las estaciones del año, pero todos comparten la capacidad de alterar drásticamente la vida cotidiana de las personas y la economía. El presente trabajo muestra un panorama del uso de una aplicación web que muestra varias variables climáticas como la temperatura mínima y máxima, unidades calor, grados día de enfriamiento, grados día de calefacción y grados día totales para la república mexicana, así como la climatología para cada una de ellas.

Palabras clave: WRF, cambio climático, GFS

ABSTRACT

Hydrometeorological phenomena are natural events that occur in the atmosphere and in the hydrosphere, triggering climate changes and extreme conditions that can have a great impact on society and the environment. These phenomena encompass various types of events, from heavy rains and thunderstorms to hurricanes and prolonged droughts. Their occurrence and magnitude can vary across geographic regions and seasons of the year, but they all share the ability to drastically alter people's daily lives and the economy. The present work shows an overview of the use of a web application that shows several climatic variables such as minimum and maximum temperature, heat units, cooling degree days, heating degree days and total degree days for the Mexican Republic, as well as the weather for each of them.

Key words: WRF, climate change, GFS

INTRODUCCION

De acuerdo con la ONU, la crisis climática es el mayor desafío de nuestro tiempo y actualmente se encuentra en un punto crucial; desde sucesos meteorológicos cambiantes que amenazan la producción de alimentos hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el riesgo de inundaciones, así como sequias que provocan incendios incontrolables (CEDRSSA, 2016). En México, debido a su ubicación geográfica y topografía diversa, se experimentan una variada gama de fenómenos hidrometeorológicos a lo largo del año. Este tipo de eventos meteorológicos pueden tener un impacto significativo en la sociedad, la economía y el medio ambiente del país. Uno de los fenómenos más comunes en México son las lluvias intensas y las inundaciones. Durante la temporada de lluvias se pueden producir precipitaciones excesivas que pueden desbordar ríos y arroyos, causando inundaciones repentinas. Esto puede provocar la evacuación de comunidades, dañar infraestructuras, interrumpir el suministro de agua potable y poner en peligro la vida de las personas. Además, las inundaciones pueden afectar la agricultura, destruyendo cultivos y afectando la seguridad alimentaria del país. La urbanización generalmente conduce a un aumento de la temperatura del aire en la superficie así como los cambios en los patrones espaciales y las intensidades de la precipitación, pero sus magnitudes dependen de la hora del día, la estación, la ubicación geográfica, el régimen climático, la retroalimentación de la circulación y la cubierta terrestre circundante (Laux et al., 2017). México también enfrenta la amenaza de sequías prolongadas en diversas regiones. Las sequías afectan en la disponibilidad de agua para el consumo humano, la agricultura, pérdida de cabezas de ganado, incendios forestales, afectar ecosistemas, entre otros. Esto lleva a la escasez de alimentos y aumenta los precios de los productos básicos (Change, 2001). Los ciclones tropicales, que incluyen huracanes y tormentas tropicales, que se presentan o largo de las costas del Golfo de México y el Pacífico pueden desencadenar vientos destructivos, inundaciones costeras y marejadas ciclónicas. Los huracanes pueden causar destrucción de viviendas, de infraestructuras y nuevamente afectar los cultivos. Además, los impactos del cambio climático pueden aumentar la intensidad de estos ciclones. El cambio climático también ha intensificado la frecuencia y gravedad de algunos fenómenos hidrometeorológicos en México. Las temperaturas más cálidas pueden llevar a una mayor evaporación y sequías más prolongadas, mientras que los océanos más cálidos pueden provocar ciclones tropicales más intensos. Estudios recientes revelan que México se ha vuelto más cálido desde la década de los años sesenta, la temperatura promedio a nivel nacional aumentó en 0.85 °C y las temperaturas invernales en 1.3 °C; la precipitación pluvial ha disminuido en la región sureste desde hace medio siglo. (CEDRSSA, 2016)

En el año 2020 el monto de los daños y pérdidas, considerando desde el año 2000 a la fecha, representa la octava mayor cifra con 32,736 millones de pesos, esto refleja un incremento de casi 311 % con respecto al año anterior y equivale a 0.14 % del PIB de 2020. Todo esto en 438 eventos distintos cuantificados en este año, que implica una disminución de incidentes de 26.4 % respecto de 2019 (CENAPRED, 2021). Además, algunos estudios sugieren que la mayor frecuencia e intensidad de los choques climáticos y la variabilidad asociada de los patrones de lluvia impactan negativamente en la producción agrícola (Blackmore et al., 2021). Los informes del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por sus siglas en inglés) muestran que el cambio climático en América del Sur ya ha provocado alteraciones en la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos meteorológicos extremos y lo mismo está ocurriendo en regiones del norte-centro de américa (Hannah et al., 2013). Para mitigar el impacto de estos fenómenos hidrometeorológicos, es esencial la implementación de políticas de adaptación y prevención de desastres. La mejora de la infraestructura de drenaje y protección costera, la creación de sistemas de alerta temprana y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles son algunas de las medidas que pueden ayudar a reducir la vulnerabilidad de las comunidades frente a estos eventos extremos.

MATERIALES Y METODOS

La página web está desarrollada con el framework de ".Net" en su versión 4.7.2. La página está montada en la dirección web https://appinifap.dyndns.org/agropron. Para la elaboración de los mapas de climatología se utilizó la base histórica de datos de clima (1950-2010) generada por Livneh et al. (2015). La técnica utilizada permite obtener variables sobre puntos donde no se tiene información climática, la cual representa un gran avance en la disposición de datos climáticos históricos diarios para el país. Se realizó un post-procesamiento de esta información climática para convertirla en formato de lectura dentro de los (SIG). La base de datos cuenta con información de temperatura y precipitación diaria en forma de malla de puntos uniformes a una resolución espacial de aproximadamente 6.5km entre punto y punto (1/16°). Con la información de temperatura se realizó el cálculo de unidades calor con el método triangular, grados día de enfriamiento y grados día de calefacción, así como la acumulación de cada uno de ellos. Además, para cada unidad de medida se desarrolló la anomalía correspondiente con respecto a la climatología existente. Para la elaboración de los mapas diarios se utilizó la información generada por el Sistema de Pronóstico Global (GFS, por sus siglas en inglés). Este modelo es un de pronóstico del tiempo de los Centros Nacionales para la Predicción Ambiental (NCEP) que genera datos para docenas de variables atmosféricas y del suelo, incluidas temperaturas, vientos, precipitaciones, humedad del suelo

y concentración de ozono atmosférico. El sistema combina cuatro modelos separados (atmósfera, modelo oceánico, modelo de tierra/suelo y hielo marino) que trabajan juntos para representar con precisión las condiciones climáticas. La página web permite seleccionar la variable para visualizar los mapas y de que rango de fechas quiere visualizar, permitiendo ver mapas históricos que se han generado. La Figura 1 muestra una vista general de la página web.

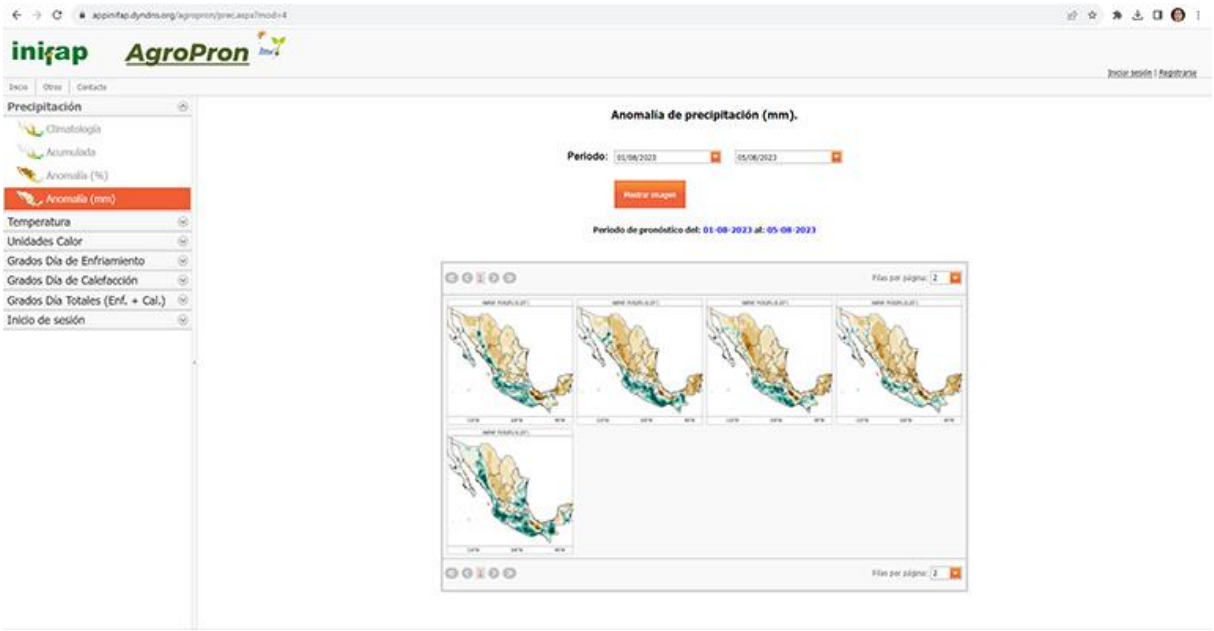


Figura 1 Vista general de la página web AGROPRON

RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación web cuenta con mapas de la climatología que representa fielmente los datos históricos para México, aunque en trabajos posteriores se contempla utilizar la información hasta 2020. Para el caso de los mapas de precipitación se pueden observar que existe una diferencia significativa en la anomalía de precipitación de 15 a 30 mm para la región norte

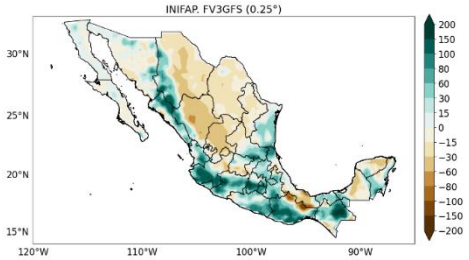


Figura 2 Anomalía de precipitación en México hasta agosto de 2023.

centro de México, lo que concuerda con lo que mencionan Hannah et al. (2013) sobre alteraciones en la intensidad de los fenómenos meteorológicos. Esta diferencia se ve aun más marcada en la península de Yucatán y Centro-Sur de Veracruz, con disminuciones de hasta

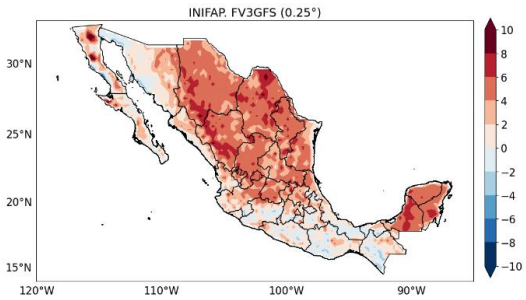


Figura 3 Anomalía de temperatura máxima en México hasta agosto de 2023.

150 mm de precipitación, como lo muestra la Figura 2. Lo mismo ocurre con la temperatura máxima, que en promedio en todo el país se ve incrementada entre 2 y 6 °C, como se muestra en la Figura 3.

Con esta página web, de acceso gratuito, se puede visualizar las variables de temperatura máxima y mínima, precipitación, unidades calor, grados de enfriamiento, grados día de calefacción y grados día totales, así como se climatología correspondiente que permite implementar la anomalía correspondiente.

CONCLUSIONES

En conclusión, México enfrenta una amplia variedad de fenómenos hidrometeorológicos que tienen el potencial de causar daños significativos a la sociedad y el medio ambiente. La comprensión de estos eventos y la implementación de medidas de prevención y adaptación son fundamentales para reducir su impacto y garantizar la resiliencia de las comunidades frente a los desafíos del clima cambiante. Con el fin de contribuir a la compresión de estos eventos, se desarrolló esta aplicación web. Con la generación de información de otros entes públicos nacionales y extranjeros y la aplicación de conocimientos computacionales y meteorológicos se logró implementar estos mapas informativos que se pone a disposición de productores o usuarios del sector agrícola, tomadores de decisiones y público en general.

REFERENCIAS

Blackmore, I., Rivera, C., Waters, W. F., Iannotti, L., & Lesorogol, C. (2021). The impact of seasonality and climate variability on livelihood security in the Ecuadorian Andes. *Climate Risk Management*, *32*, 100279. https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100279

CEDRSSA. (2016). *Impacto económico del cambio climático en México* (Vol. 6, Issue August,

p. 128).

CENAPRED. (2021). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México. Resúmen ejecutivo 2020 (Versión Electrónica). Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana/Coordinación Nacional de Protección Civil.* 1–20. https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/455-RESUMENEJECUTIVOIMPACTO2020.PDF

Change, C. (2001). *Vulnerability to Climate Change : Vulnerability to Climate Change : Adaptation*.

Hannah, L., Ikegami, M., Hole, D. G., Seo, C., Butchart, S. H. M., Peterson, A. T., & Roehrdanz, P. R. (2013). Global Climate Change Adaptation Priorities for Biodiversity and Food Security. *PLoS ONE*, *8*(8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072590

Laux, P., Ngoc, P., Nguyen, B., Cullmann, J., & Kunstmann, H. (2017). *Land Use and Climate Change Interactions in Central Vietnam* (A. Nauditt & L. Ribbe (eds.)). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2624-9

ADOPCIÓN Y REAJUSTES DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA

Luis. A. González Jasso*, Noé Chávez Sánchez**

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.

gonzalez.luis@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las heladas son fenómenos climáticos que ocurren cuando la temperatura desciende por debajo del punto de congelación del agua, lo que resulta en la formación de hielo en las plantas. Estas condiciones pueden tener un impacto significativo en la agricultura, afectando la producción de cultivos y, en consecuencia, la seguridad alimentaria. El impacto de las heladas en la agricultura es variado y depende de factores como la intensidad y duración de las heladas, el tipo de cultivo y su etapa de desarrollo. Los cultivos más vulnerables a las heladas incluyen frutas, hortalizas y ciertos cereales como el trigo y la cebada. Los estados del tiempo son la temperatura, humedad relativa, precipitación, punto de rocío, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, nubosidad, radiación global, entre otras. Estos elementos son variables de un punto a otro y a través del tiempo. De todos estos elementos, los principales que favorecen la creación de una helada son la temperatura, la nubosidad, el viento, la humedad y la radiación solar. La implementación de un sistema de predicción de eventos meteorológicos a escala regional con alerta temprana puede llegar a tender un impacto importante en la prevención de desastres en el sector agropecuario y forestal.

Palabras clave: *Helada convectiva, tablas psicométricas, WRF*

ABSTRACT

Frosts are weather events that occur when the temperature drops below the freezing point of water, resulting in the formation of ice on plants. These conditions can have a significant impact on agriculture, flourishing crop production and consequently food security. The impact of frost on agriculture is varied and depends on factors such as the intensity and duration of frost, the type of crop and its stage of development. Crops most vulnerable to frost include fruits, vegetables, and certain grains such as wheat and barley. The weather states are temperature,

relative humidity, precipitation, dew point, atmospheric pressure, wind direction and speed, cloudiness, global radiation, among others. These elements are variable from one point to another and through time. Of all these elements, the main ones that favor the creation of frost are temperature, cloudiness, wind, humidity and solar radiation. The implementation of a regional weather forecasting system with early warning can have a significant impact on disaster prevention in the agricultural and forestry sector.

Key words: *Convective frost, psychometric tables, WRF*

INTRODUCCION

La variabilidad que existe en el tiempo atmosférico incide directamente en la producción de cultivos agrícolas, desarrollo de plagas y enfermedades. Uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que tiene mayor influencia sobre los eventos fisiológicos de plantas y animales (Lopez Collado & Bravo-Mojica, 2014). La temperatura afecta tanto si es alta como si es baja; la primera se contabiliza con los grados día de desarrollo (GDD) y la segunda con la presencia de heladas. Típicamente, las altas y bajas temperaturas extremas se presentan en regiones cálidas y frías (Matías Ramírez et al., 2014). Una helada es definida por la condición que existe cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de los cero grados centígrados. Las diferencias marcadas en las características del medio físico de la República Mexicana determinan el origen de la circulación atmosférica en los diferentes puntos de la superficie. El ingreso de frentes fríos está dado principalmente por los movimientos de masas de aire polar, asociadas a nubes convectivas que provocan precipitaciones y descenso de las temperaturas. En México las heladas ocurren principalmente en los meses de noviembre a marzo, aunque son las heladas tempranas y tardías las que son consideradas más peligrosas, ya que las primeras dañan las cosechas o frutos y las segundas las plántulas de cultivos sus brotes iniciales, flores, yemas florales y vegetativas en proceso de brotación (Campos Aranda, 2005), es decir, una planta es más afectada por una helada durante la floración y el llenado del fruto (Moller-Acuna et al., 2016). Los daños causados por las heladas en los cultivos pueden ser devastadores. Las temperaturas extremadamente frías pueden congelar el agua dentro de las células vegetales, dañando las estructuras celulares y provocando la muerte de las plantas. Además, las heladas pueden afectar negativamente la calidad de los cultivos y disminuir su valor comercial (Lobell & Field, 2007). Las heladas pueden ser del tipo advectiva, por radiación o una combinación de ambas (Verdes et al., 2000). Una helada advectiva es aquella que se asocia con el paso de un frente frío, mientras que una helada por radiación es aquella en la que se enfrían las capas bajas de la atmósfera (Moller-Acuna et al., 2016) y existe un viento en calma que no permite que se mezcle con las capas superiores que son más cálidas.

MATERIALES Y METODOS

Mediante el uso de tablas psicrométricas para el cálculo de la humedad relativa del aire, se estimó el valor del termómetro húmedo usando la temperatura ambiente (termómetro seco). El termómetro húmedo se utiliza en la práctica con algodón mojado que no escurra agua sobre la base donde marca la temperatura. Con la lectura de ambos termómetros (húmedo y seco) se busca la diferencia entre ambos en la tabla psicométrica y se obtiene el valor de la humedad relativa. En los casos en que esta diferencia sea muy alta, la humedad es muy cercana a cero y por lo tanto es casi imposible la ocurrencia de una helada. necesario Los datos de temperatura y humedad relativa se obtienen de las estaciones meteorológicas automatizadas (EMA) del estado de Chihuahua. Mediante la tabla psicométrica se obtiene el valor de termómetro húmedo (por relación inversa), ya que este dato no es registrado por las EMA.

El segundo método de pronóstico local es mediante el modelado en el Weather Research and Forecast (WRF). Este modelo es un producto de múltiples agencias como la National Centers for Enviromental Prediction (NCEP), National Center for Atmospheric Research (NCAR), entre otras. Este modelo se integró en periodos de simulación de 48 horas. Se configuró un único dominio con paso de malla horizontal de 13 km y una estructura vertical de 35 niveles. Como condiciones iniciales y de frontera se utilizaron las salidas del Global Forecast System (GFS) de las 0600 UTC con resolución espacial de 0.5° x 0.5°. Con los datos de salida obtenidos, se interpolarán mediante el método de Kriging e IDW, este último incorporado recientemente para manejar varias opciones de interpolado. Con estos dos métodos se generan dos mapas de temperaturas mínimas del estado de Chihuahua cada 6 horas.

El tercer método incorporado a este pronóstico de heladas comprende el uso de los datos de temperatura y humedad relativa para calcular el punto de rocío. El punto de rocío es calculado con la ecuación de Magnus-TetensCon que se describe a continuación:

$$Td = (\mathbf{237,7} * ((\mathbf{ln(RH/100)}) + ((\mathbf{17,27} * \mathbf{T})/(\mathbf{237,7} + \mathbf{T})))) / (\mathbf{17,27} - ((\mathbf{ln(RH/100)}) + ((\mathbf{17,27} * \mathbf{T})/(\mathbf{237,7} + \mathbf{T}))))$$

Donde Td es el punto de rocío en °C, RH es la humedad relativa y T es la temperatura en °C

RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación web se amplió con mapas de temperatura mínima interpolados con el método de IDW, además de los implementados con Kriging para el estado de Chihuahua. Además, se integró el módulo de pronóstico de días con heladas por medio del punto de rocío. Esto permitió subir el nivel de concordancia con los datos reales de un 80% a un 84.5%. La figura 1 muestra un ensamble de la interpolación realizada con el método de IDW y el de kriging integrando el nuevo método de punto de rocío. La figura 2 muestra la interpolación de los datos reales registrados por las EMA en Chihuahua. Los valores generados con el WRF a 48 horas tienen un nivel de correlación más alto que los generados a las 120 horas. Por este motivo ya no se implementó el pronóstico a 120 horas dado que realizar los cálculos a 120 horas demanda mayor tiempo para el proceso computacional que a 48 horas. Como parte de los resultados se entrega también a los usuarios una tabla con los datos de temperatura mínima registrada por el WRF por hora para las próximas 48 horas.

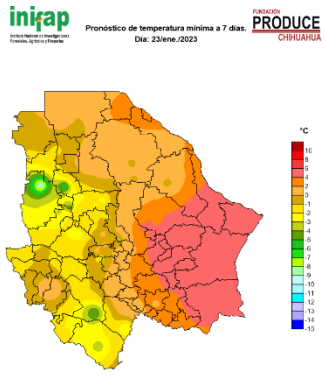


Figura 1. **Ensamble de los 3 métodos de pronóstico de heladas para el 18/01/2023.**

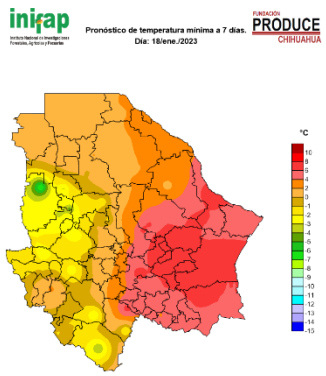


Figura 2. **Mapa de temperatura mínima correspondiente al día 18/01/2023.**

Las heladas representan una amenaza significativa para la agricultura y la seguridad alimentaria. Los efectos negativos pueden ser mitigados con la implementación de medidas preventivas adecuadas. La aplicación que se detalla permite predecir la incidencia de una helada sobre áreas de cultivo, lo que es esencial para los agricultores para que estén

preparados para enfrentar estas condiciones y adopten prácticas agrícolas resilientes para proteger sus cultivos. A varios productores del estado de Chihuahua han reportado un decremento en casi un 20% de los insumos que utilizan para hacer frente a alguna helada, como reducción de electricidad al prender ventiladores cuando es necesario o bien reducción de combustibles en los calefactores usados. Una de las principales desventajas que tiene esta aplicación es que por falta de equipo de cómputo no se han integrado otros modelos globales que existen para hacer un ensamble junto con el que se obtiene en esta aplicación, se espera en un futuro poder contar con el equipo necesario para poder hacerlo.

CONCLUSIONES

Los pronósticos de heladas son de gran importancia porque proporcionan información anticipada sobre condiciones climáticas que pueden tener un impacto significativo en la agricultura, la economía, la salud pública y otros aspectos importantes de la sociedad. En el caso especial de la agricultura, que es el tema de nuestro interés, las heladas pueden dañar los cultivos y plantas sensibles, causando pérdidas significativas en la producción agrícola. Los pronósticos de heladas permiten a los agricultores y jardineros tomar medidas preventivas, como cubrir las plantas o cosechar antes de la llegada de la helada, prender ventiladores para mezclar el aire frío con el aire caliente, encender calentones entre otras acciones para minimizar el impacto negativo en los cultivos. Este tipo de acciones de alguna manera requieren recursos humanos, económicos, materiales o simplemente de tiempo invertido para lograr minimizar las pérdidas. Las aplicaciones de pronósticos enfocadas a la agricultura, como la que presenta, coadyuva a reducir el gasto o consumo de estos recursos. Por eso es necesario ajustar constantemente los pronósticos generados año con año para integrar nuevas estrategias de desarrollo de pronósticos que se ajusten a los cambios de temperatura cada vez más extremos causados por el cambio climático.

REFERENCIAS

Campos Aranda, D. F. (2005). *AGROCLIMATOLOGIA CUANTITATIVA DE CULTIVOS*. Trillas. https://etrillas.mx/libro/agroclimatologia-cuantitativa-de-cultivos_8249

Lobell, D. B., & Field, C. B. (2007). Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, *2*(1). https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/1/014002

Lopez Collado, J., & Bravo-Mojica, H. (2014). Temperaturas umbrales de desarrollo y grados-dia del pulgon verde Acyrthosiphon pisum (Homoptera: Aphididae). *Agrociencia. Serie Proteccion Vegetal.*, *1*(January 1991).

Matías Ramírez, L. G., Fuentes Mariles, Ó. A., & García Jiménez, F. (2014). *Heladas*.

Moller-Acuna, P., Ahumada-Garcia, R., & Reyes-Suarez, J. (2016). Prediction of frost episodes based in agrometeorological information and machine learning techniques. *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2016.7778386

Verdes, P. F., Granitto, P. M., Navone, H. D., & Ceccatto, H. A. (2000). *FROST PREDICTION WITH MACHINE LEARNING TECHNIQUES*. 11.

COMPORTAMIENTO DE CHILE JALAPEÑO Y SERRANO BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CIELO ABIERTO Y CASA SOMBRA

PERFORMANCE OF JALAPEÑO AND SERRANO PEPPERS UNDER ORGANIC FERTILIZATION IN OPEN FIELD AND SHADE HOUSE

Santiago Salinas-Hernández[1], Urbano Nava-Camberos[1,2], José Luis García-Hernández[1], Homero Sánchez-Galván[2], Verónica Ávila-Rodríguez[2]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.
e-mail: nava_cu@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo del chile es una de las hortalizas de mayor importancia económica en México. El presente estudio se realizó con los objetivos de determinar el desarrollo vegetativo y fructífero, rendimiento y calidad de frutos en los cultivos de chile jalapeño y serrano bajo fertilización orgánica en condiciones de producción de campo abierto y casa sombra. Se evaluaron los siguientes tratamientos de fertilización: 1) composta MR (10,000 kg/ha), 2) composta MR 5,000 kg/ha), 3) composta BSO (10,000 kg/ha) y 4) testigo comercial (con fertilización convencional). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, número botones, flores y frutos por planta, rendimiento y calidad (peso, longitud y diámetro). Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que el desarrollo vegetativo y fructífero, así como el rendimiento y calidad de frutos de chile jalapeño y serrano no resultaron afectados por los tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Por el contrario, estas variables se afectaron significativamente por el sistema de producción en ambos tipos de chile. La altura de planta, producción de fructificaciones, rendimiento y calidad de frutos de chile jalapeño y serrano fueron significativamente mayores en casa sombra que en campo abierto.

Palabras claves: chile, fertilización orgánica, desarrollo vegetativo, desarrollo fructífero, rendimiento, calidad de frutos.

ABSTRACT

Pepper is one of the most economically important vegetables in Mexico.The present study was carried out with the objectives of determining the vegetative and fruiting development, yield and quality of fruits in jalapeño and serrano peppers under organic fertilization and production conditions of open field and shade house. The following fertilization treatments were evaluated: 1) MR compost, dose of 10,000 kg/ha, 2) MR compost, dose of 5,000 kg/ha, 3) BSO compost, dose of 10,000 kg/ha and 4) commercial control (with conventional fertilization). Variables evaluated were: plant height, number of leaves, number of buttons, flowers and fruits per plant, yield and fruit quality (weight, length and diameter). Based on the results obtained, it can be concluded that vegetative and fruiting development, as well as yield and fruit quality of jalapeño and serrano pepper were not affected by fertilization treatments in shade house and the open field. On the contrary, these variables were significantly affected by the production system in both types of peppers. Plant height, fruiting production, yield and fruit quality of jalapeño and serrano peppers were significantly higher in shade house than in open field.

Key words: pepper, organic fertilization, vegetative development, fruiting development, yield, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

El chile junto con el tomate son las hortalizas de mayor importancia económica en México. El chile aporta el 20.2% en la producción de hortalizas a nivel nacional. Para 2020, el SIAP reporta una producción nacional de 3,324,260.16 toneladas de chile. En los últimos 15 años la superficie destinada al cultivo de chile ha oscilado en un rango de 40 mil hectáreas, manteniéndose en un promedio de 147 mil hectáreas anuales del cultivo en el país; sin embargo, la producción ha aumentado en poco más de un millón de toneladas para este mismo periodo. Una de las razones para ver este incremento está relacionada con el aumento del rendimiento promedio por hectárea, que pasó de 13.86 ton/ha en 2005 a 21.65 ton/ha en 2019 (INTAGRI, 2020).

El cultivo de chile verde es una de las actividades más importantes en el sector hortícola en México. Ya que es un grupo de diferentes tipos de chiles de amplio consumo y muy populares en nuestro país. En México existe una gran diversidad de chiles verdes en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y picor (grado de pungencia). Encontramos desde los populares

chiles serranos, jalapeños, poblanos, chiles manzanos, habaneros, pimientos morrones y una gran variedad de chiles criollos.

La presencia del chile en México entre las culturas de Mesoamérica es milenaria, es posible suponer de acuerdo con estudios realizados que el aprovechamiento del chile se remonta desde que los humanos se dedicaban principalmente a la recolección de plantas y cacería de animales.

El género *Capsicum* es una especie autóctona de América del sur, del cual, los chiles jalapeños, poblanos, serranos y pimientos morrones son del grupo de *Capsicum annum*, mientras que el chile habanero pertenece al grupo de *Capsicum chinense* y el chile manzano a *Capsicum pubescens*. Como alimento el chile verde aporta fibras, algunos minerales como calcio, hierro, fosforo y potasio, así como vitamina A y C, bajos niveles de grasas, carbohidratos y proteínas (Cedillo *et al*., 2021).

Los objetivos del presente estudio fueron determinar el desarrollo vegetativo y fructífero, y rendimiento y calidad de frutos en los cultivos de chile jalapeño y serrano bajo fertilización orgánica en campo abierto y casa sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en los terrenos experimentales FAZ-UJED, Venecia, Dgo., durante el ciclo agrícola P-V 2022. La siembra se efectuó el 5 de marzo en condiciones de invernadero. El trasplante se realizó el 9 de abril del 2022. Se evaluaron los siguientes tratamientos de fertilización en chile jalapeño (híbrido Jaguar) y serrano bajo condiciones de producción de campo abierto y casa sombra: 1) composta MR dosis de 10,000 kg/ha (empresa Materiales Reutilizables S. A. de C. V.), 2) composta MR dosis de 5,000 kg/ha), 3) composta BSO dosis de 10,000 kg/ha (empresa Biotransformadora de Subproductos Orgánicos S. A. de C. V.) y 4) testigo comercial (con fertilización convencional). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la parcela experimental (unidad experimental) consistió de cinco plantas de chile (20 plantas por tratamiento). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, número botones, flores y frutos por planta, rendimiento y calidad de frutos (peso, longitud y diámetro) en tres plantas por parcela experimental (12 plantas por tratamiento).

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002). Se efectuaron análisis de varianza mediante un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones para detectar diferencias significativas en las variables evaluadas de

desarrollo vegetativo y fructífero, así como de los componentes de rendimiento y calidad de frutos, entre tratamientos de fertilización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo y fructífero de chile jalapeño. No se encontraron diferencias significativas en altura de planta, (*P* = 0.5370 y 0.7570) número de hojas (*P* = 0.5865 y 0.3648), botones florales (*P* = 0.7461 y 0.4247) y flores (*P* = 0.7041 y 0.4813) por planta entre tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Las plantas de chile jalapeño presentaron mayor tamaño y producción de órganos fructíferos en casa sombra que en campo abierto; la altura, número de hojas, botones florales y flores se incrementaron 77, 42, 102 y 49% en casa sombra, respectivamente (Cuadro 1).

Componentes de rendimiento y calidad de frutos de chile jalapeño. No se encontraron diferencias significativas en el número (*P* = 0.3493 y 0.8636) y peso de frutos (*P* = 0.2747 y 0.8532) cosechados por planta, peso (*P* = 0.1571-0.7095 y 0.3542-0.8425), longitud (*P* = 0.2242-0.5652 y 0.1922-0.8508), y diámetro (*P* = 0.3333-0.6857 y 0.2090-0.9089) individual del fruto entre tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Las plantas de chile jalapeño presentaron mayor rendimiento y calidad de frutos en casa sombra que en campo abierto; el número y peso de frutos cosechados por planta, el peso, largo y ancho del fruto individual se incrementaron 100, 80, 31, 33 y 33% en casa sombra, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Altura de planta, número de hojas, botones florales y flores por planta de chile jalapeño en tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto en FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Sistema de producción	Tratamiento de fertilización	Altura (cm)	Hojas	Botones	Flores
Casa sombra	MR 10,000 kg/ha	68.8	66.8	30.2	4.8
	MR 5,000 kg/ha	78.8	101.4	41.6	7.7
	BSO 10,000 kg/ha	67.1	78.7	37.3	5.8
	Testigo convencional	65.0	79.0	37.5	6.2
	Promedio	69.9	81.5	36.6	6.1
Campo abierto	MR 10,000 kg/ha	41.8	43.9	11.0	2.3
	MR 5,000 kg/ha	40.3	73.3	18.2	3.7
	BSO 10,000 kg/ha	32.8	43.3	16.8	4.4
	Testigo convencional	43.6	68.9	26.3	6.0

Promedio	39.6	57.4	18.1	4.1

Cuadro 2. Número y peso de frutos cosechados por planta, largo, ancho y peso individual de fruto de chile jalapeño en tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto en FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Sistema de producción	Tratamiento de fertilización	Frutos cosechados		Calidad de frutos		
		Número	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)
Casa sombra	MR 10,000 kg/ha	10.0	97.3	4.7	2.0	11.0
	MR 5,000 kg/ha	12.2	117.7	5.3	2.2	12.3
	BSO 10,000 kg/ha	5.9	53.7	4.1	1.8	9.3
	Testigo convencional	8.6	71.3	4.5	2.0	9.5
	Promedio	9.2	85.0	4.7	2.0	10.5
Campo abierto	MR 10,000 kg/ha	3.7	34.4	3.63	1.35	6.5
	MR 5,000 kg/ha	4.7	59.6	3.34	1.41	8.1
	BSO 10,000 kg/ha	4.4	39.7	3.23	1.33	7.0
	Testigo convencional	5.7	54.9	4.31	1.71	9.9
	Promedio	4.6	47.2	3.6	1.5	7.9

Desarrollo vegetativo y fructífero de chile serrano. No se encontraron diferencias significativas en altura de planta (*P* = 0.7459 y 0.1549), número de hojas (*P* = 0.4495 y 0.2998), botones florales (*P* = 0.1916 y 0.2506) y flores (*P* = 0.3316 y 0.2962) por planta entre tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Las plantas de chile serrano presentaron mayor tamaño y producción de órganos fructíferos en casa sombra que en campo abierto; la altura, número de hojas, botones florales y flores se incrementaron 52, 44, 404 y 231% en casa sombra, respectivamente (Cuadro 3).

Componentes de rendimiento y calidad de frutos de chile serrano. No se encontraron diferencias significativas en el número (*P* = 0.4622 y 0.1209) y peso de frutos (*P* = 0.3194 y 0.2981) cosechados por planta, peso (*P* = 0.2860-0.6904 y 0.1013-0.5100), longitud (*P* = 0.5516-0.7307 y 0.1777-0.3934), y diámetro (*P* = 0.3881-0.5608 y 0.0985-0.5929) individual del fruto entre tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Las plantas de chile serrano presentaron mayor rendimiento y calidad de frutos en casa sombra que en campo abierto; el número y peso de frutos cosechados por planta, el peso, largo y ancho del

fruto individual se incrementaron 26, 41, 0, 0 y 10% en casa sombra, respectivamente (Cuadro 4).

En contraste a lo observado en el presente estudio, Miranda (2014) encontró que el rendimiento, calidad de frutos y su contenido nutrimental se incrementaron significativamente con la fertilización orgánica, bajo condiciones de invernadero; mientras que su calidad nutrimental se mejoró en condiciones de campo abierto, por lo que se considera que la fertilización orgánica confiere a los frutos un mayor valor agregado.

Cuadro 3. Altura de planta, número de hojas, botones florales y flores por planta de chile serrano en tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto en FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Sistema de producción	Tratamiento de fertilización	Altura (cm)	Hojas	Botones	Flores
Casa sombra	MR 10,000 kg/ha	46.3	66.1	28.9	10.3
	MR 5,000 kg/ha	49.0	76.7	41.0	11.7
	BSO 10,000 kg/ha	45.0	72.0	32.9	10.0
	Testigo convencional	52.8	100.4	48.3	14.3
	Promedio	48.2	78.8	37.8	11.6
Campo abierto	MR 10,000 kg/ha	25.8	35.8	3.2	1.7
	MR 5,000 kg/ha	30.4	50.9	7.1	3.1
	BSO 10,000 kg/ha	34.9	61.1	9.9	4.7
	Testigo convencional	35.8	70.6	9.7	4.7
	Promedio	31.7	54.6	7.5	3.5

Cuadro 4. Número y peso de frutos cosechados por planta, largo, ancho y peso individual de fruto de chile serrano en tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto en FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Sistema de producción	Tratamiento de fertilización	Frutos cosechados		Calidad de frutos		
		Número	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)
Casa sombra	MR 10,000 kg/ha	14.4	65.8	4.1	1.0	4.4
	MR 5,000 kg/ha	10.9	40.9	4.0	1.0	4.0
	BSO 10,000 kg/ha	10.1	36.0	4.1	1.0	3.6
	Testigo convencional	18.2	80.0	5.0	1.3	5.3

	Promedio	13.4	55.7	4.3	1.1	4.3
Campo abierto	MR 10,000 kg/ha	5.4	18.0	3.14	0.80	2.6
	MR 5,000 kg/ha	9.9	33.6	4.24	1.09	3.7
	BSO 10,000 kg/ha	12.7	51.7	4.91	1.20	4.5
	Testigo convencional	14.4	55.1	5.12	1.21	4.9
	Promedio	10.6	39.6	4.4	1.1	3.9

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que el desarrollo vegetativo y fructífero, así como el rendimiento y calidad de frutos de chile jalapeño y serrano no se afectaron por los tratamientos de fertilización en casa sombra y campo abierto. Por el contrario, el desarrollo vegetativo y fructífero, rendimiento y calidad de frutos de chile jalapeño y serrano fueron significativamente mayores en casa sombra que en campo abierto.

REFERENCIAS

Cedillo P., E., L. Martínez H., H. Casiano H., D. Hernández A., C. Padilla M. y M. Rodríguez T. 2021. Manual de producción de chile jalapeño y poblano (*Capsicum annuum*) bajo invernadero. UNAM. Cd. De México. 18 p.

INTAGRI. (2020). *Cultivo de chile en México.* Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

Miranda M., F. D. 2014. Efecto del manejo orgánico sobre la producción, la calidad nutrimental y nutracéutica del chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Obtenido de https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/636.

SAS Institute. 2002. SAS User´s Guide. version 9.1. SAS Institute, Inc. Cary, NC.

CONTROL ORGÁNICO DE MALEZAS EN VIÑEDOS DE UVA DE VINO VARIEDAD ´MERLOT'

Iván Franco-Gaytan[1*], Olga Bonilla-Barrientos [2], Enrique Hernández-Leal[2], Francisco Javier Pastor-Lopez[1], Cristo Omar Puente-Valenzuela[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. [2]INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. [3] INIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 Margen derecha canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango *Correo electrónico: francoivan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La sustentabilidad de la producción de los viñedos se puede ver afectada seriamente por un manejo inadecuado e inoportuno en el control de malezas, provocando pérdidas en el rendimiento y calidad de uva de vino. El manejo integral de malezas en los viñedos implica la integración de herbicidas de postemergencia y preemergencia, con menos énfasis en la incorporación de herbicidas orgánicos. El objetivo de la investigación fue evaluar herbicidas a base de compuestos alelopáticos como alternativa al control orgánico de malezas en viñedos de uva de vino ´Merlot´. El estudio se estableció en una parcela experimental de 360m^2 dentro de las instalaciones INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones durante la época de envero y fueron los siguientes: Testigo sin herbicida, Glifosato, Sal de potasio N(fosfonometil)-glicina, Glufosinato de amonio, Herbicida orgánico 1 (aceite de conífera/extracto de *Datura stramonium*/ extracto de plantas alelopáticas/ metabolitos de *puccinia* ssp/ aceite de coco no hidrogendado), Herbicida orgánico 2 (gordolobo / aceite de coco/ resina de pino / hongo *puccinia* / papaína), Herbicida orgánico 3 (extracto de plantas silvestres alelopáticas / resina de pino no iónica / ácidos orgánicos enzimáticos / toxinas de *Puccinia* spp). Se realizaron evaluaciones a los 7DDA, 14 DDA, 21DDA y 28DDA, las variables evaluadas fueron: efectividad en el control de malezas (%) y toxicidad en las parras de vid (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas. El herbicida orgánico 3 logró un control suficiente desecando las hojas del complejo de malezas evaluadas hasta los 28DDA, sin causar ningún daño por toxicidad en las parras de vid. La aplicación de herbicidas orgánicos puede ser una buena alternativa de control dentro del manejo integral de control de malezas de cultivo de vid.

Palabras clave: compuestos alelopáticos, uva de vino, herbicidas orgánicos

ABSTRACT

The sustainability of vineyard production can be seriously affected by inappropriate and untimely management in weed control, causing losses in yield and quality of wine grapes. Integrated weed management in vineyards involves the integration of postemergence and preemergence herbicides, with less emphasis on the incorporation of organic herbicides. The objective of the research was to evaluate herbicides based on allelopathic compounds as an alternative to organic weed control in ´Merlot´ wine grape vineyards. The study was established in a 360m2 experimental plot within the INIFAP–Campo Experimental la Laguna in Matamoros, Coahuila, Mexico. The treatments were established under a randomized block experimental design with four repetitions during the veraison season and were the following: Control without herbicide, Glyphosate, Potassium salt N(phosphonomethyl)-glycine, Glufosinate ammonium, Organic herbicide 1 (oil extract/ extract of *Datura stramonium*/ extract of allelopathic plants/ metabolites of *puccinia ssp*/ non-hydrogenated coconut oil), Organic herbicide 2 (mullein / coconut oil / pine resin / *puccinia* fungus / papain), Organic herbicide 3 (extract from wild allelopathic plants / non-ionic pine resin / enzymatic organic acids / *Puccinia* spp. toxins). Evaluations were carried out at 7DAA, 14DAA, 21DAA and 28DAA, the variables evaluated were effectiveness in weed control (%) and toxicity in vine vines (%) according to the scoring scale proposed by the European Society Weed Research. The organic herbicide 3 achieved sufficient control by drying the leaves of the evaluated weed complex up to 28 DAA, without causing any damage due to toxicity in the plants. The application of organic herbicides can be a good control alternative within the integral management of grapevine weed control**.**

Keywords: allelopathic compounds, wine grapes, organic herbicides

INTRODUCCION

La sustentabilidad de la producción de los viñedos se puede ver afectada seriamente por un manejo inadecuado e inoportuno en el control de malezas, provocando pérdidas en el rendimiento y calidad de uva de vino, para determinar prácticas de control más sostenibles, es importante identificar las malezas más problemáticas que compitan por agua y nutrientes durante la época de crecimiento de la vid (Baumgartner *et al*., 2007). Durante el ciclo del cultivo de vid, las malezas pueden afectar la producción de las parras en distintos momentos de acuerdo a su intensidad de infestación, por lo que es importante identificar los periodos críticos de control (Ormeño *et al*., 2008). Diversos estudios han demostrado que la competencia durante toda la temporada debido a malezas no controladas podría causar reducciones en el rendimiento de hasta un 37 %, en el peso de la caña de hasta un 68 %, en

el número de racimos por vid de hasta un 28 % y en el peso de las bayas de hasta al 3% (Byrne *et al.,* 1978; Sanguankeo *et al*., 2009).

Actualmente existe una lista creciente de malezas resistentes a herbicidas sistémicos de amplio espectro, principalmente el glifosato debido a su constante aplicación, dejando claro que el uso repetido de una sola táctica para el control de malezas no solo conduce a una preponderancia de las especies más problemáticas, sino que puede cambiar fundamentalmente la composición genética de sus poblaciones (Buhler 2002; Basu *et al*., 2004). El manejo integral de malezas en los viñedos implica la integración de herbicidas de postemergencia y preemergencia (Agamalian., 1992), con menos énfasis en la incorporación de herbicidas orgánicos. En las últimas décadas se han logrado significativos avances para obtener sustancias biológicas que sean menos toxicas para el ambiente y al mismo tiempo, más selectivas respecto a los cultivos donde se usen. Dentro del control biológico se ha planteado la utilización de compuestos alelopáticos en la formulación de herbicidas (Chiapusio *et al*., 2004). Una ventaja de los compuestos alelopáticos es el desarrollo de herbicidas naturales, los cuales son fácilmente biodegradables, seguros y limpios desde el punto de vista ambiental (Rizvi *et al*., 1992)

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en el ciclo cultivo 2022 en el INIFAP – Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 31´48.53” N y 103° 14´33.30” O y se encuentra a 1150 msnm. La parcela experimental presentó suelos de textura fina con un pH de 8.6 clasificando como fuermente alcalino, conductividad eléctrica de 2.374 clasificando como moderadamente salino, relación de absorción de sodio (RAS) de 10.01 y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 12.87%, representando un suelo con problemas salinidad y sodicidad. La parcela experimental se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, se aplicaron siete tratamientos a los cuales inicialmente se les realizo paso de rastra, quedando de la siguiente manera: 1. Testigo sin herbicida, 2 Glifosato (2L/ha), 3. Sal de potasio N(fosfonometil)-glicina (2L/ha), 4. Glufosinato de amonio (1.5L/ha), 5. Herbicida orgánico 1 (1.5L/ha) a base de aceite de conífera/extracto de *Datura stramonium*/ extracto de plantas alelopáticas/ metabolitos de *puccinia* ssp/ aceite de coco no hidrogendado, 6. Herbicida orgánico 2 (1.5L/ha) a base de gordolobo / aceite de coco/ resina de pino / hongo *puccinia* / papaína, 7. Herbicida orgánico 3 (1L/ha) a base de extracto de plantas silvestres alelopáticas / resina de pino no iónica / ácidos orgánicos enzimáticos / toxinas de *Puccinia* spp . La parcela experimental fue de 360 m^2 (4 surcos de

90m, separados a 4m) en parras de uva de vino variedad ¨Merlot¨. Los tratamientos se aplicaron el 29 de junio con una aspersora de mochila motorizada marca (Hyundai) con boquillas de abanico plano 8003. Se realizaron evaluaciones a los 7DDA, 14DDA, 21DDA y 28DDA, las variables evaluadas fueron: Efectividad de los herbicidas en el control de malezas (%) y Toxicidad en las parras de vid (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas (EWRS por sus siglas en ingles).

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020. Los datos de efectividad de control de malezas y toxicidad en las parras de vid fueron transformados por arco tangente antes de su análisis para homogenizar varianzas. Los resultados mostrados en las tablas fueron las medias de los datos originales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de maleza presentes antes de la aplicación de los tratamientos fueron: correhuela (*Ipomea purpurea* L. Roth), hierba amargosa (*Helianths ciliaris* D.C), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), zacate chino (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), zacate pegarropa (*Seteria verticillata* (L.) Beauv.) y zacate johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers). El análisis de la varianza mostró diferencias estadísticas significativas para las variables control de malezas y toxicidad en las parras de vid. El tratamiento T4. Glufosinato de amonio fue el herbicida inorgánico que mejor efecto de control de malezas presentó desde un 87.5% a 90%, sin embargo, conforme aumentaron los días de evaluación el tratamiento T7. Herbicida orgánico 3 logró controlar las malezas con porcentajes superiores al Glufosinato de amonio hasta con un 92.5% a los 28DDA (Cuadro 1). De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas, el Glufosinato de amonio tuvo un efecto de control suficiente (87.5% a 93%), mientras que el herbicida orgánico 3 inició con un control medio (80% a 87.5%) hasta control suficiente (87.5% a 93%).

Cuadro 1. Efectividad de herbicidas orgánicos e inorgánicos (%) en el control de malezas en uva de mesa variedad ´Merlot´.

TRATAMIENTOS	**7DDA**		**14DDA**		**21DDA**		**28DDA**	
1.Testigo sin herbicida	0.00	f	0.00	f	0.00	f	0.00	d
2. Glifosato	52.50	bc	66.30	bc	72.50	bc	81.30	a
3.Sal de potasio N(fosfonometil)-glicina	52.50	bc	62.30	cd	61.00	c	61.30	b
4.Glufosinato de amonio	90.00	a	91.30	a	89.50	a	87.50	a
5.Herbicida orgánico 1	45.00	cd	50.00	cde	43.80	de	48.80	bc
6.Herbicida orgánico 2	36.80	de	36.30	e	35.00	e	37.50	c
7.Herbicida orgánico 3	81.30	a	85.00	ab	91.30	a	92.50	a
DMS	13.20		18.80		15.70		16.60	
CV	11.40		13.70		11.60		11.80	

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes, DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación

Los daños en las parras de vid fueron evidentes después de los 7 días de aplicación con los tratamientos T2. Glifosato y T4. Glufosinato de amonio con un 32.5% de síntomas por intoxicación en las hojas y alcanzando hasta un 37.5% y 36.3% de daño respectivamente. Es importante mencionar que, aunque el Glufosinato de amonio presentó un control suficiente en las malezas evaluadas, también afecto las parras. Provocando daños que pueden tener un efecto en la calidad de los racimos de uva durante la época de envero, debido a que es el momento en donde los frutos adquieren las características de calidad organoléptica, mediante los foto asimilados que generan las hojas durante la fotosíntesis. Es importante señalar que ninguno de los herbicidas orgánicos evaluados ocasionó daños por intoxicación Cuadro 2. De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas, el Glufosinato de amonio y el glifosato provocaron daños muy elevados en las parras (30% a 50%).

Cuadro 2. Toxicidad de los herbicidas orgánicos e inorgánicos (%) en las parras de uva de mesa variedad Merlot.

TRATAMIENTOS	**7DDA**		**14DDA**		**21DDA**		**28DDA**	
1.Testigo sin herbicida	0.00	b	0.00	b	0.00	b	0.00	b
2. Glifosato	32.50	a	35.00	a	36.00	a	36.30	a

3.Sal de potasio N(fosfonometil)-glicina	0.00	b	0.00	b	0.00	b	0.00	b
4.Glufosinato de amonio	32.50	a	35.00	a	36.00	a	37.50	a
5.Herbicida orgánico 1 100%	0.00	b	0.00	b	0.00	b	0.00	b
7.Herbicida orgánico 2 100%	0.00	b	0.00	b	0.00	b	0.00	b
9.Herbicida orgánico 3 100%	0.00	b	0.00	b	0.00	b	0.00	b
DMS	3.10		3.00		3.10		2.80	
CV	20.80		20.00		19.90		19.90	

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes, DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación

Es importante conocer la época crítica para el control de malezas del cultivo de vid para prevenir pérdidas de rendimiento, distintos autores señalan que estas épocas corresponden al inicio de la brotación, el crecimiento de los sarmientos, la época de floración y envero (Shrestha *et al*., 2012; Skinkis., 2013). Las prácticas de control de malezas en los viñedos se realizan normalmente con la aplicación de herbicidas no selectivos como el glifosato, gufosinato y paraquat antes de la brotación y durante pos emergencia siendo esta última aplicación la causante de daños en las parras (Kadir *et al.,*2006). El control de malezas mediante herbicidas orgánicos puede ser una buena opción a implementar debido a que son menos tóxicos con el medio ambiente, su control biológico se base en la formulación con compuestos alelopáticos que tiene un efecto en la germinación, crecimiento y desarrollo de las malezas, aun cuando su modo de acción sea más lento (Celis *et al.,* 2008; Díaz., 2015) logran ser efectivos y no causan daños por toxicidad en las parras de vid.

CONCLUSIONES

El herbicida orgánico 3 a base de extracto de plantas silvestres alelopáticas /resina de pino no iónica / ácidos orgánicos enzimáticos / toxinas de *Puccinia* spp logró un control suficiente dentro del complejo de malezas evaluadas, sin causar ningún daño por toxicidad en las parras de vid. La aplicación de herbicidas orgánicos puede ser una buena alternativa de control dentro del manejo integral de control de malezas de cultivo de vid.

REFERENCIAS

Agamalian H.S. 1992. Vegetation Management Guidelines. Pp 326–330 in Grape Pest Management. D.L. Flaherty, L.P. Christensen, W.T. Lanini, J.J. Marois, P.A. Phillips, and L.T. Wilson (eds). Oakland, CA.

Basu C, Halfill M.D, Mueller T.C, Stewart C.N.J. 2004. Weed genomics: new tool to understand weed biology. Trends Plant Sci. 9:391–398.

Baumgartner K, Steenwerth K, Veilleux L. 2007. Effects of organic and conventional practices on weed control in a perennial cropping system. Weed Sciense. 55:352–358.

Buhler D.D. 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Sciense. 50:273–280.

Byrne M.E, Howell G.S. 1978. Initial response of Baco noir grapevine to pruning severity, sucker removal, and weed control. Am. J. Enol. Vitic. 29:192–198.

Celis. A., Mendoza. C., Pachón. M., Cardona. J., Delgado. W., Cuca. L.E. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroles con énfasis en la familia piperaceae. Una revisión. Agronomía Colombiana. 26(1): 97-106.

Chiapusio G, Pellissier F, Gallet C. 2004. Uptake and translocation of phytochemical 2-benzoxazolinone (BOA) in radish seeds and seedlings. J. Exp. Bot. 55:1587-1592.

Díaz - Ramírez A. 2015. Potencial de manejo post-emergente de malezas con alternativas de extractos vegetales. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 19-20

Kadir, S and Al-Khatib, K. 2006. Weed Control in Grape After Fall and Spring Application of Selected Herbicides. Weed Technology. 20:74-80

Ormeño, J., G. Pino-Rojas, and F. Garfe. 2008. Inhibition of yellow nutsedge (Cyperus esculentus L.) and bermudagrass (Cynodon dactylon (L.) Pers) by a mulch derived from rye (Secale cereal L.) in grapevines. Chilean J. Agr. Res. 68: 238-247.

Rizvi, S.J., H. Haque, V.K. Singh y V. Rizvi. 1992. A discipline called allelopathy. pp. 1-10. En: Rizvi, S.J. y V. Rizvi (eds.). Allelopathy: Basic and applied aspects. Chapman, Londres.

Sanguankeo P.P, Leon R.G, Malone J. 2009. Impact of weed management practies on grapevine growth and yield components. Weed science. 57:103-107

Skinkis, 2013. Información general sobre el manejo de un viñedo (Overview of vineyard floor management) articles.extension.org/pages/31151/informacin-general-sobre-el-anejo-de-un-viedo-overview-of vineyardfloor-managementPatty Skinkis, Universidad Estatal de Oregón.

Shrestha K. Hembree, M. Fidelibus, and K. Kurtural. 2012. Revisiting the Principles of Integrated Weed Management in Vineyards; California State University, Fresno, CA, 2 University of California Cooperative Extension, Fresno, CA.

DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA EN ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) en Zacatlán, Puebla.

Shaadi María Sánchez Espinosa[1], Guillermo Márquez Licona[2], Alma Rosa Solano Báez[2], Geremias Rodríguez Bautista[3], Hilda Elizabeth Flores Moctezuma[2]

[1] Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola. Carretera México-Texcoco, Km. 38.5. Texcoco, Estado de México CP 56230, México. [2] Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8, Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, CP 62731, México. [3] Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán, Jalisco, México.

RESUMEN

En la región productora de arándano orgánico de Zacatlán, Puebla se han observado síntomas y signos de roya, sin embargo, no hay información sobre la identidad de la especie de hongo que esté afectando el cultivo, lo que a su vez limita el establecimiento de estrategias eficaces de manejo. El objetivo de este trabajo fue determinar la morfología y patogenicidad del agente causal de la roya en arándano. La morfología se determinó mediante la caracterización de las estructuras reproductivas del hongo usando preparaciones permanentes de cortes histológicos de los uredinios y raspados de uredosporas, mientras que las pruebas de patogenicidad se realizaron mediante la inoculación de plantas sanas de arándano de 6 meses de edad. Los resultados de la caracterización morfológica mostraron que las estructuras reproductivas estuvieron asociadas al género *Pucciniastrum*. La determinación exacta del agente causal ayudará a la planeación de estrategias de manejo de la enfermedad, ya que se ha convertido en un problema que afecta la economía de los productores de arándano de Zacatlán, Puebla.

Palabras clave: caracterización morfológica, patogenicidad, roya.

ABSTRACT

In the organic blueberry producing region of Zacatlán, Puebla, symptoms and signs of rust have been observed, however, there is no information on the identity of the species of fungus that is affecting the crop, which in turn limits the establishment of strategies effective management. The objective of this work was to determine the morphology and pathogenicity of the causal agent of blueberry rust. Morphology was determined by characterizing the reproductive structures of the fungus using permanent preparations of uredinia histological sections and uredospore scrapings, while pathogenicity tests were performed by inoculating

healthy 6-month-old blueberry plants. The results of the morphological characterization showed that the reproductive structures were associated with the genus *Pucciniastrum*. The exact determination of the causative agent will help to plan disease management strategies, since it has become a problem that affects the economy of blueberry producers in Zacatlán, Puebla.

Keywords: morphological characterization, pathogenicity, rust.

INTRODUCCIÓN

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum)* es una especie perenne de la familia Ericaceae, que proviene del hemisferio norte, abarcando parte de Norteamérica, Europa Central y Eurasia (Carrillo, 2015). Los frutos de arándano contienen antocianinas con propiedades antioxidantes que contribuyen a la salud humana, además de aportar vitaminas, potasio y fibra al consumidor (SADER, 2017).

El arándano ha tenido impacto importante en el sector agrícola a nivel mundial y tienen un potencial de crecimiento sostenido en la superficie de siembra, el cual se observa debido a la demanda global del producto. Los tres principales países productores de este cultivo son Estados Unidos con el 48% del volumen mundial total (552 mil t anuales), como segundo lugar queda Perú y en tercer lugar Canadá. En México, los principales estados productores son: Jalisco (14 563 t), Michoacán (8 861 t) y Sinaloa (6 149 t), sin embargo, Michoacán se considera la principal entidad por el valor de las exportaciones (FAOSTAT, 2021).

El cultivo de arándano es tolerante a climas fríos, debido a su origen requiere de 800 h frio con temperaturas de 0 a 7°C, suelos ácidos con un pH de 4.5 a 5.0. Las plantas se pueden propagar de manera asexual a través de esquejes, rizomas y por micropropagación.

En las últimas décadas se han reportado plagas como el gorgojo del arándano *(Anthonomus musculus)*, el ácaro del arándano *(Acalitus vaccinii)*, la mosca del arándano *(Rhagoletis mendax),* el barrenador de la punta del arándano *(Hendecaneura shawiana),* los trips de la flor *(Frankliniella tritici)* y enfermedades de importancia agrícola que se presentan durante el desarrollo fenológico como: la roya *(Pucciniastrum* sp.*),* la mancha foliar *(Alternaria* sp.*),* la marchitez del arándano *(Fusarium* sp.*),* la secadera del arándano *(Phytophthora* sp.*),* la antracnosis *(Colletotrichum* sp.*)* y el moho gris *(Botrytis* sp.*)* (Polashock, 2017).

Para llevar un buen manejo integrado del cultivo es importante realizar prácticas culturales y complementarlo con alternativas biológicas y químicas durante todo el ciclo del arándano, de

esta manera se evita el menor daño posible a las plantas y la selección de biotipos que presenten resistencia a las moléculas sintéticas (Sandoval, 2016).

En la zona productora de arándano de Zacatlán, Puebla se observaron síntomas de roya y se recolectaron muestras de plantas enfermedad por lo que, en la presente investigación de planteó como objetivo determinar la identidad del agente causal de la roya en arándano cultivado en el municipio de Zacatlán, Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la primavera del 2023 se recolectaron muestras de plantas de arándano con síntomas de roya en el municipio de Zacatlán, (19°59'55.9"N 97°58'02.8"W) Puebla, México. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, del Instituto Politécnico Nacional y se herborizaron para después determinar la morfología de las esporas del parásito obligado. El proceso de herborización se realizó usando una prensa botánica de madera y se secaron prensando las hojas entre hojas de papel, con cambios de papel cada dos días por una semana.

La caracterización morfológica se realizó usando un microscopio compuesto (ZEISS Axio Imager A2) y uno estereoscópico (ZEISS SteREO Discovery. V8). Se realizaron preparaciones permanentes de cortes histológicos para observar los uredinios del hongo al microscopio compuesto; así mismo se hicieron preparaciones permanentes de raspados de los uredinios para la obtención de uredosporas. Para la elaboración de preparaciones permanentes se usó ácido láctico, el sellado de estas se realizó mediante la técnica del anillo de cera. Para la determinación de las características morfológicas del hongo se usó una cámara Axiocam ICc5 acoplada al microscopio compuesto, a través del software ZEN (Carl Zeiss) a 40x de aumento. Usando las preparaciones se midió el largo y ancho de 10 uredinios y 50 uredosporas, los datos obtenidos se analizaron para determinar la media, desviación estándar, valor mínimo y máximo.

La patogenicidad se demostró asperjando una suspensión de uredosporas (1 x105 esporas por mL) sobre 6 plantas de sanas de arándano de 6 meses de edad. El mismo número de plantas se asperjo solo con agua destilada estéril (plantas control). Todas las plantas se mantuvieron en cámara húmeda por 48h a 25± 2°C y humedad relativa del 95%. Después de este periodo las plantas se trasladaron al invernadero a y se mantuvieron ahí por 14 días a 28 ± 2°C y humedad relativa 50%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los síntomas de la enfermedad inician como manchas cloróticas en el haz de las hojas infectadas. Conforme la enfermedad avanzó, las marchas se tornan violáceas, se expanden sobre la lámina foliar y en el envés de las hojas, se formaron uredinios de color amarillo que contenían uredosporas, conforme pasó el tiempo estas pústulas se tornaron de color café, y en casos severos la enfermedad ocasiono la defoliación total de las plantas. La pérdida de las hojas ocasiona una severa reducción del área fotosintética de la planta, por lo que la reducción en la producción puede ser severa. La enfermedad estuvo presente en el 70% de las plantas, mientras que la cantidad de tejido dañado se mantuvo por debajo del 15%.

Para evitar lo anterior es necesario implementar medidas de manejo sustentables que permitan romper el ciclo de vida del patógeno a fin de evitar la diseminación de esporas y por consiguiente la propagación de la enfermedad, lo que finalmente se traducirá en la reducción del rendimiento del cultivo.

En la caracterización morfológica de las estructuras del hongo se observaron numerosas uredinias hipofilas que se desarrollan en el envés de manchas violáceas. La uredinosporas (11—18 × 17—22 µm) fueron de obovadas a elipsoides con un contenido de color amarillo a anaranjado. Las paredes (1.5 µm) de las uredinisporas fueron hialinas, de ligeramente arrugadas a equinuladas. Las telias y teliosporas no se observaron. Las características morfológicas observadas corresponden a lo descrito para la especie *Pucciniastrum vaccini* (Cummins y Hiratsuka, 2003; Polashock, 2017). Sin embargo, tal como lo menciona Polashock (2017) nos referimos a la especie *Pucciniastrum vaccini sensu lato*, por lo que, por tratarse de un complejo de especies, recomendamos la identificación molecular del hongo con el propósito de tener la certeza sobre la identidad del patógeno responsable de la enfermedad.

En las pruebas de patogenicidad, todas las plantas inoculadas con las esporas del hongo mostraron síntomas de la enfermedad 16 días después de la inoculación, mientras que las plantas control permanecieron sanas. Esta prueba se realizó dos veces obteniendo los mismos resultados. Las estructuras reproductivas del patógeno encontrado en las plantas inoculadas fue morfológicamente idéntico al observado en las plantas encontradas en campo (Postulados de Koch).



Figura 1. Roya foliar del arándano (*Pucciniastrum vaccini*). A. Manchas violáceas en el has de las hojas, producto de la infección de la roya. B. Pústulas amarillentas (uredinios) en el envés de las hojas que conicide con las manchas violáceas. C. Planta inoculadas con la suspensión de uredosporas. D. Cámara húmeda en la que se incubaron las plantas para propiciar la infección del patógeno.

Este es el primer reporte de *Pucciniastrum vaccini* causando roya en Zacatlán Puebla. Esta especie se ha reportado infectando en las zonas productoras de arándano más importantes del mundo causando infecciones de leves a severas (Farr y Rossman, 2023; Polashock, 2017). Debido a la severidad de la enfermedad en las plantas infectadas es necesario implementar medidas de manejo sustentables que permitan romper el ciclo de vida del patógeno, a fin de evitar la diseminación de esporas y por consiguiente la propagación de la enfermedad, lo que finalmente se traducirá en la reducción del rendimiento del cultivo.

REFERENCIAS

Cummins G.B, Hiratsuka Y. 2003. Illustrated genera of rust fungi. American Phytopathological Society (APS), St. Paul, Minnesota, USA, Third Edition. 223p.

FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. [consultado el 10 de abril de 2023] Disponible en: http://faostat.fao.org

Farr, D. F., and Rossman, A. Y. 2023. Fungal Databases, Syst. Mycol. Microbiol. Lab., ARS, USDA. Retrieved February 1, 2023, from https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/.

García-Rubio, J. C., G. García-González y M. Ciordia Ara. 2018. El cultivo de Arándano en el Norte de España. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias. Asturias, Ast, España. 188 p.

Sandoval-Briones, C., Nuñez, A.F. 2016. Control químico de tizón temprano y pudrición de fruto. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 39-58p.

SIAP. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México, CDMX, MX. 215 p.

Secretaria de Agricultura Y Desarrollo Rural (2017). Arándano un fruto con maravillosas propiedades. gob.mx. [consultado el 10 de abril de 2023] Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/arandano#:~:text=El%20ar%C3%A1ndano%20es%20uno%20de,fruto%20fortalece%20el%20sistema%20inmunitario.

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS FOLIARES EN AVENA FORRAJERA

Lugo-Palacios, Aarón David [1]; Gallegos-Robles, Miguel Ángel [1*]; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel[1]; Lugo-Palacios, Raúl Eduardo[1]; Castellanos-Pérez, Edmundo [1].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio -Tlahualilo, Dgo. km 35 Ej. Venecia, Dgo. Mex.

[*]garoma64@hotmail.com

RESUMEN

La agricultura orgánica muestra un crecimiento importante en la demanda de los consumidores, la fertilización foliar con abonos orgánicos es necesaria de explorar como posible alternativa en la producción de forraje. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar tendencia lineal o cuadrática de dos abonos orgánicos foliares en la avena forrajera variedad Cuauhtémoc. El experimento fue realizado en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Los abonos orgánicos foliares Supermagro y Biofish se aplicaron en concentraciones separadas de 150 y 300 cm^3 por litro de agua. Se encontró tendencia lineal para ambos abonos en variables de rendimiento y calidad ($P<0.01$).

Palabras clave: fertilizantes orgánicos, forrajes, avena.

ABSTRACT

Organic agriculture shows significant growth in consumer demand, foliar fertilization with organic fertilizers is necessary to explore as a possible alternative for forage production. This study was developed with the objective of determining the trend, whether linear or quadratic, of two foliar organic fertilizers in Cuauhtémoc variety forage oats. The experiment was carried out in the agricultural field of the Faculty of Agriculture and Zootechnics. The organic foliar fertilizers Supermagro and Biofish were applied in separate concentrations of 150 and 300 cm^3 per liter of water. A linear trend was found for both fertilizers in yield and quality variables ($P<0.01$).

Key words: organic fertilizers, forages, oat.

INTRODUCCIÓN

La avena es el forraje más importante de invierno a nivel mundial (Dangi, 2021). La región laguna no es la excepcion, siendo el forraje central por extensión territorial y por producción de materia seca en dicho ciclo (SADER, 2022). Es fundamental para la producción de leche de ganado bovino, actividad ampliamente valiosa en la zona (Rodríguez-Hernández

et al., 2018). De acuerdo al SADER (2022), la avena representa alrededor del 87% de la superficie cosechada en la region laguna en los ultimos años. Acorde al SIAP (2022), a nivel nacional la región laguna Durango ocupó el primer lugar en 2021 en la superficie cosechada de avena forrajera en la modalidad de riego con 8779.75 ha con una producción de 35.51 ton/ha, seguida por la región laguna Coahuila con 6441.0 ha y una producción de 38.18 ton/ha.

Considerando el aporte historico por grupo de forrajes en la esfera estatal, en Coahuila de Zaragoza representa el 11% de la superficie cosechada con una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 22.13%, así como el 10% del ingreso económico. En cuanto a Durango, abarca el 51% de la superficie cosechada para forraje generando el 23% del valor monetario (SIACON, 2022).

La absorción de nutrientes por vía foliar tiene antecedentes favorables en diversos cultivos, entre ellos forrajes (Iqbal et al., 2019; Adnan et al., 2020). Sin embargo, la respuesta de las plantas a la absorción foliar aún es insuficiente, ante esto se requiere continuar más experimentación (Fernández et al., 2015). La aplicación de nutrientes vía foliar posee ventajas en comparación a la nutrición edáfica, así evita perdidas por filtración y la absorción de los nutrientes por la planta es relativamente más rápida (Patil y Chetan, 2018). En el caso de los forrajes, se ha encontrado que mantiene o eleva la producción de materia seca en forrajes como la avena, disminuye la dependencia de fertilizantes sintéticos y reduce costos si el fertilizante es preparado por el agricultor (Alabdulla, 2019; Kumar et al., 2022).

El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de dos abonos orgánicos foliares (Supermagro y Biofish) en el rendimiento de avena forrajera y algunas variables de calidad bromatológica. La hipótesis es que la aplicación de estos incrementara los valores, en caso de encontrar tendencia lineal la dosis óptima del cultivo aun no es alcanzada. Caso contrario si la tendencia resulta cuadrática.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, ubicado en el ejido Venecia en el municipio de Gómez Palacio, Durango con coordenadas geográficas 25.7839, -103.3509. Para analizar el efecto de los abonos orgánicos foliares Supermagro y Biofish se distribuyeron los tratamientos en un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron 150 cm^3 l^{-1} de supermagro, 300 cm^3 l^{-1} de supermagro, 150 cm^3 l^{-1} de biofish, 300 cm^3 l^{-1} de biofish y el testigo. El área de siembra fue de 2373 m^2 la cual fue barbechada y rastreada previamente. La avena se sembró al voleo el 30 de septiembre de 2022 y se tapó con un paso de rastra quedando a profundidad

de 2-6 cm. La densidad de siembra fue de 168 kg/ha. La parcela útil por cada repetición fue de 2 m^2 la cual fue identificada respectivamente. Para aplicar los tratamientos se agregaron 150 ó 300 cm^3 del abono orgánico foliar correspondiente por cada litro de agua en una aspersora manual. La aplicación de los tratamientos fue espaciada con promedio cada nueve días, entre las 8:00 am y 10:00 am. La temperatura media durante la aspersión fue de 13.9°C con humedad media de 37.97%. Se concretó en condiciones soleadas con una velocidad media de 7.62 km/h. Las fechas de aplicación fueron el 02, 14 y 25 de noviembre, 05, 16 y 27 de diciembre, 04, 08, 18, 25 de enero y 01 de febrero. El riego fue superficial, las de este fechas fueron el 05 de octubre, 07 de noviembre, 07 de diciembre de 2022 y el 12 de enero y 17 de febrero del 2023 con lámina de riego total de 100 cm. El corte fue a los 163 días después de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticamente se encontró tendencia lineal en algunas variables con la aplicación de ambos abonos orgánicos foliares. En el cuadro 1 se aprecia que el abono Supermagro presentó significancia en contraste ortogonal lineal (P<0.01) para la variable de PV, MS, FDN, FDA y MSD. A su vez, la aplicación de Biofish obtuvo diferencia significativa en contraste ortogonal lineal (P <0.01) en las variables PV, MS y FDN como se ve en cuadro 2.

Considerando la fertilidad del suelo sobre el que se realizó el experimento los contenidos de macronutrientes de P y K están por encima de la demanda de la avena, sin embargo, el N presentó contenido limitado con 115.22 kg ha^{-1}. El requerimiento de la avena es 120 kg ha^{-1} de N y 60 kg ha^{-1} de P (INIFAP, 2009). El Supermagro aportó 0.3 kg ha^{-1} l^{-1}, Biofish 3.07 kg ha^{-1} con dosis de 300 cm^3. En cuanto al P, Supermagro 1.13 kg ha^{-1} y Biofish 11.09 kg ha^{-1}, ambos con dosis de 300 cm^3 l^{-1}. Alcanzando a cubrir parcialmente la demanda nutrimental de macronutrientes.

Cuadro 1. Resultados para ciclo otoño-invierno, septiembre 2022 - marzo 2023 con Supermagro.

Variables	Tratamientos			Contraste	
	5	1	2	Lineal	Cuadrático
PV kg/m^2	1.195	2.720	3.513	**	
MS kg/m^2	0.412	0.954	1.172	**	
Ceniza g/kg	107.09	98.17	100.76	ns	ns
FDN	555.68	595.05	667.99	**	

g/kg					
FDA g/kg	323.96	375.18	405.48	**	
HC g/kg	231.72	219.86	262.51	ns	ns
MSD g/kg	636.63	596.73	573.12	**	

* = diferencia significativa P < 0.05, ** = altamente significativo P < 0.01, ns = no significativo

Cuadro 2. Resultados para ciclo otoño-invierno, septiembre 2022 - marzo 2023 con Biofish.

Variables	Tratamientos			Contraste	
	5	3	4	Lineal	Cuadrático
PV kg/m^2	1.195	2.553	2.960	**	
MS kg/m^2	0.412	0.970	1.110	**	
Ceniza g/kg	107.09	106.39	99.22	ns	ns
FDN g/kg	555.68	787.32	773.56	**	
FDA g/kg	323.96	415.24	387.91	ns	ns
HC g/kg	231.72	372.07	385.64	ns	ns
MSD g/kg	636.63	565.52	586.81	ns	ns

* = diferencia significativa P < 0.05, ** = altamente significativo P < 0.01, ns = no significativo.

De igual manera, Mazaro et al. (2013) encontraron tendencia lineal con Supermagro en rendimiento de fresa a 0.5%, 1%, 2% y 4%. Araújo et al. (2008) reportaron mayor acumulación de MS en café a 12% en comparación a dosis mayores. Sin embargo, González et al. (2015) encontraron diferencia estadística a favor de concentración de 30% en variables de producción.

Los resultados a la dosis de 300 cm^3 l^{-1} presentan similitud a otros autores. Reta-Sanchez et al. (2023) reportaron 11,244 kg ha^{-1}, a su vez González-Cifuentes et al. (2022) 10,116 kg ha^{-1}. Ambos con fertilización nitrogenada de 250 kg ha^{-1}, Ochoa-Espinoza et al.

(2022) produjeron en ciclo O–I 2017/2018 6,081 kg ha^{-1} y en ciclo O–I 2018/2019 7,433 kg ha^{-1}.

El contenido de Ca aumentó la masa de la pared celular y se vio reflejado en el rendimiento puesto que este actúa como activador transcripcional del CSC, ello impacta en el incremento de FDN y FDA (Oliveira et al., 2014). En relación, el nivel de FDN presentó correlación con MS como se ha observado en otros trabajos (Sánchez-Gutiérrez et al., 2014). Las medias de Supermago y Biofish en FDN, FDA y MSD fueron similares a lo reportado por otros autores (Reta-Sanchez et al., 2023; Ochoa-Espinoza et al., 2022).

CONCLUSIONES

Los abonos orgánicos foliares Supermagro y Biofish aumentan el rendimiento de la avena variedad Cuauhtémoc. Sin embargo, disminuyen la calidad bromatológica del cultivo al incrementar el contenido de FDA y por ende desciende la MSD.

REFERENCIAS

Adnan, M., Abbas, B., Asif, M., Hayyat, M. S., Raza, A., Khan, B. H., and Khalid, M. (2020). Role of micro nutrients bio-fortification in agriculture: A review. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 24(4), 209-213.

Alabdulla, S. A. (2019). Effect of foliar application of humic acid on fodder and grain yield of oat (Avena sativa L.). Research on Crops, 20(4), 880-885.

Araújo, J. B. S., Carvalho, G. J. D., Guimarães, R. J., Morais, A. R. D., y Cunha, R. L. D. (2008). Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiro.

Dangi, S. (2021). Oat as green fodder and its intercropping benefits: A review. *Agricultural Reviews*, *42*(1), 66-72.

Fernández, V., Sotiropoulos, T., y Brown, P. (2015). *Fertilización Foliar: Principios Científicos y Práctica de Campo.* Primera Edición. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. Paris, Francia. ISBN: 979-10-92366-03-7.

González, J. D., Mosquera, J. D., e Trujillo, A. T. (2015). Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. *Ingeniería y Región*, *13*, 103-111.

González-Cifuentes, A. I., Reta-Sanchez, D. G., Cueto-Wong, J. A., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., & Reyes-González, A. (2022). Aporte de carbono y nitrógeno al suelo por residuos de cultivos forrajeros alternativos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *13*(5), 773-784.

INIFAP. (2009). Paquete tecnológico para el cultivo avena para grano. Recuperado el 26 de junio del 2023, de http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/58.pdf.

Iqbal, M., Abdul, H., Muzammil, H., Imtiaz, H., Tanveer, A., Saira, I., e Anser, A. (2019). Uma Meta-Análise sobre o Impacto da Adubação Foliar com Micronutrientes na Produtividade e Geração de Receitas de Culturas Forrageiras. *Planta Daninha*, *37*.

Kumar, D., Singh, M., yadav, M. R., Makarana, G., Kushwaha, M. A. N. I. S. H., Dutta, S., ... y Rajesh, B. (2022). Growth and yield performance of fodder oats (Avena sativa) grown under different nutrient management practices. Indian J. Agric. Sci, 92, 267-272.

Mazaro, S. M., Mangnabosco, M. C., Citadin, I., Paulus, D., y de Gouvea, A. (2013). Produção e qualidade de morangueiro sob diferentes concentrações de calda bordalesa, sulfocálcica e biofertilizante supermagro. Semina: Ciências Agrárias, 1(34), 3285-3294.

Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Cano-Ríos, P., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., García-Martínez, J. E., ... & Quiroga-Garza, H. M. (2022). Rendimiento y valor nutritivo de cereales y cártamo forrajero en la Comarca Lagunera. *Biotecnia*, *24*(2), 142-148.

Patil, B., y Chetan, H. T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. Marumegh, 3(1), 49-53.

Reta Sánchez, D. G., Sánchez Duarte, J. I., Ochoa Martínez, E., González Cifuentes, A. I., Reyes González, A., & Rodríguez Hernández, K. (2023). Rendimiento y valor nutricional de brásicas forrajeras en comparación con forrajes tradicionales. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *14*(1), 237-247.

Rodríguez-Hernández, K., Ochoa-Martínez, E., Sánchez-Duarte, J. I., Núñez-Hernández, G., y González-Avalos, R. (2018). Proceso de crianza de becerras y vaquillas de reemplazo en establos especializados de tamaño mediano de la región Lagunera, México. *Ciencia e Innovación*, *1*(2), 335-348.

SADER. (2022). Resumen Económico. Recuperado el 26 de junio de 2023, en https://www.elsiglodetorreon.com.mx/suplementos/?v=res/2022/2/&des.

Sánchez Gutiérrez, R. A., Gutiérrez Bañuelos, H., Serna Pérez, A., Gutiérrez Luna, R., & Espinoza Canales, A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *5*(2), 131-142.

SIAP. Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero. 2022. SAGARPA, México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola. Consulta 14 de Agosto 2022.

EFECTO DE ACTINOBACTERIAS APLICADAS EN PRE Y POS APLICACIÓN EN LABORATORIO PARA CONTROL DE ROYA ASIÁTICA EN SOYA

Zeferino Vicente-Hernández[1], Moisés Felipe-Victoriano[2], Raúl Rodríguez-Guerra[3*], J. Isabel López-Arroyo[3], Isidro Humberto Almeyda-León[3]

[1]Profesionista independiente. [2]INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, kilómetro 55 Carretera Tampico-Ciudad Mante C.P. 89610, Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. [3]INIFAP, Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, C.P. 67400, General Terán, Nuevo León, México.

rodriguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

La roya asiática de la soya causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow se distribuye ampliamente en el mundo y causa cuantiosas pérdidas en el rendimiento de la soya. El uso de fungicidas y genotipos resistentes son las principales estrategias utilizadas para su control. Investigaciones recientes han sido dirigidas a la selección de microorganismos para su biocontrol. Previamente se ha reportado una cepa de actinobacteria (MT-42) capaz de reducir significativamente el daño por roya en hojas desprendidas de soya. En esta investigación se evaluó la capacidad de esta actinobacteria por su capacidad preventiva y curativa contra *P*. *pachyrhizi*. Los resultados mostraron que la actinobacteria es capaz de proteger a la soya aplicándola al menos tres días antes del fitopatógeno, y puede reducir la severidad de la enfe*rmedad al aplicarla a los 3 y 6 días después de la inoculación de urediosporas de P. pachyrhizi*.

Palabras clave: Biocontrol, *Phakopsora pachyrhizi*, acción preventiva y curativa.

ABSTRACT

Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow is widely distributed throughout the world and causes significant yield losses in soybean. Fungicides and resistant genotypes use are the main strategies used for its control. Recent investigations have been directed to the selection of microorganisms for their biocontrol. A strain of actinobacteria (MT-42) capable of significantly reducing rust damage in detached soybean leaves has previously been reported. In this investigation, the capacity of this actinobacteria was evaluated for its preventive and curative capacity against *P*. *pachyrhizi*. The results showed that the actinobacteria is capable of protecting soybean by applying it at least three days before the

phytopathogen, and can reduce the severity of the disease by applying it 3 and 6 days after the inoculation of *P*. *pachyrhizi* urediospores.

Key words: Biocontrol, *Phakopsora pachyrhizi*, preventive and curative action.

INTRODUCCIÓN

La roya asiática, *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, es una enfermedad originaria de Asia, ampliamente distribuida en el mundo que afecta principalmente el cultivo de soya, en el cual puede ocasionar pérdidas en rendimiento de un 50 a 100% (Terán *et al*., 2007; Sharma and Gupta, 2006). Su control se basa principalmente mediante fungicidas y resistencia genética (García-Rodríguez *et al*., 2018; Ivancovich, 2005), y son escasas las investigaciones dirigidas a la búsqueda de microorganismos con potencial para utilizarse como agentes de biocontrol de la enfermedad. Las actinobacterias son un grupo con elevada importancia en diversas áreas de interés debido a su capacidad de producir diversos productos químicos (Jakubiec-Krzesniak *et al*., 2018; Hasani *et al*., 2014; Sharma *et al*., 2014). En el área agrícola numerosas actinobacterias han mostrado gran potencial como antagonistas y agentes de biocontrol de fitopatógenos (Ebrahimi-Zarandi *et al*., 2022; O'Brien, 2017). Rodríguez-Guerra *et al*. (2022a) identificaron cepas sobresalientes por su capacidad de inhibir la germinación de urediosporas de *P*. *pachyrhizi* y de tener un importante efecto de biocontrol de la enfermedad. Una de estas cepas (MT-42) causó los mayores porcentajes de inhibición de seis variables medidas sobre hojas inoculadas con roya; sin embargo, se desconoce el potencial de esta actinobacteria para tener un efecto preventivo o curativo de la enfermedad. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la cepa MT-42 en pre y post inoculación de urediosporas de *P. pachyrhizi* en soya, mediante la técnica de hoja desprendida en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el mes de octubre de 2022, en el Laboratorio de Toxicología, en el Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS), ubicado en el Municipio de Altamira, Tamaulipas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Se utilizó una población de roya asiática colectada en noviembre de 2021 de un cultivo de soya variedad Huasteca 400, en el Ejido Francisco I. Madero, Municipio de González, Tamaulipas, México. En el laboratorio la multiplicación de urediosporas se realizó de acuerdo a la metodología desarrollada por el Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) (Yamanaka *et al*., 2021). La cepa MT-42 fue aislada de del municipio de El Mante, Tamaulipas, México, en 2021 y se caracterizó previamente por su capacidad de

inhibir la germinación de urediosporas y de biocontrol de *P*. *pachyrhizi* (Rodríguez-Guerra *et al*., 2022a); esta cepa se utilizó para determinar su capacidad preventiva y curativa de la enfermedad. Otra cepa de actinobacteria aislada de una muestra de suelo del estado de Oaxaca, con fuerte actividad inhibitoria de la germinación de conidios de *Fusarium* sp. (datos no publicados), fue utilizada sólo para determinar su capacidad preventiva de la enfermedad. El experimento se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Yamanaka *et al*. (2021) con ligeras modificaciones. Se evaluaron dos cepas de actinobacterias (MT-42 y SOM-13). Se preparó una suspensión de agua destilada con Tween 20® al 0.04% a una concentración de 10^5 urediosporas mL^{-1}. Foliolos de soya de la variedad Huasteca 700, fueron colocados en grupos de tres con el envés hacia arriba dentro de cajas Petri de 12 x 12 cm. La aplicación de la roya asiática se realizó mediante un pincel, mientras que las aplicaciones de las actinobacterias (7.626 x 10^5 mL^{-1}) se realizaron mediante 7 aspersiones a una distancia aproximada de 20 cm. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron de acuerdo al Cuadro 1. Los tratamientos fueron mantenidos en oscuridad por 12 h y posteriormente en un fotoperiodo de 12:12 h en luz y obscuridad.

Cuadro 1. Tratamientos establecidos en el experimento.

Tipo de aplicación	Tratamientos
Pre-aplicación de actinobacterias	MT-42 (aplicación de roya 3 DDI de la actinobacteria)
	SOM-13 (aplicación de roya 3 DDI de la actinobacteria)
	Testigo sólo roya (inoculada con roya 3 DDDI)
	Testigo absoluto (sin aplicación de roya o actinobacteria)
Post-aplicación de actinobacteria	MT-42+roya (aplicación simultanea de roya y actinobacteria)
	MT-42+roya (aplicación de actinobacteria 3 DDI con roya)
	MT-42+roya (aplicación de actinobacteria 6 DDI con roya)
	Testigo sólo roya (aplicación de sólo roya)
	Testigo absoluto (sin aplicación de roya o actinobacteria)
	DDI= Días después de la inoculación, DDDI= Días después de incubación de hojas desprendidas.

Con la suspensión de las urediosporas, se determinó el porcentaje de germinación en agar agua al 0.5% sobre un portaobjetos, después de 12 h. 15 días de establecido el experimento se revisó el envés de los foliolos y se registró el nivel de esporulación al estereoscopio, nivel de esporulación visual, número de uredios totales (número de uredios en 30 lesiones), uredios abiertos (número de uredios abiertos en 30 lesiones) así como el porcentaje de área dañada mediante el programa IMAGEJ (Yamanaka *et al*., 2021). Cada tratamiento consistió de seis repeticiones (foliolos) y se establecieron bajo un diseño completamente al azar.

Con los datos obtenidos se realizaron pruebas de normalidad; cuando los valores fueron normales y cuantitativos se realizó una prueba paramétrica (ANOVA de una vía), cuando los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad y fue una variable cualitativa se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los análisis se llevaron a cabo en el Programa estadístico SAS 9.0 y en la página: https://www.statskingdom.com/kruskal-wallis-calculator.html.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las urediosporas empleadas en la evaluación presentaron una viabilidad del 57.3 % a las 12 horas después de la inoculación. De acuerdo a los ANOVAS y a la prueba de Kruskal-Wallis, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en la evaluación de pre-inoculación de actinobacterias para el control de roya asiática en soya. La actinobacteria SOM-13 presentó los valores más bajos en nivel de esporulación al estereoscopio-visual, uredios abiertos y % de severidad respecto a la cepa MT-42 (Cuadro 2).

La aplicación de la actinobacteria tres días antes de la inoculación de la roya asiática, tuvo un efecto biocontrolador de la enfermedad (Figura 1.). El nivel de esporulación al estereoscopio se redujo entre un 69.7 y 86.2 %, los uredios totales se redujeron entre un 56 y 63.7 %, los uredios abiertos al momento de la evaluación oscilaron entre el 57.9 al 66 %, mientras que la severidad de la enfermedad en los foliolos se vio reducida entre un 44.5 y 63.1 %. El testigo absoluto no presento síntomas o signos de roya y la hoja se mantuvo de un color verde oscuro, respecto a foliolos tratados los cuales presentaron síntomas y signos de roya astica y diferentes niveles de clorosis. El efecto biocontrolador de las actinobacterias contra roya asiática posiblemente se debe a la amplia producción de compuestos químicos por parte de las actinobacterias como antibióticos, u otros compuestos fungicidas capaces de inhibir la germinación de ureodiosporas de roya asiática (Borah *et al*., 2022; Choudoir *et al*., 2019; Sánchez-García *et al*., 2019). Rodríguez-Guerra *et al*. (2022b**)** mencionan que actinobacterias aisladas de suelo tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos de raíz como *Fusarium oxysporum, F. solani, Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*; nuestros hallazgos en esta investigación refuerzan lo reportado por dichos autores.

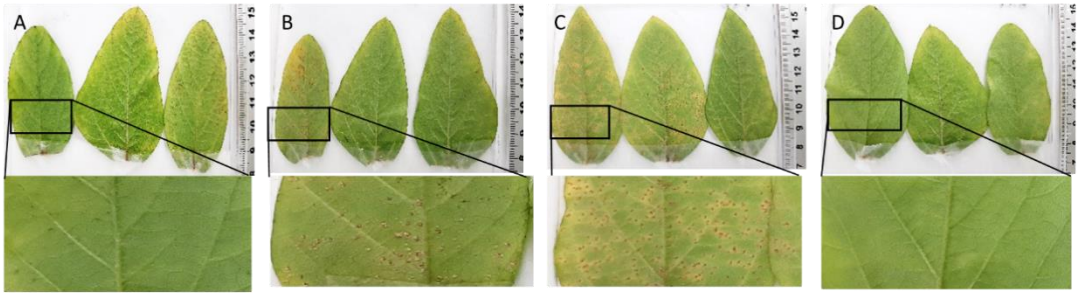


Figura 1. Reacción de foliolos de soya Huasteca 700, 15 días después de la inoculación con roya asiática. A) MT-42 (mas roya 3 DDI de la actinobacteria), B) SOM-13 (mas roya 3 DDI de la actinobacteria), C) Testigo (roya 3 DDEE), D) Testigo absoluto (sin aplicación de roya o actinobacteria). Los recuadros muestran un acercamiento de las reacciones observadas.

Cuadro 2. Efecto de actinobacterias en pre-inoculación de roya asiática en foliolos de soya.

	Kruskal-Wallis				ANOVA 1 VIA		
Tratamientos	Nivel estereoscopio	esporulación	Nivel visual	esporulación	Uredios totales	Uredios abiertos	% Severidad
Testigo absoluto	*0.0	+0.0 b[2]	*0.0	+0.0 a[2]	0.00 b[2]	0.00 b[2]	0.00 b[2]
Testigo sólo roya (inoculada 3 DDDI)	2.04	1.99 a	1.33	1.5 a	3.39 a	2.71 a	22.47 a
MT-42 (aplicación de roya 3 DDI)	0.62	0.0 b	0.67	0.0 a	1.23 b	1.14 ab	12.47 ab
SOM-13 (aplicación de roya 3 DDI)	0.28	0.02 b	0	0.0 a	1.49 ab	0.92 ab	8.29 ab
p > 0.05		0.0034		0.0268	0.0019	0.0053	0.016

* Columnas con medias de tratamiento; + Columna con medianas de prueba Kruskal-Wallis; [2] Literales diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey; p <0.05). DDDI= Días después de incubación de hojas desprendidas. DDI= Días después de la inoculación de actinobacteria.

La aplicación de la actinobacteria del día 0 a los 6 DDI de la inoculación con roya asiática no presentó diferencias estadísticas significativas en las variables nivel de esporulación al estereoscopio-visual, uredios abiertos y uredios totales, los cuales fueron similares al testigo. La variable % de severidad presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, el daño en los foliolos se redujo entre un 33.7 y 68.9 % respecto al testigo con roya.

Cuadro 3. Efecto de actinobacterias en pos-inoculación de roya asiática en foliolos de soya.

	Kruskal-Wallis				ANOVA 1 VIA		
Tratamientos	Nivel esporulación estereoscopio		Nivel esporulación visual		Uredios totales	Uredios abiertos	% Severidad
Testigo absoluto	*0	+0.0 b[2]	*0	+0.0 a[2]	0.00 b[2]	0.00 b[2]	0.00 b[2]
Testigo sólo roya	1.54	1.20 a	0.67	0.5 a	3.59 a	2.78 a	17.40 a
MT-42+roya (aplicación simultanea de roya y actinobacteria)	1.47	1.0 a	0.33	0.0 a	2.66 a	1.94 a	5.88 ab
MT-42+roya (aplicación de actinobacteria 3 DDI de roya)	1.57	1.95 a	1	1.0 a	3.02 a	2.20 a	11.54 ab
MT-42+roya (aplicación de actinobacteria 6 DDI de roya)	1.03	1.0 a	0.5	0.5 a	1.92 a	1.66 ab	5.41 ab
p > 0.05		0.0085		0.0657	<.0001	0.0009	0.0069

* Columnas con medias de tratamiento; + Columna con medianas de prueba Kruskal-Wallis; [2] Literales diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey; p <0.05). DDI= Días después de la inoculación de actinobacteria.

Rodríguez-Guerra *et al*., (2022a), en evaluaciones previas con la cepa MT-42, reportaron diferencias para estas variables respecto al testigo; aunque no podemos explicar los resultados aquí observados en el porcentaje de severidad al inocular MT-42+roya (aplicación de actinobacteria 3 DDI con roya), el menor porcentaje respecto al testigo con roya fue similar a lo reportado por estos autores. En otros estudios se reporta que diversas cepas de microorganismos antagónicos como *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* y *Trichoderma harzianum*

tienen la capacidad de reducir la severidad de la roya asiática en soya de un 61.2 a 98.6% en ensayos de laboratorio (Dorighello *et al*., 2015; Twizeyimana y Hartman, 2019).

CONCLUSIONES

La aplicación de las actinobacteria MT-42 y SOM-13 antes de la inoculación de la roya asiática, reduce significativamente el nivel de esporulación, los uredios totales, uredios abiertos, y la severidad de la enfermedad en los foliolos comparado con el testigo. Los resultados en laboratorio permitieron conocer el efecto de compuestos producidos por actinobacterias, sin embargo, es importa llevar las investigaciones en campo para conocer los efectos de las actinobacterias con poblaciones locales ya establecidas de roya asiática.

REFERENCIAS

Borah, A., Hazarika, S. N., and Thakur, D. (2022). Potentiality of actinobacteria to combat against biotic and abiotic stresses in tea [*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze]. *Journal of Applied Microbiology*, *133*(4), 2314-2330.

Choudoir, M., Rossabi, S., Gebert, M., Helmig, D., and Fierer, N. (2019). A phylogenetic and functional perspective on volatile organic compound production by actinobacteria. *MSystems, 4*(2), e00295-18.

Dorighello, D. V., Bettiol, W., Maia, N. B., and de Campos, R. M. V. B. (2015). Controlling Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) with Bacillus spp. and coffee oil. *Crop Protection, 67*, 59-65.

Ebrahimi-Zarandi, M., Saberi Riseh, R., and Tarkka, M. T. (2022). Actinobacteria as effective biocontrol agents against plant pathogens, an overview on their role in eliciting plant defense. *Microorganisms, 10*(9), 1739.

Rodríguez-Guerra, R., Felipe-Victoriano, M., Peña-Carrillo, K. I., López-Arroyo, J. I., Almeyda-León, I. H., Vicente-Hernández, Z., Narváez-Rodríguez, Á. I. y González-Gutiérrez, R. C. (2022a). Roya Selección de actinobacterias para el biocontrol de la roya asiática de la soya, *Phakopsora pachyrhizi*. *Biotecnología y Sustentabilidad*, *7*(1), 106-118.

Rodríguez-Guerra, R., González-Gutiérrez, R. C., Rodríguez-Villarreal, R. A., Robledo-Leal, E. R., Peña-Carrillo, K. I., López-Arroyo, J. I., Almeyda-León, I. H., Felipe-Victoriano, M., and Narváez-Rodríguez, Á. I. (2022b). Actinobacterias antagónicas contra hongos fitopatógenos de raíz. *Biotecnología y Sustentabilidad*, *7*(1), 45-59.

Hasani A., Kariminik, A., and Issazadeh K. (2014). Streptomycetes: Characteristics and their antimicrobial activities. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res. 2*:63-75.

Ivancovich A. (2005). Soybean rust in Argentina. *Plant Disease-St Paul. 89*(6):667-668.

Jakubiec-Krzesniak, K., Rajnisz-Mateusiak, A., Guspiel, A., Ziemska, J., and Solecka, J. (2018). Secondary metabolites of actinomycetes and their antibacterial, antifungal and antiviral properties. *Polish Journal of Microbiology, 67*(3), 259-272.

O'Brien, P. A. (2017). Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology, 46*(4), 293-304.

Sánchez-García, B. M., Ramírez-Pimentel, J. G., Guevara-Acevedo, L. P., Raya-Pérez, J. C., Covarrubias-Prieto, J., y Mora-Avilés, M. A. (2019). Actinobacterias con potencial antagónico in vitro a hongos fitopatógenos y promoción del crecimiento en plantas de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(SPE23), 339-344.

Sharma, M., Dangi, P., and Choudhary, M. (2014). Actinomycetes: source, identification, and their applications*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3*(2), 801-832.

Sharma, S. K., and Gupta, G. K. (2006). Current status of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) - A review. *Agricultural Reviews, 27*(2), 91-102.

Terán, V. A. P., Ascencio, L. G., Maldonado, M. M., y Avila, V. J. (2007). La roya asiática de la soya en México. Folleto Técnico Núm. 22. CIRNE- INIFAP, Altamira, Tamaulipas, México.

Twizeyimana, M., and Hartman, G. L. (2019). Effect of selected biopesticides in reducing soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) development. *Plant Biotecnología y Sustentabilidad, 7*. (1), (2022)

Yamanaka, N., M. Kato, H. Akamatsu and Yamaoka, Y. (2021). Laboratory Manual for Studies on Soybean Rust Resistance (version 26). Japan International Research Center of Agricultural Sciences (JIRCAS). 51 p.

EFECTOS DE DOSIS DE INSECTICIDAS EN LAS DENSIDADES DE PULGONES E INSECTOS DEPREDADORES ASOCIADOS EN NOGAL PECANERO

EFFECTS OF INSECTICIDE DOSES ON DENSITIES OF APHIDS AND ASSOCIATED PREDATOR INSECTS IN PECAN

Urbano Nava-Camberos[1,2], Verónica Ávila-Rodríguez[2], José Luis García-Hernández[1], Gilberto Jonathan Barrientos-Sánchez[1], Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa[2], Jorge Maltos-Buendía[3]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
e-mail: nava_cu@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se realizó con los objetivos de evaluar la efectividad de dosis de los insecticidas flonicamid (Beleaf) y sulfoxaflor (Toretto) para el control de pulgones amarillos y negros del nogal, así como su efecto en las poblaciones de la fauna insectil benéfica. Con base en los resultados obtenidos se concluye que los insecticidas sulfoxaflor y flonicamid, a las distintas dosis, fueron altamente efectivos en el control de pulgones amarillos y negros del nogal. Los principales depredadores asociados a pulgones del nogal fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp., catarinitas, *Olla v-nigrum*, *Hippodamia convergens* y *Scymnus* sp., arañas depredadoras de diferentes especies y chinches asesinas, *Zelus* sp.. Las densidades de crisopas verdes y catarinitas fueron afectadas negativamente por la aplicación de diferentes dosis de sulfoxaflor y flonicamid. Las arañas depredadoras no fueron afectadas por los insecticidas. Las chinches asesinas solo fueron afectadas negativamente por las distintas dosis de flonicamid.

Palabras clave: nogal, insecticidas, pulgones, insectos depredadores.

ABSTRACT

The present study was conducted with the objectives of evaluating the effectiveness of doses of the insecticides flonicamid (Beleaf) and sulfoxaflor (Toretto) for the control of yellow

pecan aphids and black pecan aphids, as well as their effect on populations of beneficial insect fauna. Based on the results obtained, it is concluded that the insecticides sulfoxaflor and flonicamid, at different doses, were highly effective in the control of yellow and black pecan aphids. The main predators associated with walnut aphids were: green lacewings, Chrysoperla spp. and Chrysopa spp., ladybugs, Olla v-nigrum, Hippodamia convergens and Scymnus sp., predatory spiders of different species and assassin bugs, Zelus sp.. Densities of green lacewings and ladybugs were adversely affected by the application of different doses of sulfoxaflor and flonicamid. Predatory spiders were not affected by the insecticides. Assassin bugs were only adversely affected by the different doses of flonicamid.

Keywords: pecan, insecticides, aphids, predatory insects.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores limitantes de la productividad del nogal en la Comarca Lagunera lo constituyen las plagas. Las plagas primarias del nogal en la Comarca Lagunera son el gusano barrenador de la nuez (GBN), *Acrobasis nuxvorella*, y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis*, el pulgón amarillo de márgenes negros, *Monellia caryella*, y el pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae*. El gusano barrenador del ruezno (GBR), *Cydia caryana*, se ha incrementado en las huertas de nogal de la región, convirtiéndose en una plaga de importancia económica. Otras plagas de importancia secundaria son el gusano telarañero, *Hyphantria cunea* y el complejo de chinches, *Leptoglossus zonatus*, *Acanthocephala femorata*, *Chlorochroa ligata*, *Nezara viridula* y *Euchistus servus*. Recientemente se han detectado árboles de nogal atacados por el barrenador ambrosial de la madera (BAM), *Euplatypus segnis*. El GBN, GBR y el complejo de pulgones son las plagas principales y las más ampliamente distribuidas en las diferentes regiones nogaleras de México. La Laguna es la región con mayor problemática de plagas y la Costa de Hermosillo es la región con un complejo de plagas menos numeroso (Aguilar 2007, Nava y Ramírez 2002, Tarango et al. 2013a,b, Tarango et al. 2014). Los objetivos del presente estudio fueron evaluar la efectividad de dosis de los insecticidas flonicamid (Beleaf) y sulfoxaflor (Toretto) para el control de pulgones amarillos y negros del nogal, así como su efecto en las poblaciones de la fauna insectil benéfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la huerta de nogal de 10 años de edad de la FAZ-UJED, durante octubre y noviembre del 2022. Se evaluaron ocho tratamientos consistentes en cuatro dosis de los insecticidas selectivos Toretto (sulfoxaflor) y Beleaf (flonicamid), además de un testigo sin tratar (Cuadro 1). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la parcela experimental (unidad experimental) fue un árbol de nogal.

Se realizó una sola aplicación de los insecticidas el 26 de octubre de 2022. La aplicación se realizó con una aspersora de mochila motorizada (marca Arimitzu), calibrada para aplicar 3 L por árbol de nogal. Se utilizó el coadyuvante Buffer XS a la dosis de 1 ml por 1 L de agua.

Las variables evaluadas fueron: densidades de pulgones amarillos, pulgones negros e insectos benéficos asociados. Se realizó un muestreo de insectos previo a la aplicación el 25 de octubre y muestreos posteriores el 29 de octubre, 2 y 9 de noviembre, correspondiendo a 3, 7 y 14 días después de la aplicación (dda), respectivamente. El muestreo consistió en inspeccionar y contar los insectos presentes en el haz de los foliolos de una hoja compuesta. El tamaño de muestra fue de 10 hojas por árbol. Se calcularon los porcentajes de eficacia de los tratamientos de insecticidas para los datos de densidades de pulgones amarillos y pulgones negros mediante la fórmula de Henderson-Tilton (Henderson y Tilton 1955):

$$\% \text{ de eficacia} = [1- (Tdda \times Cpre)/(Tpre \times Cdda)] \times 100$$

Donde: Tdda = número de insectos en la parcela tratada después de la aplicación, Tpre = número de insectos en la parcela tratada en el muestreo previo a la aplicación, Cdda = número de insectos en la parcela control o testigo sin tratar después de la aplicación, Cpre = número de insectos en la parcela control o testigo sin tratar en el muestreo previo a la aplicación.

Cuadro 1. Insecticidas y dosis evaluados para el control de pulgones del nogal.

Tratamiento	Dosis/ha (mL)
1. Sulfoxaflor (Toretto)	75
2. Sulfoxaflor (Toretto)	100
3. Sulfoxaflor (Toretto)	125
4. Sulfoxaflor (Toretto)	150
5. Flonicamid (Beleaf)	75
6. Flonicamid (Beleaf)	100
7. Flonicamid (Beleaf)	125
8. Flonicamid (Beleaf)	150
9. Testigo	Sin tratar

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad de los insecticidas para el control de pulgones amarillos. Los promedios de pulgones amarillos/hoja en los diferentes tratamientos de insecticidas evaluados durante las fechas de muestreo efectuadas se presentan en la Figura 1. Los porcentajes de eficacia de los tratamientos de insecticidas estimados mediante la fórmula de Henderson-Tilton se muestran en el Cuadro 2.

En el muestreo previo realizado el 25 de octubre del 2022 las poblaciones de pulgones amarillos fueron altas (17.3 a 31.0 pulgones/hoja) en los diferentes tratamientos. En el testigo sin tratar las poblaciones de pulgones amarillos fueron de 17.3 pulgones/hoja, en el muestreo previo, las cuales casi se duplicaron en el siguiente muestreo (3 dda) y posteriormente declinaron (rango de 7.8 a 32.7 y promedio de 20.0 pulgones/hoja) (Figura 1).

Las diferentes dosis de sulfoxaflor (Toretto) y flonicamid (Beleaf) redujeron notablemente las poblaciones de pulgones amarillos a los 3, 7 y 14 dda, con respecto al muestreo previo (Figura 1). Los insecticidas sulfoxaflor y flonicamid, a las distintas dosis,

fueron altamente eficaces contra los pulgones amarillos hasta los 14 dda (75-91% y 89-95%, respectivamente) (Cuadro 2). Fu et al (2012) y Tarango et al. (2013b) reportaron que el insecticida flonicamid (Beleaf) fue altamente eficaz para el control del pulgón amarillo del nogal.

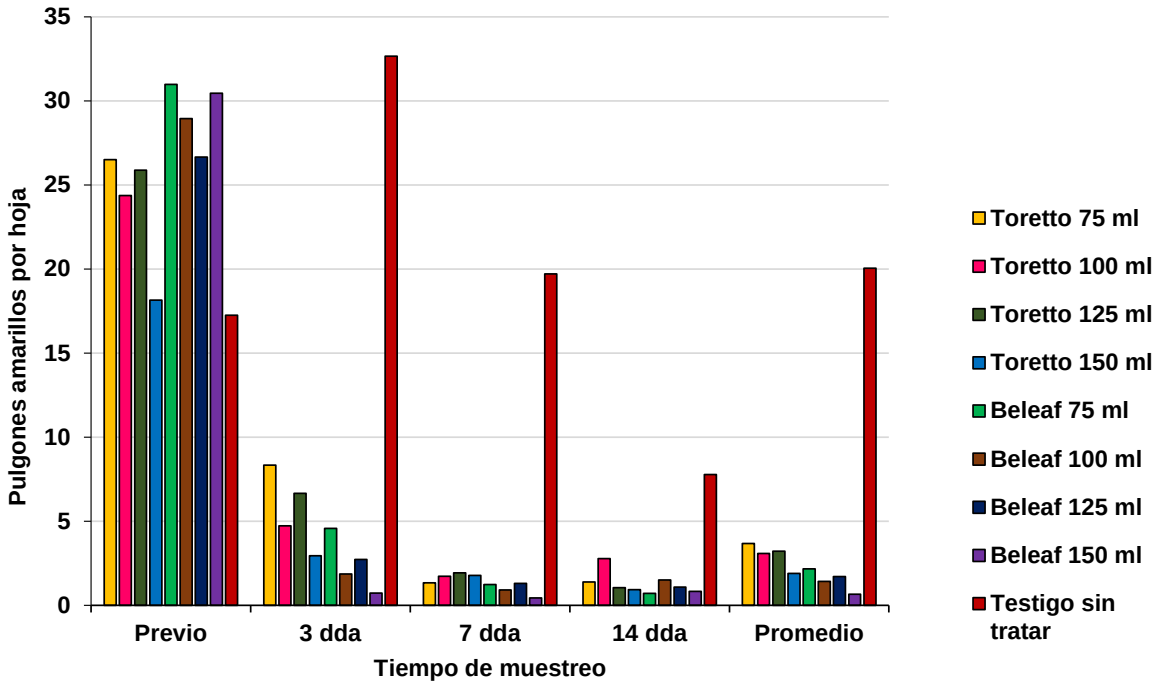


Figura 1. Promedios de pulgones amarillos por hoja en los tratamientos de insecticidas evaluados en el cultivo de nogal, durante el ciclo P-V 2022, FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Cuadro 2. Porcentajes de eficacia de las dosis de insecticidas para el control de pulgones amarillos en el cultivo de nogal, durante el ciclo P-V 2022, FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Tratamiento	Días después de la aplicación			Promedio
	3	7	14	
Toretto 75 ml	83.4[b]	95.6	88.5	88.1
Toretto 100 ml	89.8	93.8	74.7	89.1
Toretto 125 ml	86.4	93.5	91.0	89.3

Toretto 150 ml	91.4	91.4	88.7	91.1
Beleaf 75 ml	92.2	96.5	95.0	94.0
Beleaf 100 ml	96.6	97.3	88.5	95.8
Beleaf 125 ml	94.6	95.7	91.1	94.5
Beleaf 150 ml	98.7	98.8	94.0	98.1
Testigo sin tratar	0.0	0.0	0.0	0.0

Efectividad de los insecticidas para el control de pulgones negros. Los promedios de pulgones negros/hoja en los diferentes tratamientos de insecticidas evaluados durante las fechas de muestreo efectuadas se presentan en la Figura 2. Los porcentajes de eficacia de los tratamientos de insecticidas estimados mediante la fórmula de Henderson-Tilton se muestran en el Cuadro 3.

En el muestreo previo realizado el 25 de octubre del 2022 las poblaciones de pulgones negros fueron muy elevadas (21.6 a 46.3 pulgones/hoja) en los diferentes tratamientos. En el testigo sin tratar las poblaciones de pulgones negros fueron de 21.6 pulgones/hoja, en el muestreo previo, las cuales se incrementaron en los siguientes dos muestreos (3 y 7 dda) y posteriormente declinaron (rango de 8.6 a 35.4 y promedio de 25.4 pulgones/hoja) (Figura 2).

Las diferentes dosis de sulfoxaflor (Toretto) y flonicamid (Beleaf) redujeron significativamente las poblaciones de pulgones negros a los 3, 7 y 14 dda, con respecto al muestreo previo (Figura 2). Los insecticidas sulfoxaflor y flonicamid, a las distintas dosis, ejercieron eficacias altas en el control de los pulgones negros hasta los 14 dda (73-90% y 83-95%, respectivamente) (Cuadro 3). Tarango et al. (2013b) reportaron que el insecticida flonicamid (Beleaf) fue altamente eficaz para el control del pulgón negro del nogal.

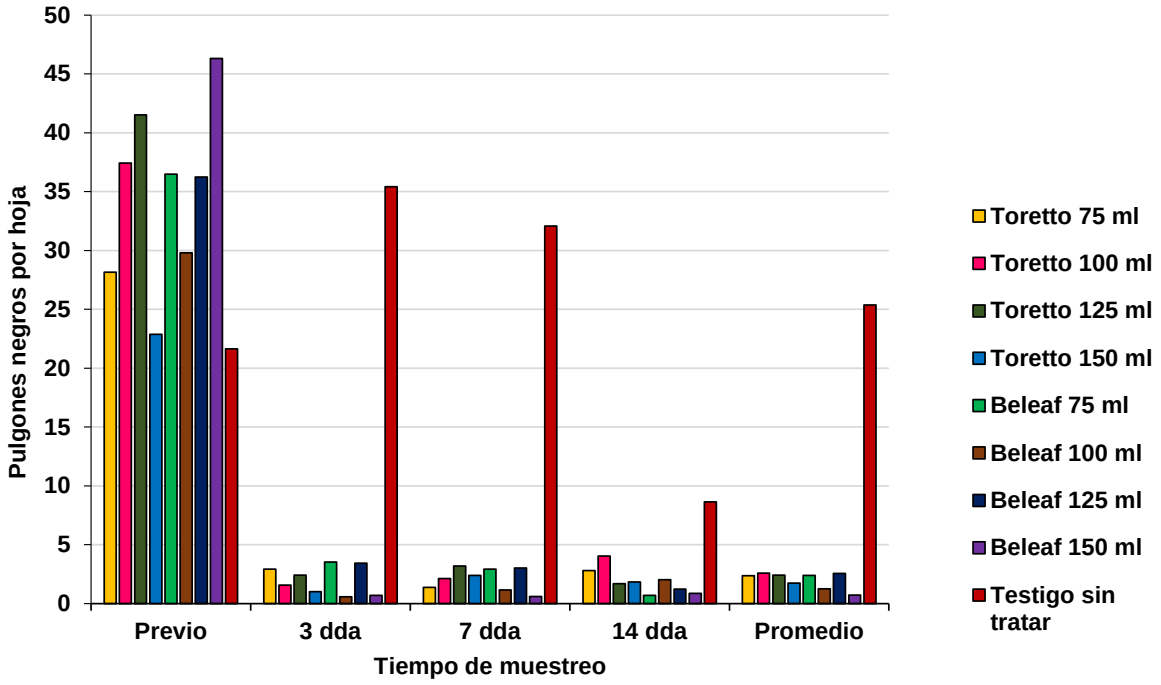


Figura 2. Promedios de pulgones negros por hoja en los tratamientos de insecticidas evaluados en el cultivo de nogal, durante el ciclo P-V 2022, FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Cuadro 3. Porcentajes de eficacia de las dosis de insecticidas para el control de pulgones negros en el cultivo de nogal, durante el ciclo P-V 2022, FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Tratamiento	Días después de la aplicación			Promedio
	3	7	14	
Toretto 75 ml	93.7	96.7	75.1	92.8
Toretto 100 ml	97.4	96.2	73.0	94.1
Toretto 125 ml	96.5	94.8	89.9	95.0
Toretto 150 ml	97.3	93.0	80.0	93.5
Beleaf 75 ml	94.1	94.6	95.2	94.4
Beleaf 100 ml	98.8	97.4	83.0	96.4

Beleaf 125 ml	94.2	94.4	91.5	94.0
Beleaf 150 ml	99.1	99.1	95.4	98.7
Testigo sin tratar	0.0	0.0	0.0	0.0

Efecto de los insecticidas en los insectos benéficos. En el testigo sin tratar los depredadores se incrementaron gradualmente a través del tiempo de muestreo. El insecticida sulfoxaflor (Toretto), a las diferentes dosis, causó una reducción severa (59-92%) de las poblaciones de depredadores a los 14 dda. El insecticida flonicamid (Beleaf), causó una reducción significativa (28-96%) de las densidades de artrópodos benéficos a los 14 dda, en las diferentes dosis, excepto la dosis de 125 ml (Cuadro 4).

Los principales depredadores asociados a pulgones del nogal fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp. (60%), Catarinitas, *Olla v-nigrum*, *Hippodamia convergens* y *Scymnus* sp. (28%), arañas depredadoras de diferentes especies (7%) y chinches asesinas, *Zelus* sp. (5%). Las poblaciones de crisopas verdes se redujeron apreciablemente a los 14 dda por la aplicación de sulfoxaflor a las diferentes dosis, así como por el flonicamid a las dosis de 100 a 150 ml. Las poblaciones de catarinitas se redujeron significativamente desde los 3 dda al aplicar 100, 125 y 150 ml de sulfoxaflor; mientras que el flonicamid, a las distintas dosis, afectó negativamente a estos depredadores a los 14 dda. Las arañas depredadoras no fueron afectadas por los insecticidas. Las chinches asesinas solo fueron afectadas negativamente por el flonicamid, a las distintas dosis, a los 14 dda.

Cuadro 4. Promedios de depredadores por 10 hojas compuestas de nogal en los tratamientos de insecticidas evaluados en el cultivo de nogal, durante el ciclo P-V 2022, FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

Tratamiento	Muestreo	Días después de la aplicación			Promedio
	Previo	3	7	14	
Toretto 75 ml	20.3	50.8	16.3	2.5	23.2
Toretto 100 ml	12.8	14.0	14.5	4.0	10.8
Toretto 125 ml	35.3	11.0	16.8	3.0	10.3
Toretto 150 ml	16.5	27.0	13.0	6.8	15.6
Beleaf 75 ml	16.8	11.8	33.8	12.0	19.2
Beleaf 100 ml	5.5	9.3	15.8	2.3	9.1
Beleaf 125 ml	5.5	21.5	11.3	5.8	12.8
Beleaf 150 ml	32.5	39.5	22.8	1.3	21.2
Testigo sin tratar	3.8	4.0	11.8	17.5	11.1

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que los insecticidas sulfoxaflor y flonicamid, a las distintas dosis, fueron altamente efectivos en el control de pulgones amarillos y negros del nogal. Los principales depredadores asociados a pulgones del nogal fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp., catarinitas, *Olla v-nigrum*, *Hippodamia convergens* y *Scymnus* sp., arañas depredadoras de diferentes especies y chinches asesinas, *Zelus* sp.. Las densidades de crisopas verdes y catarinitas fueron afectadas negativamente por la aplicación de diferentes dosis de sulfoxaflor y flonicamid. Las arañas depredadoras no fueron afectadas por los insecticidas. Las chinches asesinas solo fueron afectadas negativamente por las distintas dosis de flonicamid.

.

REFERENCIAS

Aguilar P., H. 2007. Principales plagas de nogal en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto Técnico 14. Zaragoza, Coahuila, México.

Henderson, C. F. and E. W. Tilton. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. J. Econ. Entomol. 48:157-161.

Nava C., U., y M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal, pp. 145-176. *En* J. Arreola A. y I. Reyes J. [eds.], Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Libro Técnico 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.

Tarango R., S. H., G. García N., y J. R. Burrola M. 2013a. Manejo del barrenador del ruezno en Chihuahua. Folleto Técnico 42. Campo Experimental Delicias-INIFAP, Delicias, Chih. http://comenuez.com/wp-content/uploads/2018/ assets/manejo-del-barrenador-del-ruezno-en-chihuahua-1.pdf

Tarango R., S. H., G. García N., y J. R. Burrola M. 2013b. Manejo de áfidos del nogal pecanero. Folleto Técnico 33. Campo Experimental Delicias-INIFAP. Delicias, Chih. http://comenuez.com/wp-content/uploads/2018/assets/manejo_de_afidos_del_nogal_pecanero1.pdf

Tarango, R. S. H., A. González H., y G. García. N. 2014. Manejo del barrenador de la nuez en Chihuahua. Folleto Técnico 26. Campo Experimental Delicias-INIFAP, Cd. Delicias, Chihuahua. http://comenuez.com/wp-content/uploads/2018/assets/manejo-del-barrenador-de-la-nuez-en-chihuahua-1.pdf

Fu C., A. A., J. Sánchez R., J. Grageda G., E. Urías G., L. A. Esquer P., C. E. Apodaca V., D. Noriega M., y J. M. Montaño. 2012. Control químico del complejo de pulgones en nogal, historial de uso de insecticidas en la Costa de Hermosillo, Sonora. CIRNO-INIFAP, Campo Experimental Costa de Hermosillo. Memoria Científica No. 3. XIII Simposio Internacional de Nogal Pecanero 2012. Pp. 37-50.

EFECTO DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES SOBRE LA MOSQUITA BLANCA, *Bemisia tabaci* GEN., EN TOMATE EN MALLA SOMBRA

Juan Patricio Reyes-Maya[1], Homero Sánchez-Galván[1], Urbano Nava-Camberos[1,2], David Ovalle-Rios[2], Verónica Ávila-Rodríguez[1], Jorge Maltos-Buendía[3]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

e-mail: reyesmayajuanpatricio9@gmail.com

RESUMEN

Uno de las principales limitantes de producción del tomate es el gran número de plagas y enfermedades, La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), constituye un riesgo para los productores de tomate, ya que transmite el virus rizado amarillo de la hoja del tomate (TYLCV), donde el uso de productos químicos de síntesis ha provocado altos niveles de resistencia de esta plaga, lo que ha inducido a buscar alternativas y estrategias de manejo biorracional, que sean más sostenibles y amigables con el medio ambiente. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de productos biorracionales, a base de *Beauveria bassiana*, jabón potásico y extracto de neem aplicados a diferentes dosis, sobre las poblaciones de mosquita blanca en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Se encontró que las aplicaciones de dosis intermedias y altas de productos biorracionales, así como del insecticida convencional Muralla Max, causaron una reducción de las poblaciones de la plaga del 43 al 45%, lo cual se considera una efectividad media.

Palabras clave: Tomate, *Bemisia tabaci*, insecticidas biorracionales, *Beauveria bassiana*, neem, jabones.

ABSTRACT

One of the main limitations in tomato production is the extense number of pests and diseases. The sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci,* constitutes a risk for tomato growers, since it transmits tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), the use of synthetic chemical

products has caused high levels of resistance of this pest, which has led to the search of alternatives and strategies of biorational managemente, more sustainable and friendly to the environment. The objective of the present study was to evaluate the effect of biorational products, based on *Beauveria bassiana*, potassium soap and neem extract applied at different doses, on white fly populations in tomato under greenhouse conditions. It was found that the applications of intermediate and high doses of biorational products, as well as the conventional insecticide Muralla Max, caused a reduction of pest populations from 43 to 45%, which is considered a medium effectiveness.

Keywords: Tomato, *Bemisia tabaci,* bioratinal insecticides*, Beauveria bassiana,* extract of neem, potassium soap*.*

INTRODUCCIÓN

Dentro de la horticultura el tomate representa uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial debido a su alto consumo, interés económico y valor nutricional ya que, funge como principal ingrediente de diferentes productos de la industria alimenticia (Marín, 2017). Entre los años 2000 y 2020 la producción mundial de vegetales creció en un 65%, en cantidades exactas se refiere de 446 millones de toneladas en el 2000 a 1128 millones de toneladas en el 2020. Del porcentaje de producción total de vegetales en este periodo de tiempo, el tomate fue la principal especie vegetal con un 16% de la producción total, siendo China el principal productor de tomate con 35% de producción a nivel mundial (FAO, 2022). Por su parte México es uno de los diez principales productores de tomate en todo el mundo, contribuye con el 1.7% de la producción mundial de esta hortaliza y el 19 % de las exportaciones internacionales de este producto convirtiéndolo en el principal país exportador de tomate (Montaño et al., 2021). Según datos del SIAP en México en 2022 fueron sembradas 20,567,362.34 hectáreas de tomate de las cuales fueron cosechadas 20,011,529.54, con un valor de producción de 884, 791, 507.11 millones de pesos. En nuestro país, el cultivo de tomate tiene importancia no solo como generador de divisas sino, también por la elevada derrama económica que proporciona empleo una gran cantidad de trabajadores estacionales en el campo. Crea y fomenta el empleo de otras ramas de las actividades económicas, como el transporte, y empresas dedicadas a la venta de insumos (Santiago, 1998).

La fenología del cultivo está determinada principalmente por la variedad y condiciones climáticas o ambientales a las que esta expuesto el cultivo. Se pueden diferenciar cuatro etapas o periodos del desarrollo fenológico de la planta de tomate: Germinación, desarrollo vegetativo, floración y fructificación (Haifa Chemicals, 2014)

Uno de las principales limitantes de producción del tomate es el gran número de plagas y enfermedades a las que es altamente susceptible, estas pueden variar según el país, o incluso entre regiones (Ruiz Nájera et al., 2011). La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), representa un gran reto para los productores debido a que es transmisor de virus en tomate y muchos otros cultivos (Sabillón & Bustamante, 1995). La enfermedad del rizado amarillo de la hoja de tomate (TYLCV), constituye una seria amenaza para la producción de tomate a nivel mundial, siendo la mosca blanca el único transmisor conocido de esta enfermedad (Rodríguez et al*.,* 2003). Sin dudarlo podríamos afirmar que el principal y en ocasiones el único control de las poblaciones de *Bemisia tabaci* es el uso de productos químicos (López Avila et al*.*, 1999), que debido a su excesivo uso han dotado a numerosas plagas de tolerancia y resistencia, además de ocasionar una serie problemas irreversibles principalmente en temas de fertilidad de suelo, contaminación de los sistemas agrícolas y perdida de artropofauna benéfica (Cardona et al., 2001). Estos problemas generan la necesidad de implementar estrategias de manejo más sostenibles y benéficas para los sistemas agrícolas y el ambiente (Canul, 2019). Una alternativa que ha tomado fuerza en las últimas décadas es el manejo biorracional de plagas que se presume generan un impacto mínimo al ambiente, los productos biorracionales en su totalidad son de origen natural, biológicos o de síntesis química, usualmente poco tóxicos a enemigos naturales de la plaga en cuestión (García-Gutiérrez et al*., 2012).* Murillo-Cuevas y colaboradores en el 2020 indicaron que el uso de hongos entomopatógenos mostro un control en las poblaciones de *Bemisia tabaci* en cultivos de jitomate en condiciones de invernadero y a campo abierto, de igual forma el uso de productos a base de extractos como el aceite de nim también muestran porcentajes altos de control de las poblaciones de esta plaga. El objetivo general del trabajo de investigación fue el de evaluar el efecto de diferentes productos biorracionales mediante aspersión foliar sobre *Bemisia tabaci* en cultivo de tomate, bajo condiciones de malla sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el cultivo de tomate establecido en Ejido Venecia, Durango, en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, bajo condiciones de malla sombra, durante un periodo del 21 de marzo al 01 de agosto de 2023. El cultivo se sembró en charolas de unicel de 200 cavidades, y utilizando sustrato Peat moos (Kekila®), utilizando el hibrido "Nereyda®", con un sistema de desarrollo indeterminado. El trasplante se llevó a cabo 39 días después de la siembra, en una superficie de 200 m^2, en un sistema de malla sombra. La plantación se realizó en camas, formadas a una distancia de 1.5 metros entre camas y una distancia de 22 cm entre plantas a hilera sencilla, con una población equivalente a 30,000 plantas por ha. Para el manejo de cultivo se utilizó hilo rafia para el guiado y enrede de la planta, el riego y la fertilización se dio en forma diaria, con un sistema de riego por goteo utilizando macronutrientes (N, P, K), y micronutrientes (Ca, Mg, Fe, Bo, Mn, Zn). Se evaluaron cuatro tratamientos de productos biorracionales, los cuales se compararon con un insecticida convencional (Muralla Max) y un testigo sin tratar (Cuadro 1). Los productos biorracionales evaluados fueron *Beauveria bassiana*, extracto de Neem y jabón potásico orgánico, realizando dos aplicaciones foliares de cada producto con una frecuencia de cada 7 días, realizando muestreos previos y posteriores a cada aplicación, revisando el envés de la quinta hoja de las plantas muestreadas, los datos obtenidos fueron concentrados en Microsoft Excel, para su análisis y elaboración de gráficas.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de moscas blancas en el cultivo de tomate en casa sombra, FAZ-UJED, 2023.

Tratamiento	Productos y dosis por 1 litro de agua	Número de aplicaciones
Testigo sin tratar	---	0
Convencional	Muralla Max 1.5 ml	6
Biorracionales 1	B. bassiana 10 ml	2
	Jabón potásico 2.5 ml	2

	Extracto de neem 2.0 ml	2
	B. bassiana 20 ml	2
Biorracionales 2	Jabón potásico 5.0 ml	2
	Extracto de neem 3.0 ml	2
	B. bassiana 30 ml	2
Biorracionales 3	Jabón potásico 10.0 ml	2
	Extracto de neem 4.0 ml	2
	B. bassiana 40 ml	2
Biorracionales 4	Jabón potásico 20 ml	2
	Extracto de neem 5.0 ml	2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las densidades de moscas blancas fueron muy bajas del 6 de mayo al 10 de junio, posteriormente se incrementaron hasta alcanzar un pico poblacional el 1 de julio y después se redujeron en todos los tratamientos. Las aplicaciones de dosis bajas de los productos biorracionales (Biorracionales 1) presentaron densidades de moscas blancas similares a las del testigo sin tratar, por lo que no fueron efectivas para el control de la plaga. Las aplicaciones de dosis intermedias y altas de los productos biorracionales (Biorracionales 2, 3 y 4) presentaron densidades menores que las del testigo sin tratar. El insecticida convencional Muralla Max presentó densidades más bajas que las del testigo sin tratar, las cuales fueron similares a las de los insecticidas biorracionales con dosis intermedias y altas (Biorracionales 2 y 4) (Figura 1). Los productos biorracionales, a dosis intermedias y altas (Biorracionales 2 y 4) y Muralla Max causaron reducciones de las densidades de moscas blancas del 43 al 45%, lo que indica que ejercieron una efectividad media de la plaga (Cuadro 2), estos resultados coinciden con los obtenidos en trabajo realizado en tomate bajo condiciones de invernadero, donde se obtuvieron porcentajes de eficacia del 43.49 al 45.49% utilizando Neem al 4% y un 24.82 al 34.95 utilizando Neem + *B. Bassiana*, a los 7 y 14 días después de la aplicación, respectivamente (Murillo-Cuevas et al., 2020),

porcentajes más bajos que los obtenidos en el cultivo de calabaza a campo abierto, utilizando extracto de Neem al 5%, y extracto de Higuerilla con porcentajes de eficacia del 78.2 y 69.7%, respectivamente (Hernández-Castro et al., 2023), diferentes a los resultados obtenidos por Aguirre (2020) usando Neem al 5% en tomate, cuyos resultados a los 7 días no fueron muy satisfactorios.

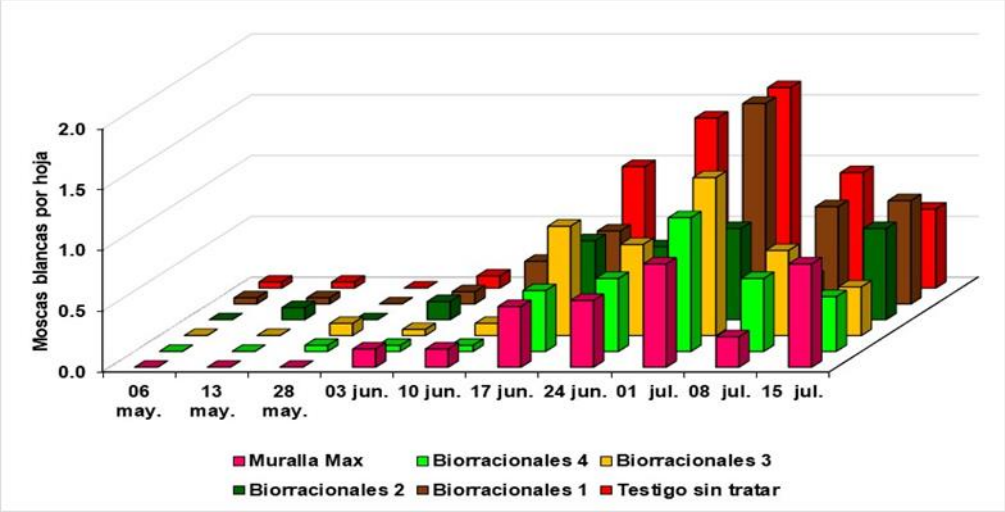


Figura 1. Densidades de adultos de moscas blancas en los tratamientos de insecticidas evaluados, FAZ-UJED, 2023.

Cuadro 2. Promedios de adultos de moscas blancas por hoja y porcentajes de reducción de la población en los tratamientos de insecticidas evaluados, FAZ-UJED, 2023.

Tratamiento	Adultos por hoja	% de reducción
Testigo sin tratar	0.60	0.0
Muralla Max	0.33	44.5
Biorracionales 1	0.50	16.8
Biorracionales 2	0.34	42.9
Biorracionales 3	0.43	27.7
Biorracionales 4	0.34	42.9

CONCLUSIONES

El efecto de los productos biorracionales en dosis bajas no mostraron efectividad en el control de mosquita blanca, sin embargo, en dosis medias y altas se observó un grado de efectividad media, causando reducciones de un 43 a un 45% en las poblaciones de mosquita blanca, por lo que se pueden considerar como tácticas de control en programas de manejo integrado de plagas.

REFERENCIAS

Aguirre, F. C. T. (2021). Evaluación de insecticidas biorracionales para el control de mosca blanca (Bemisia spp.) en el cultivo de tomate a campo. *Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico*, (15), e2021007-e2021007.

FAO. (2022). Agricultural Production Statistics. 2000–2020. FAOSTAT analytical brief series no. 41.

Hernández-Castro, E., Monteón-Ojeda, A., Romero-Rosales, T., Vargas-Madriz, H., Acuña-Soto, J. A., Azuara-Domínguez, A., & Lázaro-Dzul, M. O. (2023). EFICACIA DE COMPUESTOS BOTÁNICOS Y CONVENCIONALES PARA EL CONTROL DE MOSCA BLANCA, Bemisia tabaci GENN.(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN CALABACITA EN EL CENTRO-SUR DE MÉXICO: Spanish. *Acta Agrícola y Pecuaria*, *9*(1).

Montaño Méndez, Iliana Enriqueta, Valenzuela Patrón, Iván Narcizo, & Villavicencio López, Kennia Valeria. (2021). Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(7), 1185-1197

Ruiz Nájera Ramiro Eleazar, Ruiz Nájera, José Alfredo, Guzmán González Salvador, & Pérez Luna Esaú de Jesús. (2011). Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 27(2), 129-137.

Sabillón, A., & Bustamante, M. (1995). Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (Lycopersicon esculentum Mill.).

Rodríguez, M. D., Paullier, J., Buenahora, J., & Maeso, D. (2003). Mosca blanca: importante plaga de los cultivos hortícolas. Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA (Eds) Montevideo, Uruguay. Prontográfica SA, 1-19.

Santiago, J., & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (Lycopersicon esculentum, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*, 59-65.

Chemicals, H. (2014). Recomendaciones Nutricionales para tomate en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero (en invernadero) (en línea). *Miami, Estados Unidos de América*.

López Avila, A., Cardona Mejía, C., García González, J., Rendón, F., & Hernández, M. (1999). La problemática de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae en cultivos anuales en el trópico alto, valles interandinos y costas de Colombia y Ecuador. 5. Reconocimiento e identificación de enemigos naturales [resumen]. In *Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (26, 1999, Santafé de Bogotá, DC, Colombia). Resúmenes.*

Cardona, C., Rendón, F., García, J., López-Avila, A., Bueno, J. M., & Ramírez, J. D. (2001). Resistencia a insecticidas en Bemisia tabaci y Trialeurodes vaporariorum (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia y Ecuador. *Revista colombiana de Entomología*, *27*(1), 33-38.

García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., & Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, *8*(3), 57-71.

Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Fernández-Viveros, J. A., Villegas Narváez, J., López-Morales, V., & Meneses-Márquez, I. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia*, *22*(1), 39-47.

EFECTO DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA, QUÍMICA Y MIXTA EN RENDIMIENTO DE MAÍZ EN GUASAVE, SINALOA

Graciano-Obeso, Adalid[1*]; Hernández-Hernández, Aidé[2]; Maldonado-Peralta, Ramiro[3] y Castro Perea, Eddy Zabdiel[4]

[1, 2, 3] Profesores Investigadores del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave (TecNM/ITSG), en la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.

[4] Estudiante del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave (TecNM/ITSG), en la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.

Carretera a Brecha, sin número, Ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81149

*adalid.go@guasave.tecnm.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes de México y juega un papel importante en la seguridad alimentaria. La necesidad de aumentar la producción de maíz para coincidir con el crecimiento de la población mientras se mantiene la estabilidad ambiental, ha impactado la evolución de la agricultura con el desarrollo de diversas modalidades, entre ellas la agricultura orgánica. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica, química y mixta en el rendimiento del cultivo de maíz en Guasave, Sinaloa. Para lograrlo, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variable de respuesta fue el efecto de la fertilización sobre variables agronómicas del cultivo de maíz en cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base a la alternativa de fertilización; orgánica, química y mixta. Como resultados se tiene que el tratamiento donde se aplicó fertilización mixta (50% orgánica y 50% química) fue donde se obtuvo un rendimiento mayor, con 13.11 toneladas de maíz por hectárea, además fue el tratamiento donde se tuvo una mayor altura de planta y un mayor valor en la variable de peso de 1,000 semillas, con valores de 3.10 m y 350.21 gr, respectivamente. Por tanto se puede decir que la fertilización mixta es una opción viable en la producción de maíz, la cual contribuye al cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: fertilización orgánica, maíz, fertilización mixta, rendimiento.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important cereal crops in Mexico and plays an important role in food security. The need to increase corn production to match population growth while maintaining environmental stability has impacted the evolution of agriculture with the development of various modalities, including organic agriculture. The objective of the present investigation was to evaluate the effect of organic, chemical and mixed fertilization on the yield of the corn crop in Guasave, Sinaloa. To achieve this, a completely randomized design (DCA) with three repetitions was established, as a response variable was the effect of fertilization on agronomic variables of the corn crop in each of the treatments of the experiment, which were established based on the fertilization alternative; organic, chemical and mixed. The results show that the treatment where mixed fertilization (50% organic and 50% chemical) was applied was where the highest yield was obtained, with 13.11 tons of corn per hectare, it was also the treatment where the highest plant height and a higher value in the weight variable of 1,000 seeds, with values of 3.10 m and 350.21 gr, respectively. Therefore, it can be said that mixed fertilization is a viable option in corn production, which contributes to caring for the environment.

Key words: organic fertilization, maize, mixed fertilization, yield.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes de México y juega un papel importante en la seguridad alimentaria (Lugo-Valenzuela, et al., 2023). Entre los cereales, el maíz, el trigo y el arroz ocupan los primeros lugares en producción y superficie, principalmente en países en desarrollo. Aproximadamente el 70% de la tierra cultivada se usa para producir cereales, de los cuales el maíz se considera como el cultivo más importante, es un cereal básico en muchos países y tiene múltiples aplicaciones como alimento animal y usos industriales. Su gran versatilidad genética le permite prosperar en climas tropicales, subtropicales y templados (FAOSTAT, 2018).

La necesidad de aumentar la producción de maíz para coincidir con el crecimiento de la población mientras se mantiene la estabilidad ambiental, ha impactado la evolución de la agricultura con el desarrollo de diversas modalidades, entre ellas la agricultura familiar, la tradicional de bajos insumos, la intensiva, la ecológica y la orgánica. Los sistemas de

producción agropecuarios han estado orientados al logro de los mayores rendimientos, particularmente en el sector vegetal, con el manejo del material genético, los factores bióticos y abióticos y sus interrelaciones mediante la implementación de diversas tecnologías (Ovalles, 2006; Ciampitti y Vyn, 2014; Musyoka et al., 2017).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El municipio de Guasave está ubicado en la zona noroeste del Estado de Sinaloa, cuenta con una superficie de 2,935.60 kilómetros cuadrados, que representan el 5.1 por ciento de la superficie estatal y el 0.15 por ciento de la superficie nacional de esta superficie, más del 50 por ciento es utilizada para actividades agrícolas (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

Los ensayos se establecieron en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el cual tiene una extensión de 5 hectáreas y está ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O (Figura 2).



Figura 2. Ubicación del campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Fuente: tomado de Google Earth, 2023.

Tipos de investigación

Se desarrolló una investigación cuantitativa, en la cual los datos se obtuvieron directamente en campo experimental con un muestreo de tipo aleatorio, el procesamiento de los datos se realizó con el programa Minitab 19, del cual se cuenta con licencia en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave, donde se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar las diferencias entre los tratamientos del experimento y sus repeticiones. Las gráficas fueron diseñadas con el programa de libre acceso Sigma Plot 14 y Microsoft Excel.

Diseño Experimental

En la presente investigación se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variable de respuesta fue el efecto de la fertilización sobre variables agronómicas del cultivo de maíz en cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base a la alternativa de fertilización; orgánica, química y mixta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la presente investigación

Tratamiento	**Alternativa de fertiliación**
T1 Orgánico	8,000 kg Composta por hectárea
T2 Químico	300 kg Urea + 100 kg Fosfonitrato por hectárea

T3 Mixto	4,000 kg Composta + 150 kg Urea + 50 kg Fosfonitrato por hectárea

Manejo de tratamientos

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG), que presenta un suelo franco-arenoso. La preparación de la cama de siembra consistió en dos pasadas de rastra, para incorporar el rastrojo de sorgo y permitir una buena degradación del mismo, una pasada de rastra liviana, y por último una pasada de cincel, logrando una cama de siembra firme. La densidad objetivo fue de 8 plantas por metro, dividiendo el terreno en tres tratamientos; cada tratamiento tiene una superficie de 200 m^2 , donde se distribuyen tres repeticiones. Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron 3 riegos por gravedad o convencionales, con altos caudales, logrando láminas de riego uniformes en cuanto a su frente de avance y distribución en la profundidad del perfil.

Determinación de variables agronómicas

Para la toma de muestra de suelo se tomó como referencia el manual de muestreo FERTILAB (2013), se tomaron un total de doce submuestras con ayuda de un localizador GPS, para la interpretación y clasificación de suelos se utilizó como guía la NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones para los estudios de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Para evaluar la medición de las propiedades físicas de la planta, se etiquetaron de manera aleatoria 20 plantas de cada tratamiento con la finalidad de evaluar su desarrollo durante el proceso. A dichas plantas se les evaluó la altura de planta (m), la cual consiste en tomar la medida desde el primer nodo de la planta hasta la punta de la hoja que emerge en el momento de la medición. Los datos se recolectaron con una cinta métrica de 5 m de longitud marca TRUPER®. La altura de mazorca (m), número de hileras por mazorca, longitud de mazorca (cm), longitud de grano (mm) y peso de 1,000 semillas (gr) se realizaron con base a lo descrito en Guía técnica para la descripción varietal del maíz, (2014). Además, se estimó el rendimiento por hectárea de maíz (ton-ha^{-1}).

RESULTADOS Y DISCUSION

Al obtener los resultados de las variables analizadas en los diferentes tratamientos de cultivo de maíz, se puede definir con qué tipo de fertilización se obtiene mayor rendimiento,

se comparan los resultados de la presente investigación con resultados de investigaciones realizadas en distintos proyectos realizados alrededor del mundo, los promedios de las variables analizadas de muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2.- Resultados promedio de variables agronómicas analizadas en distintos tratamientos.

Tratamientos	**Altura de planta (m)**	**Altura de mazorca (m)**	**Nº de hileras**	**Longitud mazorca (cm)**	**Longitud de grano (mm)**	**Peso 1000 semillas (gr)**	**Rendimiento (ton-ha^{-1})**
Orgánico	2.90	1.39	17.33	12.78	12.29	322.52	9.85
Químico	2.97	1.44	16.67	13.53	12.47	346.67	12.85
Míxto	3.10	1.36	16.67	12.33	11.71	350.21	13.11

Altura de planta (m)

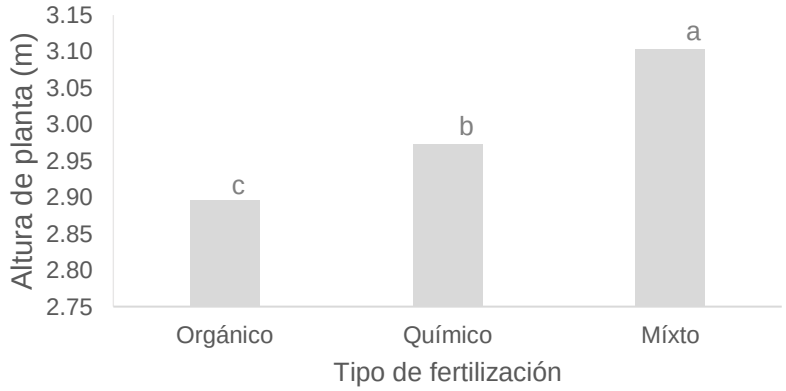


Figura 3.- Altura de planta de maíz promedio en distinta fertilización.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la altura de planta promedio en los tres tratamientos del cultivo de maíz, se observa que con el tratamiento de fertilización mixta se obtuvo una altura de planta mayor, con 3.10 metros, mientras que el tratamiento con fertilización orgánica reflejó la menor altura de planta, con 2.90 metros.

Número de hileras por mazorca

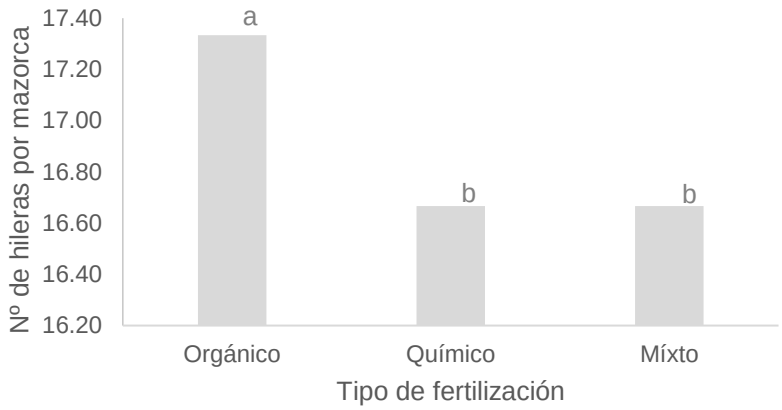


Figura 4.- Número de hileras por mazorca promedio en distinta fertilización.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del número de hileras por mazorca promedio en los tres tratamientos del cultivo de maíz con distinta fertilización, se observa que con el tratamiento de fertilización orgánica se obtuvo un mayor número de hileras, con 17.33, mientras que en los tratamientos con fertilización química y mixta, no hubo diferencia significativa en el número de hileras, con 16.67 hileras promedio por mazorca de maíz.

Rendimiento

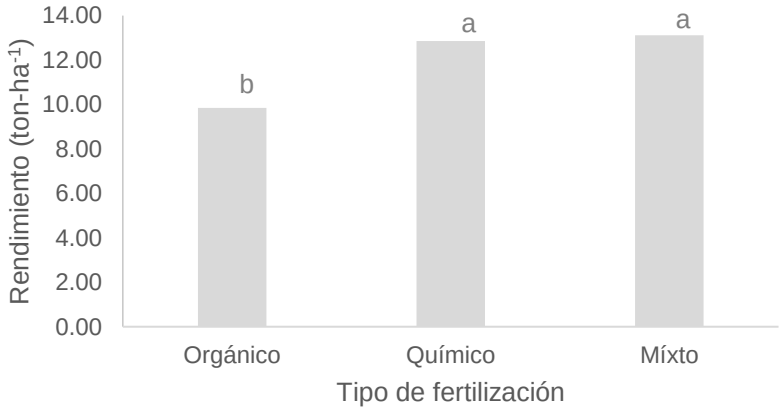


Figura 5.- Rendimiento de maíz promedio en distinta fertilización.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento del rendimiento promedio en los tres tratamientos del cultivo de maíz con distinta fertilización, se observa un rendimiento mayor en los tratamientos de fertilización química y mixta, donde no hubo diferencia significativa con rendimientos de 12.85 ton-ha^{-1} y 13.11 ton-ha^{-1}, respectivamente. Mientras que en el tratamiento con fertilización orgánica, el rendimiento fue menor, con 9.85 ton-ha^{-1}.

CONCLUSIONES

La fertilización orgánica, química y mixta aplicada a en los distintos tratamientos, tuvo un efecto significativo en el comportamiento de variables agronómicas del cultivo de maíz en Guasave, Sinaloa.

El tratamiento donde se aplicó fertilización mixta (50% orgánica y 50% química) fue donde se obtuvo un rendimiento mayor, con 13.11 toneladas de maíz por hectárea, además fue el tratamiento donde se tuvo una mayor altura de planta y un mayor valor en la variable de peso de 1,000 semillas, con valores de 3.10 m y 350.21 gr, respectivamente.

REFERENCIAS

Ciampitti, I. A. & T. J. Vyn. (2014). Understanding global and historical nutrient use efficiencies for closing maize yield gaps. Agronomy Journal 106: 2107-2117.

FAOSTAT. (2018). Cultivos. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). Consultado en línea: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC.

Guía técnica para la descripción varietal, (2014). Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). SAGARPA. México. Pp 42.

Lugo-Valenzuela, H, Prado-Hernández, JV, Vázquez-Peña, MA, Pineda-Pineda, J, & Velázquez-López, N. (2022). Efecto hidrodinámico y producción de maíz (Zea mays L.) en un suelo franco arcilloso aplicando un aditivo orgánico en Guasave, Sinaloa, México. *Biotecnia*, *24*(3), 22-27. Epub 19 de junio de 2023. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1632

Musyoka, W. M., N. Adamtey, W. A. Muriuki, & G. Cadisch. (2017). Effect of organic and conventional farming systems on nitrogen use efficiency of potato, maize and

vegetables in the Central highlands of Kenya. European Journal of Agronomy 86: 24-36.

Ovalles V., F. A. (2006). Introducción a la agricultura de precisión. Revista Digital CENIAP Hoy. Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado el día 18 de Abril de 2019 en www.ceniap.gov.ve.

EFECTO DE NANOMATERIALES DE ZNO EN LA PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA DE SORGO BLANCO (SORGHUM BICOLOR L. MOENCH)

EFFECT OF ZNO NANOMATERIALS ON AGRONOMIC YIELD OF WHITE SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH)

García-López Josué I[1,*], Flores Naveda Antonio[1], Ruiz-Torres Norma[1], Álvarez Vázquez Perpetuo[2], Camposeco-Montejo Neymar[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Revovables, Saltillo, Coahuila 25315, México

***Autor para correspondencia: g.lopezj90@gmail.com**

RESUMEN

En este estudio se evaluó el impacto de nanopartículas metálicas (NPs ZnO) y orgánicas (GNPs ZnO) de óxido de zinc en componentes morfológicos y el rendimiento de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en condiciones de campo abierto. Los nanomateriales se prepararon a concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100 y125 mg de Zn/kg de suelo, utilizando suelo calcáreo con deficiencias de zinc para el crecimiento de las plantas. Los resultados revelaron que la fuente de variación tratamientos influyo significativamente ($p \leq 0.05$) en las variables de respuesta agronómica del cultivo, para la fuente de variación bloques no se presentó diferencia significativa. Además, la altura de planta a una concentración de 75 mg de Zn/kg de suelo con ambas fuentes de Zn superó al control en 17.55 y 18.07%, respectivamente. Por otra parte, el rendimiento de granos en g/planta presentó un incrementó lineal al aumentar la concentración en ambas fuentes de Zn (NPs ZnO y GNPs ZnO), a 125 mg Zn/kg suelo se obtuvieron incrementos del 33.71 y 32.30 %, en comparación con el control.

Palabras clave: Nanomateriales, nanotecnología, zinc, rendimiento.

ABSTRACT

This study evaluated the impact of zinc oxide metal nanoparticles (ZnO NPs) and organic nanoparticles (ZnO GNPs) on morphological components and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under open field conditions. The nanomaterials were prepared at concentrations of 0, 25, 50, 75, 100 and 125 mg Zn/kg soil, using zinc deficient calcareous soil for plant growth. Results revealed that the source of variation treatments had a significant influence ($p \leq 0.05$) on the agronomic response variables of the crop, for the source of variation blocks there was no significant difference. In addition, plant height at a concentration of 75 mg Zn/kg soil with both Zn sources exceeded the control by 17.55 and 18.07%, respectively. On the other hand, grain yield in g/plant showed a linear increase when increasing the concentration of both Zn sources (ZnO NPs and ZnO GNPs), at 125 mg Zn/kg soil, increases of 33.71 and 32.30 % were obtained, compared to the control.

Keywords: Nanomaterials, nanotechnology, zinc, yield.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las prácticas agrícolas, una fertilización adecuada puede contribuir al incremento de la concentración de micronutrientes en las partes comestibles de las plantas y con esto contrarrestar la deficiencia de Zn en animales, humanos y plantas (Almendros et al., 2014). Ya que, dentro de los sistemas biológicos, el Zn juega un papel importante en procesos como en la síntesis de proteínas y el ADN, además ayuda al sistema inmunológico a combatir bacterias y virus. Pero además interviene en procesos fisiológicos que se llevan a cabo en las plantas como la fotosíntesis, síntesis proteica y de fitohormonas, integridad de las membranas celulares, vigor de la plántula, formación de azucares y defensas contra factores de estrés abióticos, como sequías y enfermedades; por lo tanto, la deficiencia de Zn en los cultivos reduce tanto su valor nutrimental como el rendimiento agrícola (Almendros et al., 2014).

No obstante, en los suelos agrícolas un problema recurrente es la disponibilidad de Zn para ser absorbido por las plantas, por lo que se utiliza $ZnSO_4$ como fertilizante para contrarrestar las deficiencias, sin embargo, se ha documentado que este compuesto presenta alta solubilidad con baja eficiencia para ser absorbido en los tejidos de la planta (Gupta et al., 2016). Por esto, es de suma importancia trabajar con nuevas tecnologías que permitan lograr una fertilización más eficiente del Zn en la producción de alimentos. Considerada como una tecnología emergente, la nanotecnología a través del uso de nanopartículas (1-

100 nm) aplicadas como nanofertilizantes en cultivos, permite una mejor absorción y asimilación de nutrientes específicos como el Zn, esto en comparación con la fertilización común ya que el suministro de nutrientes se da en forma gradual y controlada con el fin de incrementar el contenido de minerales de manera puntual (García-López et al., 2019).

En este contexto, dentro de los métodos agronómicos para la biofortificación, la aplicación de nanomateriales para la nutrición de cultivos es un método que representa una oportunidad para mejorar la concentración de micronutrientes de interés alimentario en los cultivos (Preciado-Rangel et al., 2022). No obstante, la mayoría de los estudios de fertilización con nanopartículas se ha realizado para mejorar las respuestas agronómicas y antioxidantes de hortalizas (Gupta et al., 2016). Por lo anterior, en este estudio se evaluó el impacto de nanopartículas metálicas (NPs ZnO) y orgánicas (GNPs ZnO) de óxido de zinc en componentes morfológicos y el rendimiento de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en condiciones de campo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

La línea experimental de sorgo utilizada fue de grano blanco, y pertenece al programa de Mejoramiento de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El cultivo se estableció en el ciclo agrícola primavera-verano 2022, en el Campo Experimental Bajío UAAAN en Saltillo, Coahuila localizado a 25° 21' 29'' Latitud N, 101° 02' 21'' Longitud O, a una altitud de 1742 m s.n.m.

Fuentes de Zn

Las nanopartículas metálicas de óxido de Zn (NPs ZnO) se compraron en Sigma-Aldrich (San Luis, Misuri, USA), mientras que las nanopartículas orgánicas de ZnO (GNPs ZnO) se sintetizaron por química verde (Matinise et al., 2017).

Condiciones de crecimiento de las plantas

El cultivo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo de surcos de 4 m de largo, 0.80 m entre surcos, y 1 m entre calles, con una población de 16 plantas por m lineal y tres repeticiones para cada tratamiento. El suelo se fertilizó con 100 de N kg/ha en forma de urea prilada (46-0-0), 55 kg/ha de P en forma de fosfato diamónico DAP (18-46-0), y 110 kg/ha de K con cloruro de potasio (0-0-60). Posteriormente, las aplicaciones de Zn al suelo se realizaron como polvo seco con las diferentes fuentes de Zn (NPs ZnO y GNPs ZnO), a concentraciones de 25, 50, 75, 100 y 125 mg de Zn/kg suelo,

simulando la concentración promedio de Zn en suelos que está en el rango de 10 a 100 mg de Zn/ha de suelo (Hurdebise et al., 2015).

Evaluación de componentes agronómicos

Los parámetros agronómicos que se evaluaron fueron los siguientes: el rendimiento de grano en gramos por planta (RGPP), para ello se seleccionaron cinco plantas representativas de cada parcela, las cuales se trillaron de forma individual, el grano se pesó y el valor se informó en promedio en gramos (g) por planta; además del diámetro de tallo y la altura de planta, ambos en cm.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones, para un total de 36 parcelas experimentales. Los resultados se analizaron con un ANOVA en el paquete estadístico SAS versión 9.1, con una prueba comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados se informaron como valores medios de tres repeticiones ± desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de la planta

En la Figura 1, se puede observar que la altura de planta fue superior en todos los tratamientos dónde se aplicó Zn en comparación con el control. Específicamente, el mayor desarrollo de la altura de planta se encontró en ambas fuentes de Zn (NPs ZnO y GNPs ZnO) a la concentración de 75 mg de Zn/kg de suelo, superando al control en 17.55 y 18.07%, respectivamente. Las dos fuentes de Zn en todas las concentraciones fueron estadísticamente iguales, lo que sugiere que la respuesta agronómica del cultivo fue similar para cada concentración y fuente de Zn.

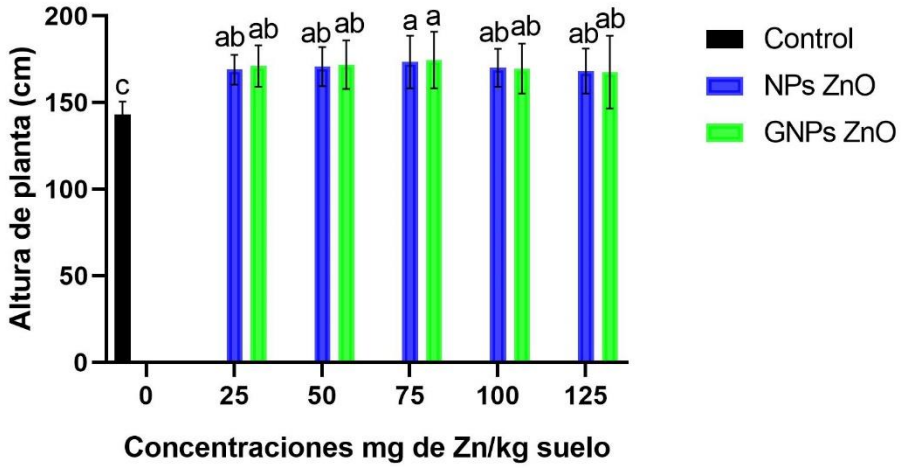


Figura 1.

ltura de plantas de sorgo por la aplicación de NPs ZnO y GNPs ZnO a concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100 y 125 mg Zn/kg suelo.

Diámetro de tallo y rendimiento

En cuanto al diámetro de tallo (Figura 2a), se puede observar que todas las concentraciones con las dos fuentes de Zn, presentaron un mejor desarrollo que el testigo (control), sin embargo, todas las concentraciones fueron estadísticamente iguales. Para el RGPP (Figura 2b), se presentó un incrementó lineal al aumentar la concentración en ambas fuentes de Zn (NPs ZnO y GNPs ZnO), en comparación con el control, el mayor rendimiento se puede observar a 125 mg Zn/kg suelo con incrementos que van del 33.71 y 32.30 %, respectivamente. Los resultados sugieren que la aplicación de Zn con ambos nanomateriales, permito un mejor crecimiento de las plantas, lo que probablemente se debió a la absorción de Zn en los tejidos de la planta, lo que mejoró respuestas fisiológicas que ayudaron a un mejor comportamiento agronómico.

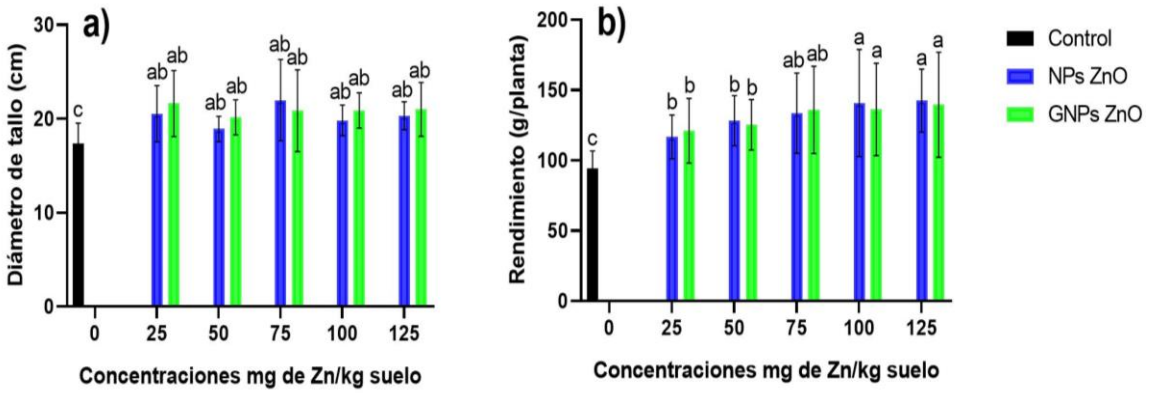


Figura 2. Diámetro de tallo (a) y rendimiento de grano (b) en plantas de sorgo por la aplicación de NPs ZnO y GNPs ZnO a concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100 y 125 mg Zn/kg suelo.

Según García-Gómez et al. (2017), el Zn extraíble con DTPA-TEA del suelo dónde se estableció el cultivo es deficiente para el crecimiento y desarrollo de las plantas en suelos calcáreos (0.11 mg kg^{-1}), esto explica por qué las plantas del control presentaron un menor desarrollo morfológico y bajos rendimientos. El zinc (Zn) juega un papel importante en el funcionamiento de las plantas, como regulador de auxinas mediante la síntesis de triptófano y como cofactor en las enzimas redox superóxido dismutasa y deshidrogenasas, por esta razón, las deficiencias de Zn durante el desarrollo de la planta pueden afectar en gran medida su potencial productivo (Narendhran et al., 2016).

Los fertilizantes nanométricos permiten mejorar la eficiencia de nutrientes por parte de las plantas debido a su pequeño tamaño, mayor área de superficie y liberación gradual de sus formas iónicas (Rawat et al., 2018). Por ejemplo, la solubilidad del $ZnSO_4$ (aproximadamente 2650 µmol L^{-1}), que es mucho mayor que la solubilidad que tienen las NPs ZnO (786 µmol $L^{-1,}$), que presentan disponibilidad lenta y gradual del Zn disuelto (García-López et al., 2019), esto permite que los nanomateriales de Zn estén un mayor tiempo disponibles para la planta, lo cual al termino del ciclo productivo se puede presentar en mejorar del rendimiento, como lo fue en este estudio.

Un estudio realizado en arboles de granada (*Punica granatum* cv. Ardestani) mostró que la fertilización con cantidades relativamente bajas de nano-fertilizantes de Zn y B incremento

el rendimiento y la calidad de los frutos (Davarpanah et al., 2016). Hallazgos similares se han informado, demostrando un aumento en el crecimiento de plántulas cultivadas bajo NPs ZnO (Pavani et al., 2014). De tal forma que, el efecto de la aplicación de nanomateriales a base de Zn como fuente de fertilizante en plantas, parece estar determinado por la concentración aplicada, la disolución de sus formas iónicas, así como la absorción y transporte del elemento activo y su acumulación en los tejidos de las plantas (Wan et al., 2020).

CONCLUSIONES

La aplicación de NPs ZnO y GNPs ZnO mejoró notablemente el crecimiento de las plantas (altura de planta y diámetro de tallo), esto permite concluir que las plantas que son cultivadas en suelos con deficiencias de Zn pueden verse afectadas en su rendimiento productivo. El rendimiento se incrementó al aumentar la concentración en ambas fuentes de Zn en comparación con el control, la mayor cantidad de granos se obtuvo con una concentración de 125 mg Zn/kg suelo con incrementos que van del 33.71 y 32.30 %, respectivamente.

REFERENCIAS

Almendros, P., Obrador, A., Alvarez, J.M., Gonzalez, D., y Machado, R. 2014. 2014-1. El Caso Del Zinc Biofortificaciòn De Cereales Con Micronutrientes (pp. 686–688). Nutrición y Sanidad Vegetal.

Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., and Khorasani, R. 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (Punica granatum cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia horticulturae*, *210*, 57-64.

García-Gómez, C., Obrador, A., González, D., Babín, M., and Fernández, M.D. 2017. Comparative effect of ZnO NPs, ZnO bulk and $ZnSO_4$ in the antioxidant defences of two plant species growing in two agricultural soils under greenhouse conditions. *Science of the Total Environment*, *589*, 11-24.

Garciá-López, J. I., Zavala-Garcia, F., Olivares-Saénz, E., Lira-Saldivar, R. H., Barriga-Castro, E. D., Ruiz-Torres, N. A., Ramos-Cortez, E., Vázquez-Alvarado, R., & Ninõ-Medina, G. 2019. Zinc Oxide nanoparticles boosts phenolic compounds and antioxidant activity of capsicum annuum l. during germination. Agronomy, 8(10).

Gupta, N., Ram, H., and Kumar, B. 2016. Mechanism of zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 15(1), 89–109.

Hurdebise, Q., Tarayre, C., Fischer, C., Colinet, G., Hiligsmann, S., and Delvigne, F. 2015. Determination of zinc, cadmium and lead bioavailability in contaminated soils at the single-cell level by a combination of whole-cell biosensors and flow cytometry. *Sensors*, *15*(4), 8981-8999.

Matinise, N., Fuku, X.G., Kaviyarasu, K., Mayedwa, N., and Maaza, M.J.A.S.S. 2017. ZnO nanoparticles via Moringa oleifera green synthesis: Physical properties and mechanism of formation. *Applied Surface Science*, *406*, 339-347.

Narendhran, S., Rajiv, P., and Sivaraj, R. 2016. Influence of zinc oxide nanoparticles on growth of *Sesamum indicum* L. in zinc deficient soil. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 365-371.

Pavani, K., Divya, V., Veena, I., Aditya, M., and Devakinandan, G. 2014. Influence of bioengineered zinc nanoparticles and zinc metal on *Cicer arietinum* seedlings growth. *Asian J. Agric. Biol*, *2*, 216-223.

Preciado-Rangel, P., Valenzuela-García, A.A., Pérez-García, L.A., González-Salas, U., Ortiz-Díaz, S.A., Buendía-García, A., and Puente, E.O.R. 2022. Foliar biofortification with iron improves nutraceutical quality and antioxidant capacity in lettuce. Terra Latinoamericana, 40, 1–7.

Rawat, P.S., Kumar, R., Ram, P., and Pandey, P. 2018. Effect of nanoparticles on wheat seed germination and seedling growth. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, *12*(1), 13-16.

Wan, J., Wang, R., Bai, H., Wang, Y., and Xu, J. 2020. Comparative physiological and metabolomics analysis reveals that single-walled carbon nanohorns and ZnO nanoparticles affect salt tolerance in Sophora alopecuroides. *Environmental Science: Nano*, *7*(10), 2968-2981.

EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL AGUA MEDIANTE MICROASPERSIÓN EN NOGAL EN ZARAGOZA, COAHUILA

WATER EFFICIENCY APPLICATON IN PECAN BY MICRO-SPINKLER AT ZARAGOZA, COAHUILA

Autores

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Martínez Rodríguez, Juan Guillermo y Parga Torres, Víctor Manuel

Instituciones y Dirección

CE Saltillo-INIFAP. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el calentamiento global se ha incrementado el consumo de agua de los cultivos. En la eficiencia en el uso del agua, parte de ella es la eficiencia de aplicación de los diferentes sistemas de riego que se utilizan, por lo que su funcionamiento debe ser superior al 90% en los sistemas de micro irrigación. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de aplicación (CU) un sistema de microaspersión en el cultivo de nogal. Se determino la CU con 48 botes de 1 L distribuido alrededor del tronco durante 6 minutos. El CU se calculó en tres unidades de riego (UR), la 1ª tuvo 53.42%, la 2ª presento 57.52% y la 3ª se logró 49.25%, y se calculó la lámina de riego (LR) aplicada en 6 horas en una ha, con el gasto del aforo de las bombas que alimentan el sistema de riego con un valor de 0.11 mm y valor muy bajo; pero aplicado en 6 horas la lámina de riego profundizó a más de 4 mm. Con el método gráfico se observa el exceso de agua que se aplica, situación que muestra la baja eficiencia con que se maneja el sistema de microaspersión. Estas evaluaciones deben realizarse al inicio del ciclo de cultivo para corregir las deficiencias que se encuentren en la evaluación.

ABSTRACT

With global warming has increased the water consumption of crops, in the efficiency in the use of water, part of it is the efficiency of application of the different irrigation systems that are used, its operation must be greater than 90% in the systems of micro irrigation. The objective is to evaluate the application efficiency (CU) of a micro-spray system in walnut

cultivation. The UC was determined with 48 canisters of 1 L distributed around the trunk for 6 minutes. The CU was calculated in three irrigation units (UR), the 1st had 53.42%, the 2nd presented 57.52% and the 3rd was achieved 49.25%, and the irrigation sheet (LR) applied in 6 hours, in one ha, was calculated with the expenditure of the capacity of the pumps that feed the irrigation system, with a value of 0.11 mm and very low value, But applied in 6 hours the irrigation sheet deepened to more than 4 mm, with the graphic method, the excess water that is applied is observed, a situation that shows the low efficiency with which the micro-sprinkler system is handled, these evaluations must be carried out at the beginning of the crop cycle to correct the deficiencies found in the evaluation.

INTRODUCCIÓN

El consumo de agua por un cultivo se conoce como la eficiencia en el uso de agua en la producción agropecuaria, se puede comprender desde cuatro grandes aspectos: a) el almacenamiento del agua, b) la conducción del agua y el diseño del sistema de riego, c) la eficiencia de aplicación o uniformidad de distribución (UD) del agua en el sistema de riego y d) la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el cultivo. Los aspectos de almacenamiento en presas y conducción en canales a cielo abierto y cerrados subterráneos en los Distritos de Riego pertenecen a obras hidráulicas; la conducción y el diseño del sistema de riego pertenece a unidades de riego y compañías de riego, que por lo general se manejan con pozos profundos en el Norte del país (Covarrubias *et al*., 2013).

El consumo de agua en el cultivo parte de dos situaciones: la planta requiere un rápido intercambio gaseoso con la atmósfera para la asimilación de CO_2 y producción de materia seca (MS); para mantener un alto nivel hídrico en las hojas es necesario de un mínimo intercambio gaseoso con la atmósfera (Covarrubias *et al*, 2007).

El consumo de agua se ha incrementado por el calentamiento global y ahora llegado a ebullición global (Armstrong *et al*., 2022). Los cultivos extensivos están sujetos a la radiación solar con mayor intensidad en la agricultura protegida y la fruticultura; y por gradientes de concentración, evapotranspiran el agua a través del área foliar del cultivo y además de la evaporación directa del suelo, lo que provoca un incremento en el consumo o el cierre estomático en el área foliar, que acumula CO_2 dentro de sus células y crea una toxicidad por el aumento de óxidos que ocasionan el deterioro de sus tejidos; por lo que la eficiencia en el uso del agua es primordial para la producción de nogal con sistemas el riego (Covarrubias *et al*, 2010).

El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de aplicación del agua mediante microaspersión en el cultivo de nogal en el Norte de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la huerta de nogal Santa Martha, ubicada en el municipio de Zaragoza, Coahuila. La eficiencia de aplicación se determinó realizando la evaluación con 48 recipientes con capacidad de un litro, una probeta graduada de 100 mL, un cronómetro y un manómetro de reloj con glicerina y adaptador para medir la presión en la UR, además de un formato para registro de datos y un croquis del arreglo de los botes en la UR.

La evaluación se realizó en 6 minutos en tres UR, en la parte central del tronco del árbol, donde alrededor se colocaron los botes a distancia de 1 metro para las 48 determinaciones (Figura 1) y el micro aspersor a un lado del árbol.

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
8	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
15	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**
22	**23**	**24**	**X**	**25**	**26**	**27**
28	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**
35	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**
42	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**

Figura 1. Croquis de distribución recipientes

X = Tronco del árbol

Una vez determinada la ubicación de los recipientes en la UR, se midió la presión con el manómetro al inicio de la UR y al final. La variación de la presión debe ser igual o menor al 20% de la presión de operación del micro aspersor; esto es, si la presión promedio es 1 kg cm^{-2}, su variación debe ser hasta 1.1 kg cm^{-2} como límite superior y 0.9 kg cm^{-2} como límite inferior; de lo contrario, podría haber fugas o taponamientos a lo largo de la UR, por lo que se deberá corregir.

El cálculo de la eficiencia de aplicación (CU) del riego se obtiene con la siguiente fórmula:

$$C.U. = \left(1 - \frac{s}{\bar{x}}\right) x \quad 100 \quad \text{.....1}$$

Donde:

$X =$ promedio de las observaciones.

s = desviación estándar.

La programación del riego se realiza con la siguiente ecuación:

$Q = (\frac{Etr\ x\ Area\ de\ Riego}{Tiempo\ de\ riego})/CU$ ……2

Donde:

Q = gasto o volumen de agua que se va a aplicar ($m^3\ ha^{-1}$).

Etr = Evapotranspiración real del cultivo o consumo de agua (m).

Área de Riego= superficie total con cultivo (m^2).

Tiempo de Riego = horas de riego.

C.U. = Uniformidad de aplicación (unidimensional).

Para estimar la lámina de riego (LR) que se aplica, se utiliza la siguiente ecuación despejando la ecuación 2 y los parámetros ya fueron descritos:

$LR = \left(\frac{Q\ x\ Tiempo\ de\ riego}{Area\ de\ riego}\right)/CU$……. 3

Se utiliza en método gráfico para mostrar el efecto de una lámina de riego en la eficiencia de aplicación a un tiempo de 6 h de riego, el gasto del aforo de la bomba del estudio, el área de riego de 10,000 m^2 y el CU estimado en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La huerta se riega alimentado un depósito de 10,000 L con tres equipos de bombeo (Cuadro 1), donde se muestra el aforo con la suma y el promedio en segundos para llenar un depósito de 200 L, su aforo a litros por segundo (LPS) y litros por hora (LPH).

Cuadro 1. Aforo de bombas que se utilizan para regar el nogal.

Pozo	Nogalar	Pila	Azufrosa
Diámetro	8 "	8 "	12"
Suma	17.7	14.4	15.9
Media	5.9	4.8	5.3
LPS	0.030	0.024	0.027
LPH	106.2	86.4	95.4

El mayor gasto de aforo está en la bomba Nogalar que es de 8 pulgadas, lo indica que las bombas no están trabajando en forma eficiente, porque la bomba de 12 pulgadas debe de tener mayor gasto, pero es menor o que el acuífero donde se bombea ya no tiene la capacidad de suministro de agua para riego.

La eficiencia de aplicación se muestra en el Cuadro 2, donde la eficiencia de aplicación no supera el 60%, y los sistemas de micro irrigación deben tener una eficiencia superior al 90% (Covarrubias *et al*., 2020).

Cuadro 2. Eficiencia de aplicación del agua en un sistema de microaspersión en nogal.

Unidades de Riego	1a UR	2a UR	3er UR
Gasto Promedio (LPH)	0.10479167	0.281875	0.25564583
Desviación (LPH)	0.04881531	0.11974541	0.12973549
Eficiencia de aplicación (%)	53.42	57.52	49.25

Esta situación indica que la distribución del agua por el micro aspersor no es uniforme y puede deberse a maleza que obstruye la caída del agua la suelo, viento, presión del sistema o taponamientos. Se tuvieron valores muy bajos de LR (0.001 mm) y estos pueden deberse al tronco del árbol de nogal que obstaculiza la microaspersión.

Utilizando la ecuación 3 de la LR, con el promedio del gasto (Q) 0.096 m^3/h, un área de 10,000 m^2 y un tiempo de riego (TR) de 6 horas y se calcularon las LR para cada UR, siendo similar en los tres UR con una LR de 0.11 mm (Covarrubias y Martínez, 2011).

Con esta LR se estima la eficiencia de aplicación en forma gráfica, en la 1ª UR se observa el exceso de agua después de 6 horas de riego y con el valor del 53.42 % de CU, este sistema no cumple con las operaciones de riego de un sistema de micro irrigación. Las líneas cafés indican la LR de 0.11 mm aplicada y las líneas rojas indican el exceso de agua aplicado para completar la LR de 1.5 mm en toda la UR., como la eficiencia de aplicación fue 53.42%, se tuvo un exceso de 47.58%, por lo cual, el área de las líneas rojas en mayor al inicio de área de muestreo. La efectividad en la aplicación del agua de riego es que ésta llegue a la zona de raíces y el exceso indica que se realizó un sobre riego para que toda la zona de raíces tuviese la lámina de riego necesaria y no crear un déficit al cultivo, pero con un excesivo riego (Covarrubias *et al*., 2021).

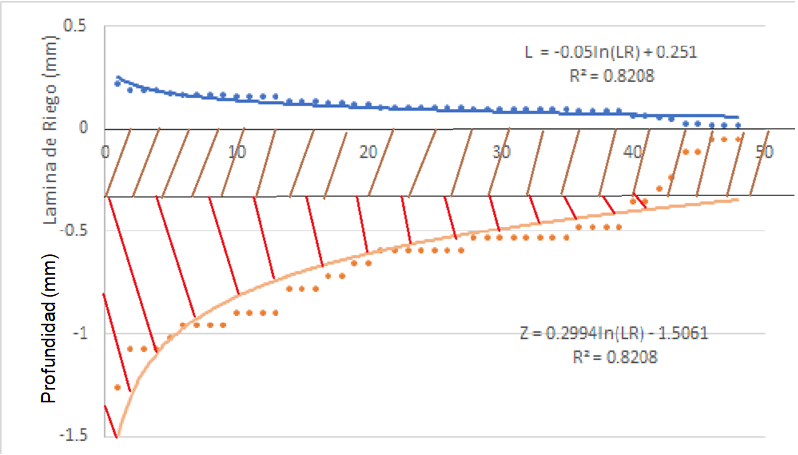


Figura 1. Eficiencia de aplicación del agua en la UR 1

En la 2ª UR presento un CU de 57.52%, el mayor de las 3 UR, aun así, tiene un exceso en la aplicación del 43.48% (Figura 2), el comportamiento es similar a la anterior con una baja eficiencia de aplicación, pero en el grafico se aplica más de 3 mm como sobre riego, respecto a lo estimado necesario de 0.11 mm.

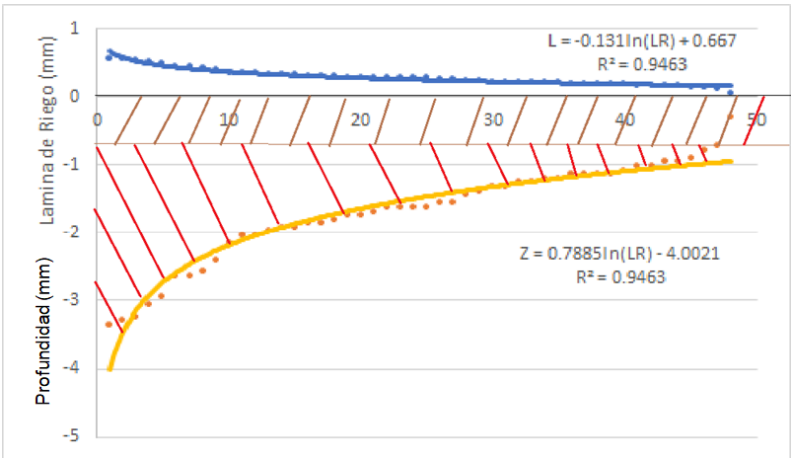


Figura 2. Eficiencia de aplicación del agua en la UR 2

En la 3ª UR se tiene la menor CU con 49.25% (Figura 3), y un exceso 51.75%, así con las tres UR tiene una baja aplicación del agua y el sistema esta con un mal funcionamiento, el análisis grafico también presenta un sobre riego de 4 mm, el comportamiento de la 2ª y 3ª UR es similar.

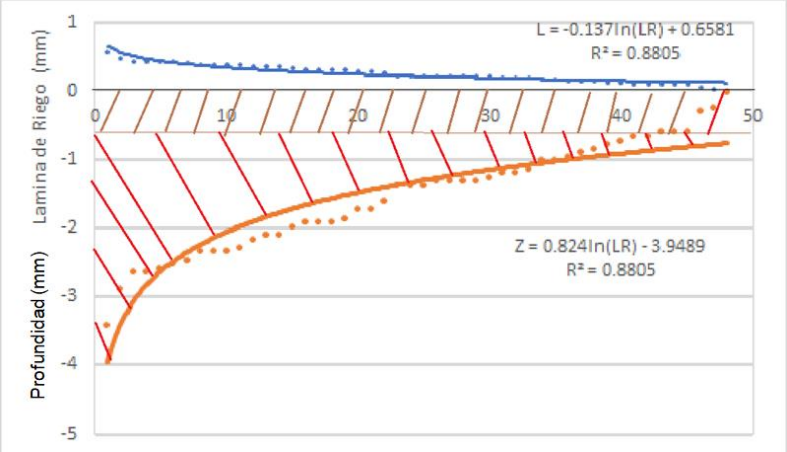


Figura 3. Eficiencia de aplicación del agua en la UR 3

El sistema de microaspersión no cumple con las especificaciones de la micro irrigación que deben ser superiores al 90 %, y las evaluaciones siempre deben realizarse al inicio del ciclo de cultivo, para poder así corregirlas y mantener al nogal en condiciones adecuadas de agua y debido al determino ambiental, el agua se ha convertido en un producto sustentable y primordial para la agricultura orgánica.

CONCLUSIONES

La evaluación debe realizarse cada inicio de ciclo agrícola en el sistema de riego, la eficiencia de aplicación es el indicador de la eficiencia de la aplicación de los agroquímicos al cultivo. Una desventaja que tienen los sistemas de riego de precisión es que superficies de más de 20 hectáreas, se dificulta el manejo para la cantidad de unidades de riego que se tiene que manejar.

REFERENCIAS

Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J., Lenton, T. M. 2022. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. Science 377, 1171. https://science.org/doi/10.1126/science.abn7950.

Covarrubias-Ramírez, Juan M.; Robertoni Vásquez Farrera y Gregorio Briones Sánchez. 2007. Distribución del agua en un sistema de riego tipo pivote central en el cultivo de Maíz. In: Zarate Lupercio, A. et al. (eds). Memoria del Congreso binacional del Agua. COECyT-Coah. Saltillo, Coah. CD-ROM. 7 p.

Covarrubias-Ramírez, Juan Manuel, David Sánchez Aspeytia y Manuel Alvarado Carrillo. 2010. Eficiencia en la aplicación del agua en melón bajo riego por goteo y acolchado. In: Cueto-Wong, J. A.; Macías-García, L. V. y Ortiz Rivas, O. E. (comp). Memoria de la V Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. San Francisco de Campeche, Cam. p 22. ISBN-978-607-425-380-1.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel y Martínez Burciaga, Oscar Ulises. 2011. Estimación del consumo de agua del cultivo de nogal en la zona norte de Coahuila. In: Cueto-Wong, J. A. y Avalos Martínez, Rosa Guadalupe (comp). Memoria de la VI Reunión Nacional de Innovación Agrícola. León, Gto. p 43. ISBN: 978-607-425-583-6.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Briones Sánchez, Gregorio; Parga Torres, Víctor Manuel y Sánchez Chaparro, Juan David. 2013. Eficiencia en el uso del agua, el estado del arte en el conocimiento. In: López Santos, Armando; González Güereca, Martha Celina y Silva Vázquez, Ramón. (eds). Memoria I Congreso Internacional, IX Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas y VI Reunión Nacional de Orégano y otras Aromáticas. Bermejillo, Durango, México. 9:222-233. ISBN: 978-607-12-0313-7.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Juan Guillermo Martínez Rodríguez; Briones-Sánchez, Gregorio y Zermeño González, Alejandro. 2020. Consumo de agua y su eficiencia de aplicación en riego por goteo en manzano. Orona Castillo, Ignacio; Amador Machado, Antonino; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Francisco Javier Ruiz Ortega (Editores). Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 32:190-196.

Covarrubias-Ramírez J. M., Martínez-Rodríguez J. G., Briones Sánchez G., Zermeño González A., Parga-Torres V. M. 2021. Water Efficiency Application in Apple Orchard and Potato Crop at Northeast of Mexico. Inter. Jour of Green Tech. 7:16-23. DOI: https://doi.org/10.30634/2414-2077.2021.07.03. E-ISSN: 2414-2077/21.

ENTOMOFAUNA BENEFICA ASOCIADA A LA MOSCA BLANCA, BAJO DIFERENTES PROGRAMAS DE MANEJO DE INSECTICIDAS EN MELON

BENEFICIAL ENTOMOFAUNA ASSOCIATED TO THE SWEETPOTATO WHITEFLY, UNDER DIFFERENT INSECTICIDE MANAGEMENT PROGRAMS IN CANTALOUPE

Sebastián Candela-Hernández[1], Urbano Nava-Camberos[1,2], Homero Sánchez-Galván[1], Verónica Ávila-Rodríguez[1], Jorge Maltos-Buendía[3]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
e-mail: candela.sebastian23@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se realizó con los objetivos de determinar la efectividad de diferentes programas de manejo de insecticidas en el control de moscas blancas, así como en la diversidad y abundancia de la entomofauna benéfica asociada a las moscas blancas en el cultivo de melón. Los diferentes programas de aplicaciones de insecticidas no ejercieron un control efectivo de la mosca blanca. Los principales depredadores asociados a moscas blancas en el cultivo de melón fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp., catarinitas anaranjadas, *Hippodamia convergens*, chinches asesinas, *Zelus* sp., ácaros rojos, moscas sírfidas, *Allograpta* spp. y escarabajos colops, *Collops* spp.. Las poblaciones de catarinitas, moscas sírfidas y ácaros rojos fueron afectadas negativamente por los programas de aplicaciones de insecticidas.

Palabras clave: melón, insecticidas, moscas blancas, insectos depredadores.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objectives of determining the effectiveness of different insecticide management programs in the control of whiteflies, as well as in the diversity and abundance of the beneficial entomofauna associated with whiteflies in cantaloupe. The different insecticide application programs did not exert effective whitefly control. The main predators associated with whiteflies in cantaloupe were: green lacewings, *Chrysoperla* spp. and *Chrysopa* spp., convergent lady beetles, *Hippodamia convergens*, assassin bugs, *Zelus* sp., red mites, hoverflies, *Allograpta* spp. and colops beetles, *Collops* spp.. Populations of lady beetles, hoverflies and red mites were adversely affected by insecticide application programs.

Keywords: cantaloupe, insecticide, whieflies, predatory insects.

INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades constituyen una de las principales limitantes de la producción y calidad del cultivo del melón, debido a los daños directos que ocasionan al cultivo, por los costos que se derivan de su combate y por las enfermedades, principalmente virales, que los insectos vectores transmiten a las plantas (Ramírez *et al*. 2002).

Con base en su importancia económica el complejo de plagas del melón se divide en dos grupos: 1) plagas de importancia primaria: mosquita blanca de la hoja plateada, pulgón y minador de la hoja y 2) plagas de importancia secundaria: chicharrita verde, diabróticas, grillo, gusano soldado, gusano falso medidor, barrenador del fruto, pulga saltona y araña roja (Ramírez *et al*. 2002).

Las principales enfermedades del melón son: a) fungosas: marchitez vascular por *Fusarium*, cenicilla, y tizón temprano, b) enfermedades causadas por nemátodos, y c) enfermedades causadas por virus: amarillamiento del melón (CYSDV) y varios tipos de mosaicos virales CMV (mosaico del pepino), WMV-2 (mosaico de la sandía), PRSV-W (mancha anular de la papaya), SqMV (mosaico de la calabaza) y ZYMV (mosaico amarillo del zucchini) (Chew y Jiménez 2002).

El manejo integrado de plagas (MIP) y enfermedades del melón consiste en la utilización de herramientas para la toma de decisiones y tácticas o métodos de control. El uso de

métodos de muestreo eficientes para estimar la densidad de las plagas e incidencia de las enfermedades; así como los umbrales económicos o de acción -densidad de la plaga arriba de la cual se causa daño económico- son las herramientas que permiten tomar una correcta decisión de manejo. Las tácticas de control disponibles son: control cultural, uso de variedades resistentes, control biológico y control químico (Ramírez *et al*. 2002).

Los objetivos del presente estudio fueron determinar la efectividad de diferentes programas de manejo de insecticidas en el control de moscas blancas, así como en la diversidad y abundancia de la entomofauna benéfica asociada a las moscas blancas en el cultivo de melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en los terrenos experimentales de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED), localizada en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango, durante septiembre y octubre del 2021.

Se utilizó la variedad Expedition, la cual se sembró en condiciones de invernadero el 4 de agosto del 2021. El trasplante se efectuó el 7 de septiembre del 2021 en camas meloneras de 1.6 m de ancho x 5 m de largo con una densidad de 16,000 plantas por ha, dejando 3 plantas por metro lineal, con una distancia entre plantas de 33 cm. Se utilizó acolchado plástico y fertirriego mediante cintilla. La frecuencia de riego fue diaria con 1, 1.5 y 2 horas de riego durante las etapas vegetativa, floración-fructificación y llenado de frutos, respectivamente. La fertilización se basó en las recomendaciones locales del INIFAP-CELALA, aportando los macronutrientes N, P y K, así como los micronutrientes Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Bo y Mo. Se realizaron aplicaciones generales de los fungicidas Uniform (2 aplicaciones al suelo) para el control de *Fusarium* y Quadris Opti (2 aplicaciones foliares) para el control de cenicilla y *Alternaria*.

Se evaluaron los siguientes cuatro programas de manejo de insecticidas para el control de mosca blanca y un testigo sin tratar en el cultivo de melón: 1) testigo sin tratar, 2) insecticidas selectivos convencionales, 3) insecticidas selectivos orgánicos, 4) insecticidas no selectivos (de amplio espectro) y 5) malla sombra (Cuadro 1). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la parcela experimental (unidad experimental) fue de tres camas de plantas (1.6 m de ancho de cama x 3 = 4.8 m) y 5 m de largo (4.8 m x 5 m = 24 m^2).

Cuadro 1. Programas de manejo de insecticidas evaluados para el control de mosca blanca en el cultivo de melón.

Tratamiento	Aplicaciones al suelo		Aplicaciones foliares	
	Número	Productos	Número	Productos
1. Testigo sin tratar	0	---	0	---
2. Insecticidas selectivos convencionales	2	Actara 600 g/ha	9	Actara 300 g/ha Plenum 500 g/ha
3. Insecticidas selectivos convencion. y orgánicos	2	Starkle 2 L/ha	6	Starkle 1.5 L/Ha Neem 1 L/ha
4. Insecticidas no selectivos	0	---	7	Muralla Max 250 mL/ha Engeo 250 mL/ha
5. Malla sombra	0	---	2	Plenum 500 g/ha Actara 300 g/ha

Notas: los ingredientes activos de los insecticidas evaluados son: thiametoxam (Actara), pymetrozine (Plenum), dinotefurán (Starkle), imidacloprid + beta ciflutrina (Muralla max), thiametoxam + lambda cihalotrina (Engeo).

Las variables evaluadas fueron: densidades de adultos de mosca blanca, insectos depredadores asociados (crisopas verdes, catarinitas anaranjadas, chinches asesinas, moscas sírfidas, escarabajos colops y ácaros rojos) y abejas. Se realizaron ocho muestreos semanales de mosca blanca del 11 de septiembre al 30 de octubre del 2021. El muestreo de moscas blancas consistió en inspeccionar y contar los adultos en el haz de 10 hojas apicales de 10 guías de melón por cada parcela experimental. Se efectuaron seis muestreos semanales de insectos depredadores y abejas del 25 de septiembre al 30 de octubre del 2021. El muestreo de insectos benéficos consistió en inspeccionar y contar los insectos en el haz de 10 hojas apicales, 10 hojas medias y 10 hojas basales de 10 guías de melón por cada parcela experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidades de moscas blancas. En el muestreo previo realizado el 11 de septiembre del 2021 (antes de la primera aplicación) las poblaciones de adultos fueron bajas (1.7 a 2.7 adultos/hoja) en cielo abierto. Esta población de mosca blanca es menor que el umbral económico establecido para melón de 3 adultos por hoja (Palumbo *et al*. 1994, Nava y Cano 2000, Nava *et al*. 2008). A partir del 25 de septiembre las poblaciones en todos los tratamientos se incrementaron notablemente (mayores de 4 adultos por hoja), con excepción del tratamiento protegido con malla sombra. Se observó un primer pico poblacional el 2 de octubre con densidades hasta de 21 adultos por hoja y un segundo el 30 de octubre con densidades hasta de 24 adultos por hoja. Los diferentes programas de aplicaciones de insecticidas no ejercieron un control efectivo de la mosca blanca. En el melón protegido con malla sombra las poblaciones de moscas blancas fueron muy bajas o nulas (promedio general de 0.07 adultos por hoja).

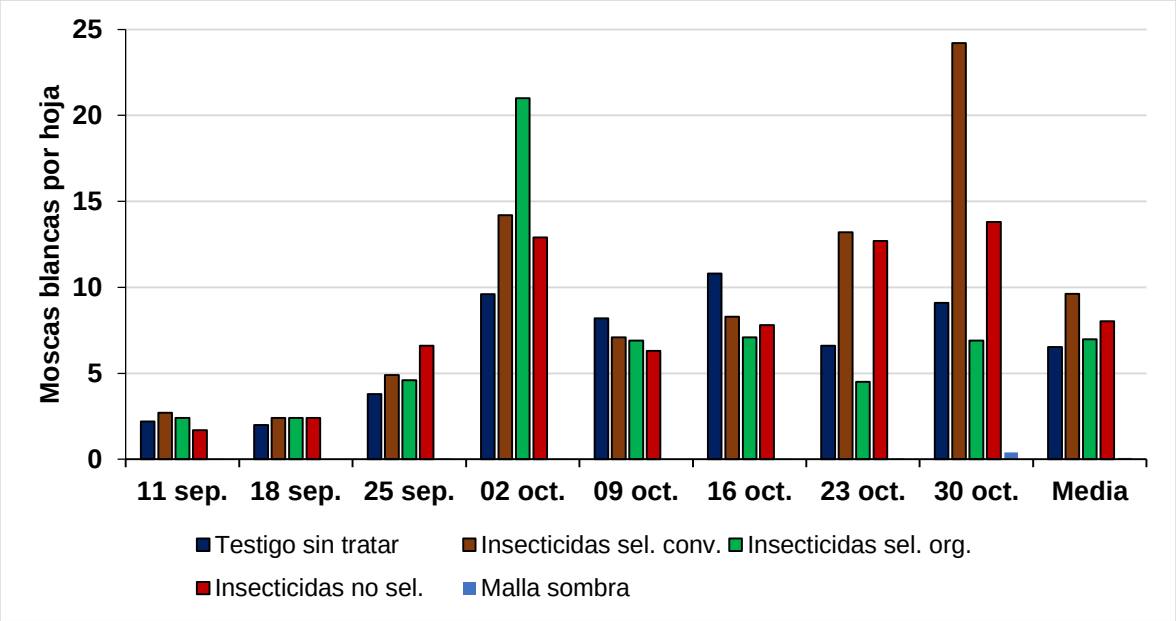
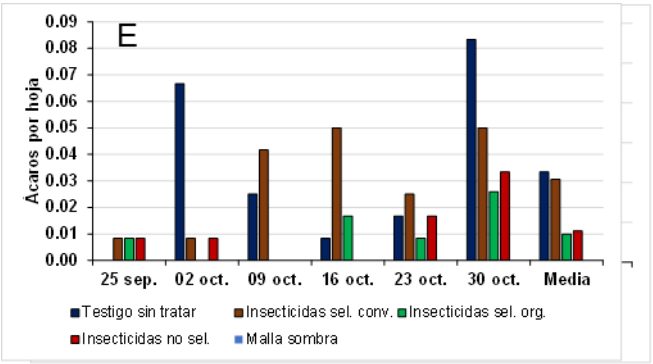
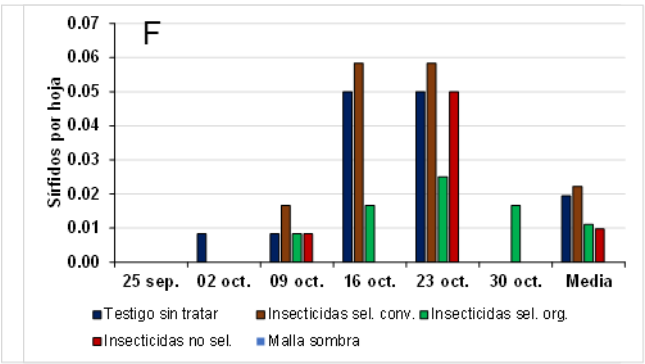


Figura 1. Promedios de adultos de mosca blanca por hoja de melón en los tratamientos evaluados.

Densidades de depredadores. En el todo el tratamiento los depredadores se incrementaron gradualmente a través del tiempo de muestreo, con excepción del tratamiento protegido con malla sombra. Los diferentes programas de aplicaciones de insecticidas no ejercieron un efecto negativo en las poblaciones de depredadores totales. En el melón protegido con malla sombra las poblaciones de depredadores fueron nulas, debido a la falta de alimento, ya que casi no hubo moscas blancas (Figura 2A).

Los principales depredadores asociados a moscas blancas en el cultivo de melón fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp. (62%), Catarinitas anaranjadas,





Hippodamia convergens (18%), chinches asesinas, *Zelus* sp. (9%), ácaros rojos (5%), moscas sírfidas, *Allograpta* spp. (5%) y escarabajos colops, *Collops* spp. (1%). Las poblaciones de crisopas verdes se redujeron apreciablemente del 25 de septiembre al 9 de octubre en todos los programas de aplicación de insecticidas, pero posteriormente se recuperaron. Las poblaciones de catarinitas anaranjadas se redujeron moderadamente (promedio de reducción del 35 al 38%) durante el ciclo del melón en todos los programas de insecticidas. Las chinches asesinas no fueron afectadas negativamente por los programas de control de moscas blancas. Las poblaciones de moscas sírfidas y ácaros rojos se redujeron notablemente (43-50%, 67-70%) por los programas de aplicaciones de los insecticidas Starkle y Neem, así como Muralla Max y Engeo.

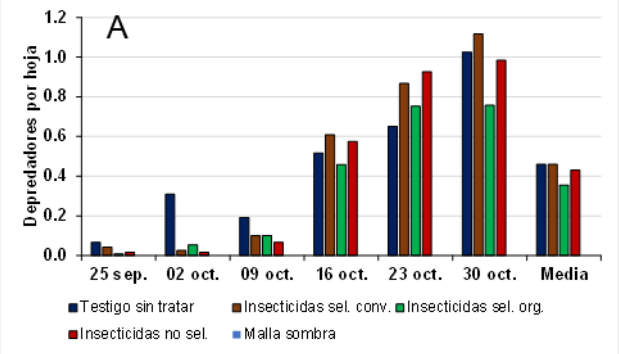
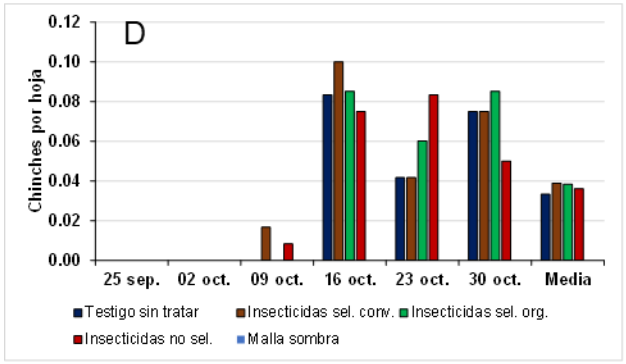


Figura 2. Promedios de insectos depredadores totales (A), crisopas verdes (B), catarinitas (C), chinches asesinas (D), ácaros rojos (E) y moscas sírfidas (F) por hoja de melón en los tratamientos evaluados.

CONCLUSIONES



Los diferentes programas de aplicaciones de insecticidas no ejercieron un control efectivo de la mosca blanca. Los principales depredadores asociados a moscas blancas en el cultivo de melón fueron: crisopas verdes, *Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp., catarinitas anaranjadas, *Hippodamia convergens*, chinches asesinas, *Zelus* sp., ácaros rojos, moscas sírfidas, *Allograpta* spp. y escarabajos colops, *Collops* spp.. Las poblaciones de catarinitas, moscas sírfidas y ácaros rojos fueron afectadas negativamente por los programas de aplicaciones de insecticidas.

REFERENCIAS

Chew M., Y. I. y F. Jiménez D. 2002. Enfermedades del melón. En: El Melón: Tecnologías de Producción y Comercialización. Espinoza A., J. de J. (ed.). CELALA-INIFAP. Matamoros, Coah. Libro Técnico No. 4. pp. 161-195.

Nava C., U. y P. Cano R. 2000. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia 34: 227-234.

Nava C., U., M. C. Aviléz G. y A. A. Fu C. 2008. Disposición espacial, muestreo y umbrales de acción. *In*: Moscas blancas. Temas selectos sobre su manejo. Ortega, L. D. (coord.). Colegio de Postgraduados/Mundi Prensa México. Texcoco, Edo. de México. pp. 43-56.

Palumbo, J. C., A. Tonhasca, Jr., and D. N. Byrne. 1994. Sampling plans and action thresholds for whiteflies on spring melons. University of Arizona, IPM Series Number 1.

Ramírez D., M., U. Nava C. y A. A. Fu C. 2002. Manejo integrado de plagas en el cultivo del melón. En: El Melón: Tecnologías de Producción y Comercialización. Espinoza A., J. de J. (ed.). CELALA-INIFAP. Matamoros, Coah. Libro Técnico No. 4. pp. 129-159.

ESTRUCTURA HORIZONTAL Y VERTICAL DEL *PINUS CEMBROIDES* ZUCC. EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ

Horizontal and vertical structure on *Pinus cembroides* Zucc. in the Zapalinamé Sierra

Vicenta Constante-García*[1], Erika Nava Reyna[1] y Marina de Jesús Marcial Pablo[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango.

*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La estructura de un bosque no es otra cosa que dinámica y se modifica constantemente mientras los árboles crecen, a través de los procesos de asignación de carbono que promueven el incremento en diámetro, altura y biomasa en general (Hu et al., 2020). Los cambios en la distribución son atribuibles, en general, a la interacción de las variaciones ambientales y la influencia de la historia de uso de la tierra que incluyen disturbios por tala, extracción selectiva de árboles(Gadow et al., 2007). En México, gran parte de las zonas de montaña se han incorporado a áreas naturales protegidas (Ramírez-Huerta et al., 2016), las cuales han estado sujetas a fuertes presiones antropogénicas derivadas de la expansión urbana y la extracción selectiva del arbolado con la consecuente fragmentación del hábitat (Regil et al., 2013).

Dentro de estas zonas se encuentra la Sierra Zapalinamé (Zona Sujeta a Conservación Ecológica), la cual, se encuentra ubicada en la sierra Madre Oriental (PROFAUNA, 2008). Dentro de la misma su encuentra los bosques *Pinus cembroides* que se establecen a una altitud de 1 350 a 2 700 msnm, en regiones de clima semiárido, con precipitaciones menores a 800 mm de lluvia anual, con presencia de heladas en invierno y con altas temperaturas en primavera-verano (Eguiluz, 1982). Estas poblaciones, tienen una importancia reducida en la producción de madera, principalmente con uso en la cimbra, pero su semilla es un

producto no maderable apreciado por la sociedad mexicana, con un alto valor económico en el mercado nacional e internacional (Robert, 1977). De las especies piñoneras *P. cembroides* es la más ampliamente distribuida. De acuerdo con Flores et al. (1985), esta especie se presenta en Puebla y Veracruz, continuando una dirección norte noroeste, encontrándose en 19 estados de la República hasta varios estados del suroeste de los E.U.A. *P. cembroides* pertenece al grupo de los pinos conocidos como piñoneros cuya característica principal es contar con semilla sin ala y comestible, el cual aporta beneficios económicos basados en la comercialización debido a su valor alimenticio, cualidades nutritivas y amplio uso en la repostería a escala local, regional e incluso internacional (González et al. 2006). No obstante, la misma, aporta un valor ecológico al ser el hábitat de la guacamaya enana (*Rhynchopsitta terrisi)* especie endémica de México (PROFAUNA, 2008), además de ser una especie sensible al clima, razón por la cual ha sido utilizado como dato prixi o estimativo que permitió reconstruir la precipitación de varias siglos para la región sureste del estado de Coahuila, esto, en base a sus crecimientos anuales (Constante-García et al., 2009).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la estructura de un paraje dentro de la Sierra Zapalinamé, bajo la expectativa de que la información generada sirva como base para entender el impacto que ha tenido sobre su estructura base.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras se realizó sobre la población de *P. cembroides* en Área Natural Protegida “Sierra de Zapalinamé. Sobre la misma se realizó la medición de variables dasonómica tales como altura, diámetro en el arbolado mayor y renuevo presente. Las alturas se toaron utilizando un clinómetro marca Sunnto y los diámetros utilizando una cinta diamétricas. En total se muestrearon 20 sitios de 400 m^2 (Figura 1).

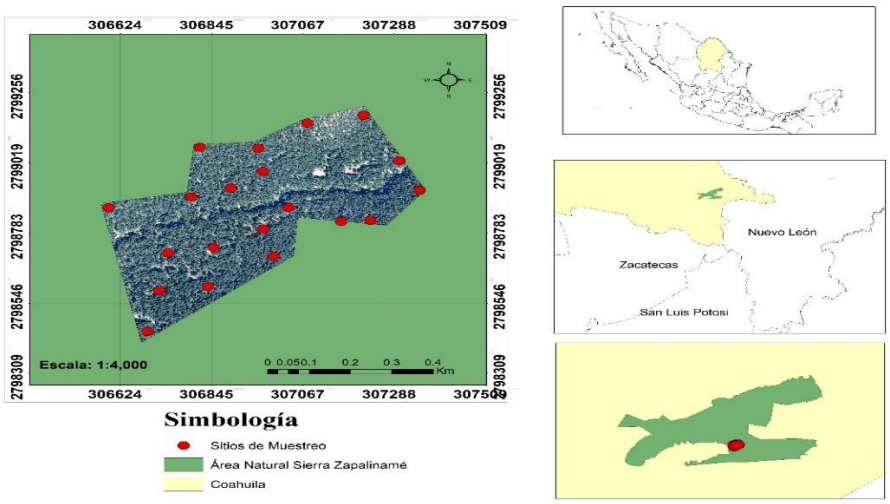


Figura 1. Sitios de realizados en area conservada del bosque de *Pinus cembroides* en la Sierra Zapalinamé.

El área de estudio fisiográficamente está compuesta por laderas pronunciadas que varían de 3,000 a 2, 500 m. El área de estudio se localiza en el ejido Cuauhtémoc al sureste de Coahuila dentro de la Sierra de Zapalinamé, que forma parte de a la región hidrológica Bravo - Conchos No. 24, en la cuenca Río Bravo - San Juan (B). Es un área plegada fracturada con topografía accidentada y rocas sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico. Lo suelos dominantes son castañozem cálcario, foezem calcáreo y rendzinas. El clima se caracteriza por un régimen de lluvias de verano y presencia ocasional de precipitación invernal (INEGI, 1983, García, 1978; Marroquín y Arce, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se tomaron en cuenta más de 600 árboles de *Pinus cembroides*. Los resultados obtenidos muestran arbolado con un diámetro promedio de 19.21 cm y altura de 10.43 m con una gran presencia en las categorías diamétricas de 7.5 - 12.5 hasta 37.6 - 42.5 y con un anula presencia de individuos menores a 7.5 cm de diámetro, o bien, con renuevo practicante nulo dentro de la población analizada. No obstante, el arbolado cuenta con diámetros mayores que disminuyen a 25 individuos por hectárea partir de la C.D de 37.6 - 42.5, posterior a

este rango se registra inclusive arbolado ausente en las categorías diamétricas de 42.6 - 47.5, 52.6 - 57.5 y 62.6 – 67.5, encontrando individuos aislados con diámetros entre 42.6 a 72.5 con fustes rectos y con pocas ramas en el tallo (Figura 2).

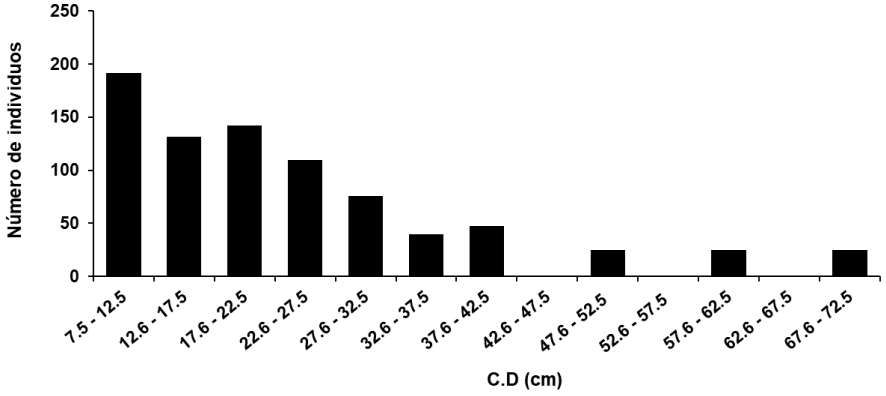


Figura 2. Distribución de categorías diamétricas de *Pinus cembroides*, en la Sierra Zapalinamé. C.D = Categoría diamétrica.

En las categorías diamétricas de mayor abundancia (7.6-12.5) presentan una altura promedio de 11.32 m correspondiente al arbolado más joven, posteriormente a estas categorías diamétricas la altura se estabiliza de aproximadamente a 15 m de altura, formando parte del arbolado de gran porte con diámetros de 47 hasta 70 cm (Figura 3).

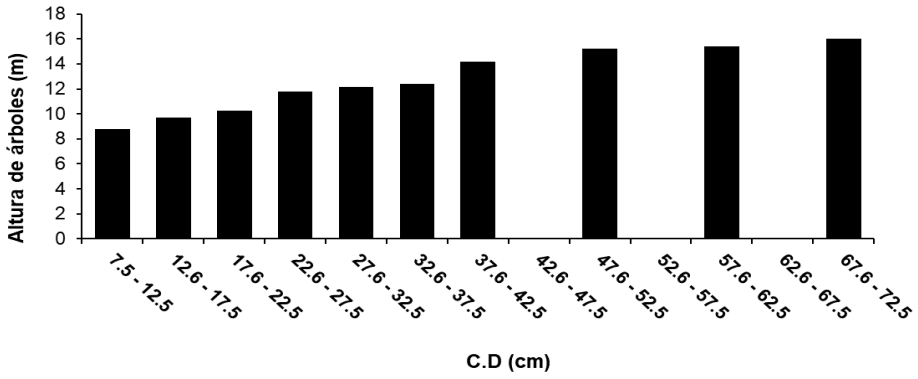


Figura 3. Distribución de vertical o de altura total de *Pinus cembroides*, en la Sierra Zapalinamé. C.D = Categoría diamétrica.

El arbolado de *Pinus cembroides* con una distribución diamétrica encontrada en la Sierra Zapalinamé forma parte de un bosque con una distribución diamétrica irregular continua, la gráfica de su distribución de frecuencias diamétricas sigue la curva de una "J" Invertida (De Liocourt) propia de bosque irregulares que propician bosques estables y productivos, considerándose la mejor distribución próxima a la naturaleza (CONAFOR, 2017; SEMARNAT, 2014). Sin embargo, es importante mencionar que en el polígono analizado es prácticamente nulo el número de renuevo (plantas de *P. cembroides* menores a 7.5 cm de diámetro) además, el arbolado maduro es eliminado por la tala clandestina practicada en el área de estudio. Así, diferentes fuentes indican que las comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé, presentan evidencias de impactos debido a la influencia humana, a través de aprovechamientos forestales, pastoreo extensivo y recreación sin control, la cual ha sido más intensa en el último siglo (Synnott, 20013; Valdés-Davila, 2008; Valdés-Davila et al., 2013). Lo anterior ha permitido una estructura con arbolado relativamente joven, con diámetros que lo ubican en la categoría de latizal, es decir, clases diamétricas con una densidad mayor en diámetros de 10 y los 35 cm (Manuel et al., 2014).

CONCLUSIÓN

El arbolado de *Pinus cebroides* Zucc ubicado en la parte baja de la Sierra Madre Oriental, ubicado en la Sierra Zapalinamé, en una zona poco accesible cercana al ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila, cerca del paraje de la "Mesa" presentando arbolado con una estructura de tipo irregular, es decir, arbolado con una mayor densidad en las primeras categorías diamétricas y menor densidad en arbolado maduro; caracterizado como latizal con renuevo o repoblado prácticamente nulo. Esta estructura posiblemente influenciada por actividades propias del ejido cercanos, los cuales practican pastoreo extensivo y la tala clandestina, evidente en la zona muestreada.

REFERENCIAS

Arce, G. L., & Marroquín, J. S. (1985). Las unidades fisonómico-florísticas del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. Biótica, 10, 369–393.

CONAFOR. (2017). *Manual para la elaboración de PMFM*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314226/Manual_para_la_Elaboracion_de_PMFM.pdf

Constante-García, V., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Cornejo-Oviedo, E. H., & Valencia-Manzo, S. (2009). Dendrocronología de Pinus cemborides Zucc y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Rev. Ciencia Forestal En México.*, *34*, 1–16.

Eguiluz P. (1982). Clima y distribución del género Pinus en México. Revista Ciencia Forestal, 7(38), pp.30-44.

Flores J, Cantú C. y Marroquín de la fuente J. (1985). Primer Simposio Nacional sobre pinos piñoneros. Facultad de silvicultura y manejo de recursos renovables. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 2-34.

Gadow, K. V, Sánchez-Orois, S., & Álvarez-González, J. G. (2007). Estructura y Crecimiento del Bosque. In *Estructura y Crecimiento del Bosque.* (Vol. 12, Issue Junio).

González J, García E, Vargas J, Trinidad A, Romero A y Cetina, V. (2006). Evaluación de la producción y Análisis de conos y semillas de Pinus cembroides Zucc.Centro de Investigaciones Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.pp.1-6

Hu, M., Lehtonen, A., Minunno, F., & Mäkelä, A. (2020). Age effect on tree structure and biomass allocation in Scots pine (Pinus sylvestris L.) and Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.). *Annals of Forest Science*, *77*(3). https://doi.org/10.1007/s13595-020-00988-4

Manuel, E., Alberto González, T. I. L., Rafael, R., & Navarro, M. (n.d.). *para el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe Bajo el Método de Selección de Manejo Propuesta*.

PROFAUNA. (2008). *Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra Zapalinamé. Programa Operativo 2008 - 2012.* https://www.biodiversidad.gob.mx/bios/docs/programa_quinquenal_2008-2012.pdf

Ramírez-Huerta, L., López-Guzmán, C. M., Arriola-Padilla, V. J., Trejo-Sandoval, ,Zitlalli, Pérez-Miranda, R., & Jiménez-Sierra, C. L. (2016). La investigación en las Áreas Naturales Protegidas de la Región Centro y Eje Neovolcánico Transversal de México. *ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA*, *2*(2), 37–66. https://doi.org/10.18242/anpscripta.2016.02.02.02.0003

Regil, H. H., Franco-Maass, S., Ordóñez-Díaz, J. AB., Bernal-Nava, E. G., & Mallén-Rivera, C. (2013). Procesos de deforestación y reducción de densidad del arbolado del parque nacional Nevado de Toluca. *Rev. Mex. Cien. For.* , *5*(24), 43–62.

Robert M. (1977). Estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de Pinus *cembroides* Zucc en México. Revista Ciencia Forestal, (2)10, pp. 49-58.

Valdés-Dávila, C. (2008). El uso de los recursos naturales en Saltillo en documentos de archivo entre 1578 y 1920. In A. Fábregas-Puig, M. A. Nájera-Espinoza, & J. F. Román-Gutiérrez (Eds.), Regiones y esencias. Estudio sobre la gran chichimeca. Seminario permanente de estudios de la gran Chichimeca (pp. 107−114). Guadalajara, Jalisco, México.

Valdés-Dávila, C., Niño-García, D. A., & Terry-Carrillo, E. A. (2013). Como utilizaron los habitantes de Saltillo sus recursos naturales. In A. ArizpeNarro (Ed.), Sierra Zapalinamé. Guía para conocer y valorar el área protegida de la Sierra de Zapalinamé (pp. 75–87). Saltillo, Coahuila, Mexico: Elementocero ediciones.

SEMARNAT. (2014). *Método Mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMOBI)*. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/CD001808.pdf

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EFICACIA DE UN BIOPESTICIDA EN MANZANA

EVALUATION OF THE EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF A BIOPESTICIDE IN APPLE ORCHARD

Autores

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes.

Instituciones y Dirección

CE Saltillo-INIFAP, CINVESTAV – Saltillo. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los biopesticidas son productos alternativos a los productos sintéticos, que repelen insectos y controlan plagas y enfermedades de una forma sustentable. La palomilla y la roña son una plaga y una enfermedad de mayor importancia en el cultivo de manzano. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia y eficacia de un biopesticida a base de compuestos orgánicos naturales en el cultivo de manzana. El estudio se realizó en una huerta de manzana en el ejido Rancho Nuevo, Arteaga, Coahuila, se establecieron dos tratamientos: A.- Sin aplicación y B.- Con aplicación de 1 L de biopesticida y con una segunda aplicación 10 días después de la primera aplicación, cada uno con tres repeticiones. Se determinó el índice de repelencia en plagas y el porcentaje de severidad y el porcentaje de eficiencia en enfermedades. En plagas a los 20 días después de aplicación (DDA) el testigo llegó a 5.3 y en el biopesticida con una palomilla, el índice de repelencia a los 20 DDA, llega a 0.39. En enfermedades la severidad del testigo fue 6.75 % y la del biopesticida de 1.67 %, la efectividad del biopesticida fue 75.3 %, la repelencia debe ser menor a uno y la efectividad mayor a 60% de acuerdo con las normas mexicanas. El biopesticida mostró su bondad en la agricultura sustentable pero su aplicación debe ser específica para plagas o enfermedades, porque en manzano no se presentan al mismo tiempo.

ABSTRACT

Biopesticides are alternative products to synthetic products, which repel insects and control pests and diseases in a sustainable form. The moth and the scab are a pest and a disease

of greater importance in the cultivation of apple tree. The objective of this research was to evaluate the efficiency and effectiveness of a biopesticide based on natural organic compounds in apple orchard. The study was carried out in an apple orchard in the ejido Rancho Nuevo, Arteaga, Coahuila, two treatments were established. A.- No application and B.- With application of 1 L of biopesticide and with a second application 10 days after the first application, each with three repetitions. The index of repellency in pests and the % of severity and % of efficiency in diseases were determined. In pests at 20 days after application (DDA) the control reached 5.3 and in the biopesticide with a moth, the repellency index at 20 DDA, reaches to 0.39. In diseases the severity of the control was 6.75 % and that of the biopesticide of 1.67%, the effectiveness of the biopesticide was 75.3%, the repellency must be less than one and the effectiveness greater than 60% according to Mexican standards. The biopesticide showed its goodness in sustainable agriculture but its application must be specific for pests or diseases, because in apple tree they do not occur at the same time.

INTRODUCCION

El sistema de agricultura sustentable y equilibrado de producción de alimentos consiste en mejorar y preservar la salud y la productividad en comunidades dependientes, es decir, suelos, plantas, animales y seres humanos, que utilizan los recursos naturales de manera sostenible.

El control biológico incluye el uso de extractos de diversas especies de plantas que tienen efectos tóxicos sobre los patógenos de las plantas. Este control de patógenos vegetales abarca la inducción o estimulación de los mecanismos de defensa de la planta (formación de proteínas asociadas con la patogénesis, fitoalexinas, formación de barreras histológicas, etc.) usando los llamados activadores o elicitores de defensa (Hajnal Jafari *et al.,* 2020).

Los biopesticidas tienen diferente efecto en laboratorio que en campo, ya que la producción del cultivo es significativamente menor en condiciones de campo debido a que depende de numerosos procesos físicos y químicos que ocurren en el suelo y el ambiente. Se ha demostrado que el nitrógeno tiene un efecto estimulante en el aumento de la actividad de los microorganismos antagonistas, además de un efecto positivo tanto en el rendimiento de los cultivos como en su protección contra los patógenos. La eficiencia de los extractos naturales está influenciada por los valores de temperatura y pH del suelo, el contenido de materia orgánica en el suelo y la incidencia de radiación solar directa.

Los biopesticidas que contienen metabolitos o microorganismos deben aplicarse en los cultivos por la noche, cuando no hay luz solar directa, o durante el día si está nublado. La temperatura óptima para su aplicación es de 24–28 °C porque su efectividad disminuye a temperaturas inferiores a 13-14°C o superiores a 32-38 °C (Golijan and Sečanski, 2022).

La palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L.), es la plaga de mayor importancia a nivel mundial en perales y manzanos; es una plaga de daño directo, persistente, endémica, de incidencia anual, por lo cual se realiza la mayor aplicación de insecticidas, porque sin control el daño por frutos barrenados por las larvas oscila entre 20 y 70% en y con control no pasa del 1% (Sánchez *et al*., 2000).

La roña de la manzana (*Venturia inaequalis*) existe en todo el mundo, pero es más grave en áreas con primaveras y veranos frescos y húmedos. El daño del hongo a hojas, frutos jóvenes y maduros es provocado por asci y ascosporas con lesiones subcuticulares, su control es con fungicidas sintéticos después de caída de pétalos con aplicaciones cada 10 a 14 días dependiendo de la intensidad de lluvias (Agrios, 2005).

El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia y eficacia de un biopesticida a base de compuestos orgánicos naturales en el cultivo de manzana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una huerta de manzana ubicada en el ejido Rancho Nuevo, en la localidad de Los Lirios, en Arteaga, Coahuila, durante el ciclo primavera-verano 2023. Se realizaron dos tratamientos: A.- Sin aplicación y B.- Con aplicación de 1 L de biopesticida y con una segunda aplicación 10 días después de la primera aplicación, cada uno con tres repeticiones.

Los tratamientos evaluados en campo fueron: 0 y 1 L/ha del producto biopesticida, se utilizaron secciones de riego y los muestreos fueron en la parte central de la unidad para evitar efecto de bordo, por lo cual se tuvo un diseño en bloques con 3 repeticiones y 2 tratamientos.

Para el muestreo de la roña, el tamaño de muestra fue de 4 hojas de la parte media del árbol, en 5 árboles para un total de 20 hojas por repetición y 60 hojas por tratamiento.

Las variables a medir para enfermedades (Mendoza, 1990) se midieron el 27 de julio que corresponde a 31 días después de aplicar el biopesticida y esto se debió a que los efectos

se presentaron después del 10 de julio por la presencia de lluvias que estimularon la incidencia de la roña y son:

$$\%\ de\ infección = \sum_{i=1}^{n=7}(n\ x\ V)/categoria\ x\ N$$

Donde:

n= número de hojas en cada categoría de índice

V= valor numérico en cada categoría de índice

N = Numero de hojas en la muestra de cada repetición = 20

Categoría = es el mayor valor del índice = 6 y se muestra en el Cuadro 1

Cuadro 1. Índices de severidad por daño foliar

Índice	% de Sup. foliar
0	sin daño
1	0.1 - 1.0
2	1.1-12.5
3	12.6-25.0
4	25.1-50.0
5	50.1 -75.0
6	75.1 -100

La efectividad del Biopesticida se midió con el siguiente modelo.

$$\%\ de\ efectividad = \frac{\%\ de\ mt - \%\ de\ mtra}{\%\ mt}\ x\ 100$$

Donde:

mt= es la severidad en el tratamiento

mtra= es la severidad en el Biopesticida

Para el muestreo de palomilla se realizó en trampas de ala cebada con feromona y se efectuó en lecturas en forma diaria, durante el periodo de estudio que fue 20 días.

El efecto de repelencia se mide como:

$$Índice\ de\ repelencia = \frac{2G}{G+P}$$

Donde:

G= es el porcentaje de insectos en el tratamiento.

P= es el porcentaje de insectos en el testigo.

El índice de repelencia se clasifica como neutro si el índice es igual a uno, atrayente si es mayor a uno y repelente si es menor a uno.

El análisis se realizó con el programa SAS 9.2. (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos tuvieron diferencia significativa entre el testigo y el biopesticida. El efecto en insectos plaga se realizó un muestreo de la palomilla del manzano (*Cydia pomomella*) y se inició el 26 de junio con captura de dos palomillas. Esta población se considera el vuelo de verano como la palomilla es un insecto y el repelente es para insectos, se aplicó 1 litro de repelente y la segunda aplicación 10 DDA, el 6 de julio.

En la Figura 1, se observa que la incidencia inicial fue de dos palomillas, a los 10 días el testigo tuvo cuatro y el biopesticida tuvo una, pero para los 20 días el testigo llego a 5.3 y en el biopesticida con una palomilla, mostrando la bondad en el uso de biopesticidas sobre los insecticidas sintéticos.

El índice de repelencia se muestra en la Figura 2, donde a los 10 DDA se tiene 0.51 de índice de repelencia y a los 20 DDA, llega a 0.39, como se mencionó, el índice de repelencia debe ser menor a 1, y de acuerdo con sus valores se tiene mayor repelencia a los 20 DDA. El efecto de un biopesticida nunca va a superar el efecto de un insecticida sintético, cuya función es eliminar a la plaga.

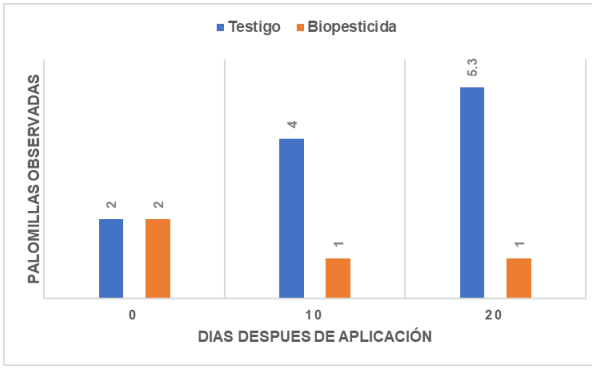


Figura 1. Incidencia de palomilla de manzana por efecto de biopesticida

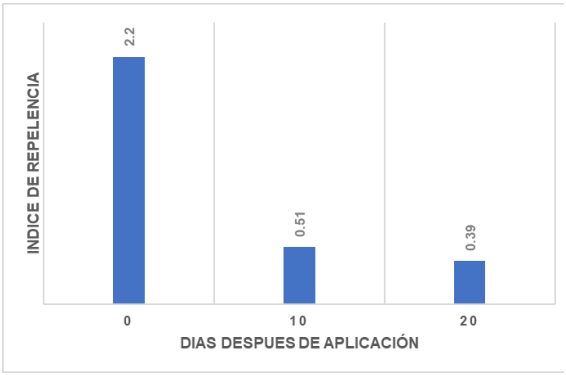


Figura2. Índice de repelencia por efecto de biopesticida

El efecto del biopesticida en enfermedades como la roña de la manzana se muestra en la Figura 3, donde la severidad de la roña en el testigo fue 6.75 % y la del biopesticida de 1.67 % con una diferencia de 5.8 porcentual. El efecto del biopesticida no es similar al agroquímico sintético, porque aun con la aplicación del biopesticida se tuvo incidencia de roña, aunque a un valor muy bajo.

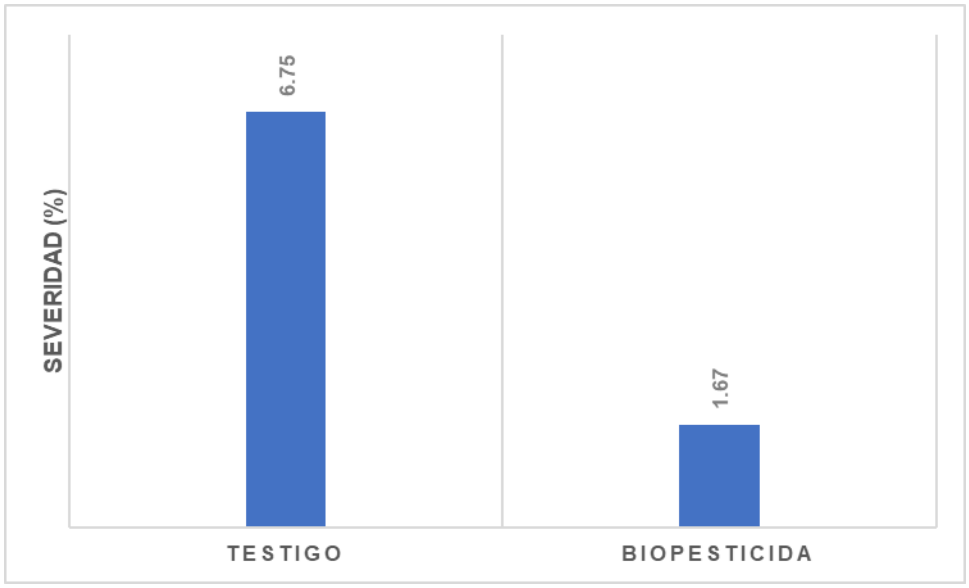


Figura 3. Porcentaje de severidad de la roña de la manzana con aplicación de biopesticida.

Con los valores de severidad se estimó la efectividad del biopesticida, que resulto de 75.3 %, de acuerdo con los criterios de SENASICA (2023), señala que un producto orgánico debe tener una efectividad superior al 60%, pero nunca será igual a la de un pesticida sintético.

El biopesticida mostró su utilidad, lo que lleva a concluir que este biopesticida es una buena alternativa para el deterioro ambiental por los insecticidas sintéticos. El daño de los insectos tiene mayor efecto al aumentar la temperatura porque los insectos son poiquilotermos por lo cual, su población se incrementa con la temperatura (Damos *et al*., 2022). Con el calentamiento global sus poblaciones se han incrementado y como consecuencia están afectando a los cultivos en su desarrollo, calidad y producción, por lo cual, se incrementó el uso de pesticidas de productos químicos sintéticos.

El efecto sobre enfermedades es cuando se tiene temperatura y humedad relativa altas, que favorecen la incidencia de enfermedades (Agrios, 2005), el efecto de insectos fue primero y se tuvo que esperar hasta que lloviera para ver el efecto en enfermedades, y solo se pudo determinar en hojas y no se observó daño en el fruto que se encuentra en desarrollo.

El biopesticida mostro su efecto benéfico para insectos y enfermedades, pero sus resultados para insectos cuando no llueve y enfermedades para cuando llueve, crea una incertidumbre del momento en que se debe aplicar el biopesticida. La respuesta entonces es que el biopesticida se debe aplicar cuando se tengan insectos plaga y cuando se tengan enfermedades, lo que lleva a que en lugar de ser dos aplicaciones tendría que ser tres, y tendría que trabajarse con el concepto de “Insecticidas a la carta” (Galache, 2023), para repeler insectos, controlar insectos y otro para controlar enfermedades, por los ingredientes que contiene el biopesticida y las combinaciones de la concentración de cada compuesto.

CONCLUSIONES

El biopesticida resultó efectivo en repelencia de insectos plaga y eficacia en enfermedades en el cultivo de manzano porque activa los mecanismos de defensa inducida contra los patógenos, pero muestra su bondad con los insectos benéficos y hongos entomopatógenos.

Su utilización debe incluir dos aplicaciones para insectos y otra para enfermedades, porque la incidencia de ambos no es en la misma época, lo que provoca que no haya enfermedades cuando hay insectos plaga, y solo se observó daño en hojas, pero no en fruto durante el periodo de estudio.

REFERENCIAS

Agrios, G. E. 2005. Plant pathology. 5th Ed. Elsevier Academic Press. 922 p.

Damos, P. T., Soulopoulou, P., Gkouderis, D., Monastiridis, D., Vrettou, M., Dimitrios Sakellariou, D., Thomidis. T. 2022. Degree-day risk thresholds for predicting the occurrence of Anarsia lineatella, Grapholita molesta and Adoxophyes orana in northern Greece peach orchards. Plant Protection Science, 58(3): 234–244. https://doi.org/10.17221/137/2021-PPS.

Galache, K. 2023. Diseño de insecticidas a la carta. Avance y perspectiva. Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta. CIVESTAV. 9(1):1-7.

Golijan-Pantović, J., Sečanski, M. 2022. Biopesticides in organic agriculture. Contemporary Agriculture, 71(1-2): 141-154. DOI: 10.2478/contagri-2022-0020.

Hajnal Jafari T., Stamenov D., Đurić, S. 2020. Proizvodnja i primena biopreparata. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Mendoza Z. C. 1990. Diagnóstico de enfermedades fungosas. Departamento de Parasitología

Agrícola, UACh. Chapingo, México. pp 155-157.

Sánchez V., V. M.; Cerda G., P. A.; Martínez D., F.; Landeros F., J. 2000. Manejo integrado de la palomilla de la manzana (*Cydia Pomonella* L.). Manual para productores. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 31 p.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, (DGIAAP). 2023. Criterios de evaluación para la aprobación y seguimiento de los laboratorios de prueba para realizar estudios de efectividad biológica de plaguicidas de uso agrícola en México, con fines de registro. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Ciudad de México, México. 17 p.

EVALUACIÓN DE PLÁSTICOS NEGROS Y/O TRANSPARENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris L.)* APLICANDO LA TÉCNICA DE SOLARIZACIÓN.

Avila-Cisneros; R., González-Avalos; R., Rocha-Quiñones; J.L., González-Torres; A., y ; Ogaz; A.

Profesores e Investigadores del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L. e Integrantes de Cuerpos Académicos UAAAN CA 34 y UAAAN CA 40. Email:rafael.avila @uaaan.edu.mx

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el campo experimental "San Antonio de los Bravos" en la temporada verano-otoño de 2021. Es una investigación sobre una técnica de desinfección de suelos con el objetivo de controlar los patógenos que existen en el mismo, que afectan al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L*.) ya que afectan el desarrollo fenológico del mismo, provocando grandes pérdidas en cuestión de producción y también de forma económica. Esta investigación fue con un diseño experimental de bloques al azar con un total de 3 tratamientos y tres repeticiones (A=Plástico transparente, B= Plástico negro y C= Sin plástico - testigo). El área total sembrada fue de 81 m^2, cada cuadrante con una superficie de 9m^2 con un alfa de .05. Utilizando como material genético semilla de frijol de variedad Pinto villa. Se planteó una hipótesis con una finalidad de comprobar si este tipo de desinfección del suelo mejora la germinación y la producción de esta variedad de frijol. Los resultados obtenidos a lo largo de casi 6 meses de trabajo en este experimento muestran que el tratamiento B que fueron los bloques cubiertos con plásticos negros mostraron porcentaje más alto en germinación, altura y producción de grano, así mostrando un mejor comportamiento que los otros dos tratamientos.

PALABRAS CLAVES.

Fenología, solarización, nemátodos, producción.

ABSTRACT.

This research work was carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Laguna Unit, in the experimental field of San Antonio de los Bravos in the summer-autumn season of 2021. It is an investigation on a soil disinfection technique with the objective of control the pathogens that exist in it, which affect the bean crop (Phaseolus vulgaris L.) since they affect its phenological development in large quantities, causing great losses in terms of production and also economically. This investigation with an experimental design of randomized blocks with a total of 3 treatments (A= Transparent plastic, B= Black plastic and C= Without plastic-control). The total planted area was 81 m^2, each block with a density of 9 m with 3 repetitions, each with an alpha of .05. Using bean seed of the Pinto villa variety as genetic material. A hypothesis was raised with the purpose of verifying if this type of soil disinfection improves the germination and production of this bean variety. The results obtained throughout almost 6 months of work in this experiment show that treatment B, which were the blocks covered with black plastic, showed a higher percentage in germination, height and grain production, thus showing a better behavior than the other two. treatments.

KEYWORDS: Phenology, solarization, nematodes, production

INTRODUCCIÓN.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L*.) tiene su origen en el continente americano y es uno de los productos básicos e importantes en el consumo humano. Por su gran variabilidad en resultados de estudios morfológicos y moleculares a permitido su adaptación en varias zonas geográficas (Bitocchi et al.,2012). En México se cultiva principalmente en ambientes semitropicales, zonas con clima semiárido y en zonas con alto riesgo (Broughton et al.,2003).

En el sector agrícola de México, el cultivo del frijol es de relevancia importante por la superficie que se siembra en las zonas. La producción nacional ha registrado variaciones muy notables a través de los años, que se han estado relacionando con el efecto estas condiciones del clima que son un problema para el cultivo, especialmente la sequía, debido a que es un cultivo que se siembra principalmente en época de temporal (Gaucín y Torres,2012).

El frijol es una leguminosa importante en el consumo al igual que en sector económico de muchos países (Secretaría de Economía, 2012). Su producción creció una tasa promedio anual de 1.6% entre los años 2003 y 2014, para colocarse en 25.1 millones de toneladas.

El sistema de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), señala que, en el año 2016, el frijol ocupa el tercer lugar en importancia, por la superficie que es sembrada en México, en segundo lugar, lo ocupa el maíz en grano y en tercero el sorgo; el porcentaje de producción primaria que obtiene, también ocupa la undécima posición, considerando cultivos cíclicos y perennes. Por su fácil adaptación y por el gran número de variedades mejoradas disponibles, esta leguminosa se siembra en todas las regiones, condiciones climáticas y los diferentes tipos de suelos en el país. El clima y el agua son uno de los factores más importantes que determinan su productividad, ya que en las principales regiones que se dedican a producirlo registran bajos niveles de precipitación pluvial y además una distribución errática. Sin embargo, la superficie y producción de frijol tanto en nuestro país como las regiones productoras a nivel mundial ha tenido una gran baja de producción durante los últimos años, lo cual resulta un gran problema para la seguridad alimentaria de México y del mundo.

Una buena producción de frijol está sujeta a varios factores; como por ejemplo tipo de suelo, clima, calidad del agua presencia de plagas, fertilidad disponible etc.; es decir es una temática multifactorial. Sin embargo uno de los aspectos más importantes tiene que ver con el por ciento de germinación es decir; con el número de plantas que en esos 8 o 10 días después de la siembra son capaces de emerger del suelo para ser cuidadas mediante el tipo de labores agronómicas que sean requeridas para lograr que la especie vegetativa produzca el grano seco para llevarlo al consumidor final.

Siendo este proyecto de continuación; y ante la presencia de estudios previos del *Phaseolus vulgaris L*. en la UAAAN Unidad laguna, un problema recurrente ha sido el bajo porcentaje de germinación; mismo que en el reciente 2019 solo se logró un 70% de emergencia de planta; lo que técnicamente es bajo.

Ante estas circunstancias la investigación planteada tiene como propósito el combatir los nemátodos del suelo que son elementos fito patógenos que entre otros problemas que ocasiona es la baja germinación del frijol.

La técnica que se utilizará es la de la solarización; que fue utilizada por vez primera por Katán (1995) en Israel para lograr una desinfección del suelo; y que se define como la desinfección del suelo por medio del calor generado de la energía solar capturada. La captura de energía ayuda a elevar la temperatura del suelo con este propósito, es una actividad que se remonta a tiempos lejanos. La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico que se practica en el suelo húmedo que es cubierto por una película de plástico y se expone a la luz del sol durante los meses más cálidos. El proceso del calentamiento del suelo es conocido como solarización y abarca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos del mismo que se va asociado con el calentamiento solar y que tiene valor como una alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura. La solarización del suelo es un proceso de cobertura que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura cuando esta técnica fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos para formar una barrera protectora contra heladas.

La solarización del suelo es un método no convencional de control de plagas del suelo, el cual utiliza la radiación solar con el fin de aniquilar varios organismos nocivos en la tierra; tales como hongos, larvas de insectos, nematodos y semillas de maleza (Rodríguez Morales; 2014).

En los estudios previos ha sido la presencia de nemátodos los que han estado interfiriendo en una buena germinación del frijol y en el desarrollo de su sistema radicular.

En la actualidad se dispone de varios métodos eficaces para controlar nemátodos aunque ciertos factores, tales como costos, tipo de cultivo – entre otros-; limitan su aplicabilidad. Los tipos de control más comunes son por medio de compuestos químicos, control biológico y control mediante métodos de rotación de cultivos e incorporación de materia orgánica, trampas y productos orgánicos (Bidwell; 1983). El grupo de trabajo que ha plateado esta investigación se desarrolla amparado por el paradigma de la sustentabilidad; luego entonces se ha decantado por el método de la solarización que está dentro de la vertiente de respeto a los aspectos ecológicos; pues es un sistema que captura la energía de calor radiante del sol y es capaz de causar cambios físicos, químicos y bilógicos en el suelo (Pul-mann, DB Vag y E more; 1989); estos autores además mencionan que la utilización de plásticos transparentes puestos sobre el terreno mojado son capaces de actuar rápido y de manera eficiente sobre los fitopatógenos.

El plástico transparente es más eficiente que el plástico negro, porque permite que penetren un mayor espectro de energía luminosa. Estos plásticos generalmente son películas de polietileno de bajo costo, fuerza pensil y resistente al rasgado (Jerónimo Antonio; 2007).

Sobre el particular de plásticos transparentes; Parra, Sobrero y Pece (2015); mencionan que el cubrir el suelo con láminas de polietileno transparente de baja densidad (entre 40 y 100 micrones tipo cristal) durante estaciones cálidas; se incrementa la temperatura debido al calentamiento solar. Además la marchitez de varios cultivos por Verticillium y Fusarium entre otras enfermedades de las plantas han sido exitosamente controladas por medio de la solaziración del suelo (Ashwoth y Gaona; 1982).

Relacionado con el frijol (*Phaseolus vulgaris L.);* los nemátodos parasitarios de *P. vulgaris* afectan a las raíces, provocan desórdenes del sistema vascular, reducen la penetración de las raíces al perfil del suelo e incrementa el impacto negativo del estress de humedad de las plantas; también disminuye o suprime la nodulación y con ello interfiere en la reducción de fijación de nitrógeno ; y junto con otros patógenos fungosos provocan la disminución de rendimientos) Hernández, Rodríguez y Holgado; 2018).

Esto es pues uno de los justificantes más importantes del porqué del proyecto de solarización en el cultivo del frijol desde el punto de vista técnico; pues desde la vertiente económica el frijol está dentro de los granos que están siendo subsidiados actualmente por el gobierno federal; y en él 2020 a pesar de la pandemia que está atacando el Mundo; al igual que el maíz que crecerá su producción un 7%, arroz un 30.7%, trigo un 7%; el frijol crecerá en producción un 5.5%. Y en términos generales la producción agrícola crecerá un 7% a pesar de la contracción del Producto Interno Bruto de México (Aguilar ; 2020).

OBJETIVO: Incrementar el % de germinación y la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris L*.) de la variedad pinto Villa al combatir la presencia de nematodos en el suelo tiempo antes de iniciar las labores culturales por medio de la solarización con plásticos transparentes y/o negros.

HIPÓTESIS: La solarización del suelo previo tiempo pertinente; con la técnica de solarización con polietilenos transparentes y/o plásticos negros mejoran la germinación y la producción de frijol de la variedad pinto Villa.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental “San Antonio de los Bravos” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en Torreón Coahuila entre los paralelos (25 ° 42˝ y 24˚ 48˝ N) y entre los meridianos (103 ˚31˝ y 102˚ 58˝ O) a una altura de 1,139 MSNM, al suroeste del estado de Coahuila y al Noroeste del estado de Durango. Se efectuó en el periodo verano-otoño 2021, mediante el diseño de experimentos de bloques al azar con 3 tratamientos (T1= Solarización con plástico transparente, T2= Solarización con plástico negro; y T3 como testigo sin plástico) con 3 repeticiones para cada uno. Se sembró después de la solarización de la variedad de frijol pinto villa; cuyas características de desarrollo lo describen como una variedad resistente a la presencia de nemátodos en el suelo. La dimensión de cada uno de los bloques fue de 9 m^2 lo que permitió un área de trabajo de 81 m^2. La densidad de siembra fue de 12 semillas por metro lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

El porcentaje de germinación se muestran a continuación en la tabla 1 en la cual se puede observar el comportamiento del tratamiento del testigo con un % de germinación superior a un 50%. Sin embargo, no se llegó a diferencia estadística entre los tratamientos.

Tabla 1. Resultados de germinación de los tres tratamientos.

A1= 47.4 %	B1= 73.6 %	C1= 70.31 %
C2= 54.7 %	A2 = 45.8 %	B2 = 50 %
B3= 25%	C3= 50 %	A3 = 29.4 %

FcTrat= 2.65 para un α =0.05; Ft= 6.94. Es decir, Fc<Ft; No hay diferencia estadística entre los tratamientos

En la tabla 2 se muestra los resultados del área foliar, en esta se puede observar en cm^2 como el testigo pudo llegar a 1900 cm^2 de superficie foliar en el cuadrante C3. Sin embargo, tampoco se obtuvo a una diferencia estadística; los tratamientos al área foliar se comportaron de la siguiente manera:

Tabla 2. Área foliar del frijol en cm^2.

A1= 1120	B1= 1470	C1= 798.6
C2= 1239	A2= 1123	B2= 1379
B3= 774	C3= 1849	A3= 1252

Fc Trat=0.065 para un α =0.05; Ft= 6.94. Es decir, Fc<Ft; No hay diferencia estadística entre los tratamientos para la producción de grano seco.

El dato más importante de esta investigación fue la variable de grano seco que a continuación se muestra en la tabla 3 en el cual muestra como el tratamiento C disminuyo sus expectativas, en el cuadrante C1 se puede observar que obtuvo una producción que de manera muy notable superando los 16 gramos, mientras que el bloque C3 logró casi 1400 gramos en grano seco. Sin embargo, tampoco se pudo lograr la diferencia estadística tal como se puede observar en las comparaciones de Fc y Ft al 5%.

Tabla 3. Datos de grano seco por cada tratamiento en gms. de frijol pinto villa.

A1= 148.7	B1= 309.3	C1= 16.8
C2= 811.3	A2= 883.0	B2= 417.5
B3= 239.7	C3= 1337.5	A3= 1039

Fc Trat= 1.147 para un α =0.05; Ft= 6.94. Es decir, Fc<Ft; No hay diferencia estadística entre los tratamientos para la producción de grano seco

CONCLUSIONES.

La reflexión de autores como el que a continuación se cita dice: “la técnica de la desinfección de suelos a través del método de la solarización es un método que disminuye el uso de productos químicos para la desinfección del mismo, controlando los patógenos que afectan la productividad del cultivo, así reduciendo costos del cultivo para los pequeños productores y así incrementado un poco más la producción. Aunque es importante mencionar que su costo de instalación en grandes cantidades a sembrar si es alto, pero se obtienen buenos resultados además que los plásticos pueden ser reutilizados para otra temporada de siembra” (Jerónimo-Antonio; H.; 2007); sin embargo en la presente investigación los resultados que se han obtenido en tres variables para evaluar la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris L*.) han arrojado los siguientes resultados en valores promedio: El tratamiento testigo (T3) fue el mejor en % de germinación con un pobre

58%, el mismo T3 fue mejor en área foliar con 1295 cm^2 ; y en la producción de grano seco fue ese mismo tratamiento el mejor con 721.8 gramos. Sin embrago en ninguna de estas valoración se presentó diferencia estadística es decir para las tres variables la Fc < Fc. El objetivo y la hipótesis plateada al inicio de este trabajo de investigación se han logrado y validado; más en lo relacionado con la hipótesis planteada; ésta se rechaza.

REFERENCIAS

Aguilar; A. (2020). Sader: Creció cosecha 7% en 2020y avanza maíz, arroz, frijol y trigo. Periódico El Economista en: http://www.eleconomista.com.mx/opinion/Sader-crecera-cosecha-7-en-2020 consultado el 21 de diciembre de 2020.CdMx,

Ashworth, L.S. y Gaona, J. (1982). Evaluation of clear polyethylene mulch for controlling Verticillium with in established pistachio nut grover. R. Phytopathology 72:243-246

Bidwell, R. (1983). Fisiología vegetal; Traducción por Guadalupe Gerónimo Cano. México: AGT Editores. 784

Bitocchi E., Bellucci E., Giardini A., Rau D., Rodriguez M., Biagetti E., Santilocchi. R., spagnoletti P., Gioia T, Logozzo G., Attene G., Nanni l., Papa R. 2012. Molecular Analysis of the Parallel Domestication of the Common Bean (Phaseolus vulgaris) in Mesoamerica and The Andes. New Phytologist 197: 300-323.

Broughton, W. J.; Hernández, G.: Blair, M.; Beebe, S.; Gepts, P. and Vanderleyden, J. 2003. Beans (Phaseolus spp.). Model food legumes. Plant Soil. 252:55-128.

Hernández-Ochandía, D. Rodríguez-Hernández, M.G. y Holgado, R. (2018). Nematodos parasitarios que afectan Phaseolus vulgaris L. en Latinoamérica y Cuba: especies, daños y tácticas evaluadas para su manejo. Revista de protección vegetal vol. 33, No 3. ISSN:2224-4697

Jerónimo Antonio, H. (2007). Solarización de suelos para el control de malezas, hongos y nematodos, causantes de enfermedades y reducción de rendimientos agrícolas. Tesis de Especialidad en Química Aplicada. Centro de Investigación de Química Aplicada de la UA de C. Saltillo, Coahuila México.

Katon, J. (1995). Solar heating (solarización) of soil for control of soil borne pest ann, Review Phytopathology. 1981

Rodríguez-Morales, A. (2014). Evaluación del efecto de cepas nativas de Bacillus sp, aisladas de un suelo supresivo a nematodos, sobre el nematodo barrenador del banana, Rodupholus similis (Thorne) y el crecimiento de plantas de banana (Musa AAA) bajo condiciones de humedad. Tesis de Maestría del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Cartagena Costa Rica.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA. 2012. "Análisis de la Cadena de Valore del Frijol", Dirección General de Industrias Básicas.

SIAP-SAGARPA. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Atlas agroalimentario 2017. Frijol. 84-85 pp.

Parra, M.V., Sobrero, M.T. y Pece, M.G. (2015). Solarización: una alternativa de control de malezas para viveristas. Revista Foresta Veracruzana 17(1). Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Veracruzana.

Pal mann, DB Vag y E more (1989). Solarización del suelo un método no químico para el control de plagas y enfermedades. Revista Agricultura Técnica. Revista científica del INIA.IPA, La Platina No 55. República de Chile.

GENERACIÓN DE UN BIOPESTICIDA: SITUACIONES Y SOLUCIONES

BIOPESTICIDE GENERATION: SITUATIONS AND SOLUTIONS

Autores

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes.

Instituciones y Dirección

CE Saltillo-INIFAP, CINVESTAV – Saltillo. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los biopesticidas son productos alternativos para los productos sintéticos, que repelen insectos y controlan plagas y enfermedades de una forma sustentable, pero con menor eficacia. El objetivo del estudio es evaluar la estabilidad de mezclas de compuestos con ingredientes sustentables para el control de plagas y enfermedades. Se evaluaron cinco compuestos: 1) Canela (*Cinnamomum verum*), 2) Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), 3) Ajo (*Allium sativum*), 4) Chile (*Capsicum annuum* L.) y 5) Gobernadora (*Larrea tridentata*). Se mezclaron a niveles de 100, 150 y 200 mL, para tener cinco tratamientos de los compuestos colocadas en una probeta de 1 L: Se evalúo su sedimentación a 2 meses, y se eliminó mediante filtrado, para determinar la concentración de quercetina, ácido nordihidroguaiarético y Kaempferol en gobernadora; de cinamaldehído en canela; de alicina en ajo; de capsaicina en chile y de azadiractina en neem por HPLC. Los resultados indican que las mezclas con 200 mL de cada compuesto tienen la mayor concentración de ácido nordihidroguaiarético, kaempferol y quercetina con 708, 49 y 9,742 mg kg^{-1}, respectivamente y son los tratamientos III y VI del ingrediente propuestos para control de plagas y enfermedades. El ingrediente que se propone como repelente de los tratamientos IV y V con contenido de capsaicina, de cinamaldehído, de azadiractina y de alicina a concentración de 4,005, 542, 2.5, 59 mg kg^{-1} respectivamente. El biopesticida preparado debe mostrar su bondad en la agricultura sustentable para conocer su efecto.

ABSTRACT

Biopesticides are alternative products for synthetic products, which repel insects and control pests and diseases in a sustainable way, but with less effectiveness. The objective of the study is to evaluate the stability of mixtures of compound with sustainable ingredients for the control of pests and diseases. Five compounds were evaluated: 1) Cinnamon (*Cinnamomum verum*), 2) Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), 3) Garlic (*Allium sativum*), 4) Chili (*Capsicum annuum* L.) and 5) Gobernadora (*Larrea tridentata*). They were mixed at levels of 100, 150 and 200 mL, to have five treatments of the compounds placed in a 1 L test tube, its sedimentation is evaluated at 2 months, and it is removed by filtrate, to determine the concentration of quercetin, nordihydroguaiaretic acid and kaempferol in gobernadora, cinnamaldehyde in cinnamon, allicin in garlic, of capsaicin in chile and azadirachtin in neem by HPLC. The results indicate that mixtures with 200 mL of the compounds have the highest concentration of nordihydroguaiaretic acid, kaempferol and quercetin with 708, 49 and 9,742 mg kg^{-1}, which correspond to treatments III and VI of the ingredients for pest and disease control, the ingredient as repellent of treatments IV and V of capsaicin, cinnamaldehyde, azadirachtin and allicin with 4.005, 542, 2.5, 59 mg kg^{-1} respectively. The prepared biopesticide must show its goodness in sustainable agriculture to know its effect.

INTRODUCCIÓN

Los biopesticidas pertenecen a los principios de la agricultura verde que es opuesta a los pesticidas sintéticos. Los propósitos de la agricultura verde son: (1) Producción segura donde los procesos comienzan con recursos renovables y son alimentados con un mínimo de energía, (2) Los residuos de biopesticida son biodegradables y mínimos, (3) El biopesticida es inofensivo al ambiente. Los biopesticidas es el sinónimo de la agricultura sustentable que causa menos daño ambiental mientras que es social y económicamente viable (Fenibo *et al.*, 2022).

En los últimos 50 años el método más común, intensivo y extensivo para el control de plagas ha sido el uso de insecticidas químicos sintéticos. El uso de pesticidas se incrementó a partir de 1940 que inició con el DDT (diclorodifeniltricloroetano), seguido de insecticidas organoclorados, órgano fosforados y carbamatos. En 1960 inicia la revolución verde y en 1970 se tiene la tolerancia del trigo a condiciones abióticas y bióticas de estrés que permitió duplicar la producción de alimentos en todo el mundo, incrementando el uso de

agroquímicos en la agricultura; pero los insecticidas químico-sintéticos son utilizados en exceso y provocaron del deterioro de la fertilidad del suelo y del ecosistema.

Los impactos adversos se han tenido por el uso excesivo de pesticidas en la calidad del agua, salud del suelo, problemas como resistencia y tolerancia de los insectos plaga, variación genética en plantas, residuos tóxicos en comida y alimentos ha creado herramientas como el manejo integral de plagas (MIP). Cuando los microorganismos del suelo son afectados por los insecticidas sintéticos, se afecta la mineralización de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, la nitrificación, la desnitrificación, la amonificación y los procesos de solubilización del fósforo. ya que se desactiva la actividad enzimática de los microrganismos (Yadav *et al*, 2022).

Como se demuestra, el uso de insecticidas y fungicidas sintéticos ha causado un impacto negativo en la salud humana y en el ambiente; el uso de biopesticidas aunque es una alternativa no ha tenido el impacto necesario porque la tasa de comercialización es baja (del 3%), mientras los insecticidas es del 60% y de fungicidas del 19%. Los productores deben entender que las plagas y enfermedades de las plantas se han vuelto más resistentes y si siguen aplicando insecticidas y fungicidas, primero es necesario alternar los biopesticidas y pesticidas hasta lograr un equilibrio con solo los biopesticidas, pero esto se logra en más de 3 ciclos de cultivo.

El objetivo del estudio fue generar un biopesticida a base de compuestos orgánicos naturales con efecto ya conocido para su aplicación en la agricultura sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron cinco compuestos: 1) Canela *(C. verum*), 2) Neem (*A. indica* A. Juss), 3) Ajo (*A. sativum*), 4) Chile (C. annuum L.) y 5) Gobernadora (*L. tridentata*). Los materiales se obtuvieron de varias partes de país y se prepararon seis mezclas, que son los tratamientos y se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de mezclas de compuestos orgánicos.

Tratamiento	Canela (mL)	Neem (mL)	Ajo (mL)	Chile (mL)	Gobernadora (mL)	Volumen Total (mL)
I	150	150	150	150	100	700
II	150	150	150	150	150	750

III	150	150	150	150	200	800
IV	200	200	200	200	150	950
V	200	200	200	200	100	900
VI	100	100	100	100	200	600

Los compuestos fueron extraídos de la parte vegetativa con etanol, se filtraron a través del filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8 µm y se obtuvo un volumen de 1 L de compuesto de cada parte vegetativa para tener el material para la mezcla. Los tratamientos se ajustaron a un litro con diluyentes y acondicionadores para tener el volumen que se colocó en una probeta de 1 L para determinar su solubilidad se dejó en reposo durante 2 meses (Figura 1) y una vez que la mezcla se estabilizó sin sedimentos con un segundo filtrado para remover estos, se procedió a medir en los seis tratamientos la concentración de quercetina, ácido nordihidroguaiarético y kaempferol en gobernadora, de cinamaldehído en canela, de alicina en ajo, de capsaicina en chile y de azadiractina en neem por HPLC (High Performance Liquid Chromatography) marca Agilent 1200. En cada compuesto se utilizó el solvente especifico (Covarrubias *et al*., 2022, Diaz *et al*., 2022a, 2022b, 2022c).

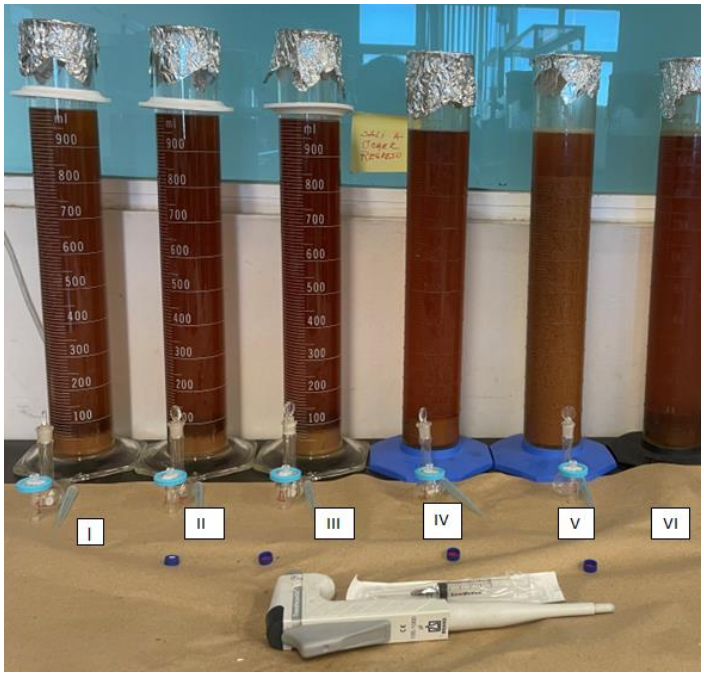


Figura 1. Tratamientos de mezclas de biopesticidas.

El análisis de sedimentación es descriptivo y el análisis de la concentración se realizó con el programa SAS 9.2. (SAS, 2010), los resultados se presentan en mg kg^{-1}.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mezclas se prepararon el 1 de marzo, y los primeros resultados se obtuvieron el 15 de marzo, donde ya se observaban precipitaciones en la mezcla. Los resultados a los dos meses se muestran en el Cuadro 2, donde el tratamiento IV presentó el mayor volumen de precipitados con 51.16 mL. Este tratamiento tiene la mayor concentración de chile, ajo, neem y canela, pero la menor concertación de gobernadora. El menor valor de precipitados lo presentó el tratamiento VI con 34.10 mL el cual tiene la menor concentración de chile, ajo, neem y canela, pero la mayor concentración de gobernadora; esta relación inversa indica que el chile, el ajo, el neem y la canela tiene el efecto de precipitación.

Para corroborar el efecto de precipitación mencionado, con la metodología de prueba y error, se mezcló chile y ajo y no se observó precipitación o si la hubo fue mínima. Al mezclar chile, ajo y neem, se presentó precipitación similar (mínima). Por otro lado, la mezcla de chile, ajo, neem y canela, presentó una precipitación de 51.05 mL. Por lo tanto, se deduce que la canela es la causante del efecto de precipitación.

Cuadro 2. Situación de sedimentos en los tratamientos de mezclas

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (mL)	
I	1.77	6.12	34.98	
II	1.87	6.12	35.29	
II	1.83	6.12	35.17	

IV	1.49	6.12	51.16	
V	6.92	6.12	37.99	
VI	2.73	6.12	34.10	

Por lo tanto, se realizó una segunda filtración para eliminar estos residuos de la reacción y así tener una mezcla de compuesto orgánicos y solubles. El proceso de la segunda filtración y el sedimento retenido se presenta en la Figura 2.



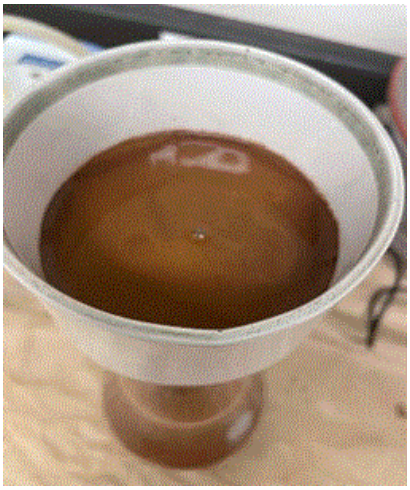


Figura 2. Proceso de segunda filtración, sedimento y mezcla soluble.

Con los resultados de la segunda filtración de los tratamientos de mezclas y la eliminación del sedimento (Figura 2), la concentración de quercetina, ácido nordihidroguaiarético y kaempferol en gobernadora, de cinamaldehído en canela, de alicina en ajo, de capsaicina en chile y de azadiractina en neem, en los tratamientos se muestra en el Cuadro 3.

La diferencia fue significativa entre los tratamientos. El tratamiento III tiene la mayor concentración de ácido nordihidroguaiarético y kaempferol con 708 y 49 mg kg^{-1}, el tratamiento VI tiene la mayor concentración de quercetina con 9,742 mg kg^{-1}, ambos tratamientos tienen 20 mL de compuesto de gobernadora, lo que se relaciona con la mayor concentración. El tratamiento IV tiene la mayor concentración de capsaicina, de cinamaldehído y de azadiractina con 4,005, 542 y 2.5 mg kg^{-1} respectivamente, y el tratamiento V tiene la mayor concentración de alicina con 59 mg $kg^{-1,}$ ambos tratamientos tienen 20 mL de compuesto de chile, ajo, neem y canela. Esto concuerda que a mayor cantidad de compuesto hay mayor concentración de biopesticida.

Cuadro 3. Concentración de compuestos de biopesticidas en diferentes mezclas.

Extracto y sus componentes	**Mezcla**					
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
Extracto de Gobernadora						
ácido nordihidroguaiarético (ppm)	325	482	708	555	275	607
kaempferol (ppm)	44	48	49	47	42	49
quercetina (ppm)	4868	6457	7907	4544	3662	9742
Extracto de Chile						
capsaicina (ppm)	80	160	98	4005	3828	10
Extracto de Ajo						
alicina (ppm)	57	57	58	58	59	55
Extracto de Canela						
cinamaldehído (ppm)	443	383	412	542	509	104
Extracto de neem						
azadiractina (ppm)	1.9	1.7	1.5	2.5	2.5	0.6

Un biopesticida es más útil para el desarrollo rural con productores que tienen menor ingreso y menor superficie. Si los productores empresariales empiezan a ver el beneficio que sus cultivos son más sustentables, y que estos productos pueden resultar más económicos y a través de capacitación y seguimiento se incrementa la adopción de los biopesticidas (Liu *et al*., 2022), en este caso las especies del biopesticida tienen un costo y todas fueron obtenidas de estudios de localidades y partes vegetativas, situación que debe considerarse para tener un biopesticida.

Los biopesticidas pueden ser de productos naturales, o sea vegetales, como el caso de este estudio, porque su uso se ha incrementado de 2011 a 2021 en 71.24% a nivel mundial (Hernández *et al.*, 2022), lo que lleva a concluir que este estudio de generar un biopesticida es una buena alternativa para el deterioro ambiental por los pesticidas sintéticos

Para aumentar la aplicación y disponibilidad, de biopesticidas es necesario mejorar la eficacia

y estabilidad a través de las nuevas sustancias bioactivas y formulaciones mejoradas, y a partir de este estudio de biopesticidas, se pueden discutir las posibilidades del uso de sustancias activas nuevas y mejorar las formulaciones (Šunjka and Mechora, 2022).

Las mezclas de biopesticidas evaluadas forman parte de un concepto que se llama "Insecticidas a la carta" (Galache, 2023), este biopesticida tiene la cualidad de repeler insectos, de controlar insectos y de controlar enfermedades, por los ingredientes que contiene, y las combinaciones de la concentración así lo indican, por lo que su siguiente etapa es evaluar su eficiencia y eficacia en los cultivos bajo condiciones de campo.

CONCLUSIONES

Los ingredientes para repeler insectos tienen la mayor concertación a la mayor cantidad del compuesto y los que son para controlar plagas y enfermedades también.

El biopesticida tiene el efecto de repelencia y control en insectos plaga, tiene control en enfermedades y activa los mecanismos de defensa inducida contra los patógenos, pero muestra su bondad con los insectos benéficos y hongos entomopatógenos.

Su evaluación de eficiencia y eficacia es parte del conocimiento que se debe tener de los biopesticidas para mostrar su bondad en la agricultura sustentable.

REFERENCIAS

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel, Díaz Jiménez, Lourdes; García Garza, Sergio Javier. 2022. Determinación de cinamaldehido en canela de dos localidades mediante HPLC. Orona Castillo, Ignacio; Vásquez Vásquez, Cirilo; Nava Camberos, Urbano; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Ruiz Ortega, Francisco Javier (Editores). Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 34:145-151.

Díaz Jiménez, Lourdes; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel, Carlos Hernández, Salvador. 2022a. Cuantificación de alicina en ajo de dos localidades empleando cuatro extractantes. Orona Castillo, Ignacio; Vásquez Vásquez, Cirilo; Nava Camberos, Urbano; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Ruiz Ortega, Francisco Javier

(Editores). Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 34:128-132.

Díaz Jiménez, Lourdes; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel, Carlos Hernández, Salvador. 2022b. Evaluación de la concentración de capsaicina en cuatro variedades de chile. Orona Castillo, Ignacio; Vásquez Vásquez, Cirilo; Nava Camberos, Urbano; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Ruiz Ortega, Francisco Javier (Editores). Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 34:133-138.

Díaz Jiménez, Lourdes; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel, Carlos Hernández, Salvador. 2022c. Comparación de solventes para la extracción de azadiractina de hojas y semillas de neem. Orona Castillo, Ignacio; Vásquez Vásquez, Cirilo; Nava Camberos, Urbano; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Ruiz Ortega, Francisco Javier (Editores). Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 34:139-144.

Fenibo, E. O., Ijoma, G. N., Nurmahomed, W. and Matambo. T. 2022. The Potential and Green Chemistry Attributes of Biopesticides for Sustainable Agriculture. Sustainability 14, 14417. https://doi.org/10.3390/su142114417.

Galache, K. 2023. Diseño de insecticidas a la carta. Avance y perspectiva. Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta. CIVESTAV. 9(1):1-7.

Hernández-Tenorio, F., Miranda, A. M., Rodríguez, C. A., Giraldo-Estrada, C. and Sáez, A. A. 2022. Potential Strategies in the Biopesticide Formulations: A Bibliometric Analysis. Agronomy, 12, 2665. https://doi.org/10.3390/agronomy12112665.

Liu, Y., Shi, R., Peng, Y., Wei Wang, W. and Fu, X. 2022. Impacts of Technology Training Provided by Agricultural Cooperatives on Farmers' Adoption of Biopesticides in China. Agriculture 12, 316. https://doi.org/10.3390/agriculture12030316.

Statical Analysis System (SAS). 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 8444 p.

Šunjka D. and Mechora, Š. 2022. An alternative source of biopesticides and improvement in their formulation—recent advances. Plants, 11, 3172. https://doi.org/10.3390/plants11223172.

Yadav, R., Singh, S., Singh, A. N. 2022. Biopesticides: Current status and future prospects. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2022, 12(3): 211-233.

GENERACIÓN DE MAPAS REPRESENTATIVOS DE SEQUÍA EN MÉXICO MEDIANTE EL INDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN

Luis. A. González Jasso*, Miguel A. González González*
Arturo Corrales Suastegui*

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: gonzalez.luis@inifap.gob.mx

RESUMEN

La sequía es uno de los fenómenos climáticos más complejos que afecta a la sociedad y al medio ambiente. Se trata de un período prolongado de escasez de precipitaciones, lo que provoca una disminución significativa de los recursos hídricos, afectando a diversas regiones del planeta. Conforme pasa el tiempo, se tiene mayor incertidumbre de cómo resolveremos esta situación ya que tiene un impacto devastador en la agricultura, la ganadería, la biodiversidad y la calidad de vida en las ciudades y comunidades. Al ser la agricultura un pilar fundamental para la subsistencia de la población, el impacto que la sequía tiene sobre esta se vuelve cada día más preocupante. Los cultivos de temporal se ven diezmados, y en los que son de riego se debe utilizar mayor cantidad de agua proveniente de pozos y cuencas. Las comunidades rurales y los pequeños agricultores son los más vulnerables, ya que dependen de la agricultura para su sustento. La ganadería también se ve afectada, ya que el alimento para el ganado no se puede producir en las cantidades necesarias y la perdida de cabezas de ganado también es alarmante. Además del impacto en la agricultura, la sequía tiene un efecto adverso en los ecosistemas y la biodiversidad. Los cuerpos de agua se reducen, dejando a los animales sin acceso a fuentes de agua potable. Las zonas áridas y semiáridas son particularmente vulnerables, y las sequías prolongadas pueden llevar a la desertificación, un proceso en el que la tierra se vuelve estéril e inhabitable.

Palabras clave: SPI, WRF, distribución gama

ABSTRACT

Drought is one of the most complex climatic phenomena that affects society and the environment. It is a prolonged period of low rainfall, which causes a significant decrease in water resources, arising in various regions of the planet. As time goes by, there is greater uncertainty as to how we will resolve this situation, since it has a devastating impact on agriculture, livestock, biodiversity, and the quality of life in cities and communities. As agriculture is a fundamental pillar for the subsistence of the population, the impact that the drought has on it becomes more worrying every day. Seasonal crops are decimated, and those that are irrigated must use a greater amount of water from wells and basins. Rural communities and small farmers are the most vulnerable, as they depend on agriculture for their livelihood. Livestock is also affected, since cattle feed cannot be produced in the necessary quantities and the loss of cattle heads is also alarming. In addition to the impact on agriculture, drought has an adverse effect on ecosystems and biodiversity. Bodies of water shrink, leaving animals without access to sources of drinking water. Arid and semi-arid areas are particularly vulnerable, and prolonged droughts can lead to desertification, a process in which the land becomes barren and habitable.

Palabras clave: SPI, WRF, gamma distribution

INTRODUCCION

La sequía es un fenómeno natural que ha afectado a la humanidad y al medio ambiente. Se trata de un período prolongado de escasez de precipitaciones, lo que provoca una disminución significativa de los recursos hídricos, afectando a diversas regiones del planeta. Las sequías se distinguen de la aridez, dado que ésta corresponde a regiones que poseen normalmente escasas precipitaciones y es una característica permanente del clima (Ravelo, A.C., R. Sanz Ramos, 2014). La sequía se ha convertido en una preocupación creciente debido a su impacto negativo en la agricultura, la biodiversidad. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), en su Sexto Informe, es terminante al señalar la responsabilidad del ser humano de la situación en que se encuentra el planeta, y advierte que los fenómenos extremos, como sequías e inundaciones, se incrementarán en frecuencia e intensidad (Unam, 2023). México, por su ubicación geográfica, está expuesto a estos dos fenómenos. Los comienzos de una sequía son poco perceptibles, pero una vez establecida puede identificar- se por sus efectos negativos sobre la producción de cultivos, las condiciones de pastoreo, el riesgo de

incendios, debido a la acumulación de materias secas, y la aceleración de la desertificación por la pérdida de cobertura vegetal en terrenos fácilmente erosionables (Ravelo, A.C., R. Sanz Ramos, 2014). En años recientes las sequías han impactado fuertemente muchas regiones del país. La sequía no es producida solamente por la escasez o ausencia de lluvia, ya que existen varios tipos de sequía como: meteorológica, hidrológica, agrícolas, socioeconómica, entre otras. Cada clasificación está determinada, además de por la falta de precipitación, por una inadecuada administración del agua, deficiente manejo de las presas o sobreconsecionamientos para diversos usos (Unam, 2023). Diversos estudios han demostrado la relación entre la variabilidad de los índices de sequía y las variables ambientales e hidrológicas, tales como el crecimiento de los bosques (Pasho et al., 2011), el caudal delos ríos (S. M. Vicente-Serrano & López-Moreno, 2005), el nivel de aguas subterráneas (Fiorillo, Francesco, Sisto Michele, 2018), la producción de cultivos (S. Vicente-Serrano et al., 2006) y la frecuencia de los incendios forestales (Drobyshev et al., 2012). Para cuantificar los efectos de la sequía se han desarrollado múltiples índices orientados al tipo de sequía a medir. Algunos de los índices más comúnmente usados sin el Índice Estándar de Precipitación o SPI (McKee et al., 1993), el índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI) y el denominado Índice de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI). Con el fin de contar con una herramienta que permita estimar la sequía en México, se está desarrollando una herramienta web basada en el SPI, usando datos en malla generados por el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para todo México. Estos datos serán validados por datos generados por estaciones meteorológicas con información histórica suficiente.

MATERIALES Y METODOS

Para el cálculo de Índice Estandarizado de Precipitación se usaron los datos generados en malla por el modelo WRF con pronóstico a un mes. Para los datos históricos se usaron los datos diarios de 2006 estaciones convencionales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de un periodo de 30 años (1971-2000). Esta base de datos se espera actualizarla próximamente por el periodo 1981-2010. Con los registros de las 2006 estaciones, se generó una nueva base de datos con el valor interpolado a puntos distribuidos uniformemente a lo largo y ancho del país. Estos mismos puntos se interpolaron para las mallas generadas por el WRF. Esto se hace con el fin de comparar el dato histórico contra el dato generado por el modelo según el SPI. Con estos dos datos calculados, se

estima el SPI mediante el ajuste de densidad de probabilidad apropiada a la frecuencia de la distribución de la precipitación, es decir la distribución Gamma, ya que esta distribución se ajusta mejor que otras distribuciones teóricas en la precipitación. El cálculo del SPI implica el ajuste a una función de densidad de probabilidad Gamma a un momento dado de series de precipitación que está dado por la ecuación siguiente:

$$g(X) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

Donde α > 0 y es el parámetro de la forma de curva, β > 0 y es el parámetro de escala de la curva, $\Gamma(\alpha)$ es la función gama que con valores de α positivos y enteros se obtiene $\Gamma(\alpha)$ = (n - 1)! y con valores positivos no enteros se define como:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

En zonas muy áridas, como el norte del país, es muy común tener valores de 0 mm en un mes. Para estos casos la ecuación no puede ser estimada ya que los valores de α no están definidos y la función de probabilidad es modificada como sigue:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Donde q es la probabilidad de que la precipitación sea cero. Finalmente, la distribución de probabilidad acumulativa se transforma a la distribución normal estándar para obtener el SPI. Con los datos de SPI obtenidos, se clasifican con una tabla de colores basada en la clasificación de Lloyd-Hughes (2002) como se muestra en la Tabla 1, donde los valores por debajo de -0.5 significan ausencia de humedad.

-0.5 < i		Sin Sequía
-0.8 < i < -0.5		Sequía menor
-1.3 < i < -0.8		Moderadamente seco
-1.6 < i < -1.3		Sequía severa
-2.0 < i < -1.6		Sequía extrema
i < -2.0		Sequía excepcional

Tabla 1 Clasificación de la sequía según el valor de SPI.

Con los valores de SPI obtenidos para cada punto de la malla se realizan mapas interpolados en tiempo real de diferentes métodos de interpolación, como son Kriging e IDW. Los mapas se pueden obtener a nivel nacional o por estado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los mapas que se obtienen están muy acordes con los mostrados por la CONAGUA. Al obtener los mapas se debe prestar atención en aquellas zonas donde no existe una estación convencional de la CONAGUA. Esta herramienta estará muy pronto disponible en la página web https://appinifap.dyndns.org/sequia. Como los cálculos matemáticos y los mapas son generados al vuelo, el usuario deberá esperar algunos segundos en lo que se generan estos, pudiendo tardarse el servidor hasta 25 segundos en mostrar la información. La Figura 1 muestra el mapa de sequía generada para el mes de abril de 2023 en Aguascalientes.

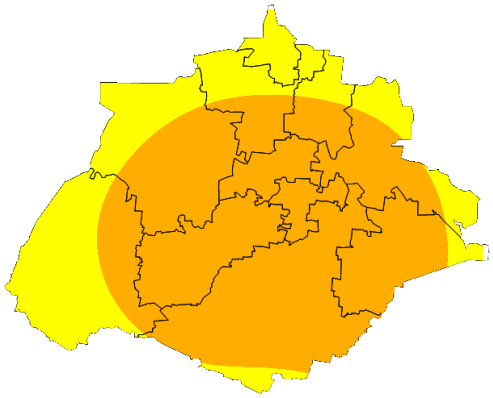


Figura 2 Mapa de sequía para el estado de Aguascalientes en abril de 2023.

CONCLUSIONES

En conclusión, la sequía es una realidad que debemos enfrentar con urgencia. Sus efectos devastadores en la agricultura, la biodiversidad y la calidad de vida de las personas hacen que sea un problema crucial en nuestro tiempo. La búsqueda de soluciones sostenibles y la conciencia global son fundamentales para proteger a la humanidad y al medio ambiente de los estragos de la sequía. Solo a través de una acción conjunta y comprometida podremos adaptarnos y resistir los desafíos que esta amenaza nos presenta. Establecer medidas de mitigación y adaptación a las sequías requiere profundos conocimientos científicos, decisiones políticas y los recursos necesarios para llevarlas a la práctica. En

México, un destacado esfuerzo se llevó a cabo en el año 2012 con la creación del Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE).

REFERENCIAS

Drobyshev, I., Niklasson, M., & Linderholm, H. W. (2012). Forest fire activity in Sweden: Climatic controls and geographical patterns in 20th century. *Agricultural and Forest Meteorology*, *154–155*(March), 174. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.11.002

Fiorillo, Francesco, Sisto Michele, M. T. (2018). *Analisi delle portate di sorgenti carsiche durante periodi siccitosi con riferimento al coefficiente di regressione*. *July 2021*.

McKee, T. ., Doesken, J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*.

Pasho, E., Camarero, J. J., de Luis, M., & Vicente-Serrano, S. M. (2011). Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, *151*(12), 1800–1811. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.07.018

Ravelo, A.C., R. Sanz Ramos, D. C. (2014). Detección, evaluación y pronóstico de las sequías en la región del Organismo de Cuenca Pacífico Norte, México. *Agriscientia*, *31*(1), 11–24.

Unam, A. (2023). GESTIÓN INTEGRAL DE SEQUÍAS. *Publicación Digital de La Red Del Agua UNAM*.

Vicente-Serrano, S., Cuadrat-Prats, J. M., & Romo, A. (2006). Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: Application in the Ebro Valley (north-east Spain). *International Journal of Remote Sensing*, *27*(3), 511–518. https://doi.org/10.1080/01431160500296032

Vicente-Serrano, S. M., & López-Moreno, J. I. (2005). Hydrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, *9*(5), 523–533. https://doi.org/10.5194/hess-9-523-2005

PERIODO CRÍTICO DE CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL CON HERBICIDAS PREEMERGENTES

Iván Franco-Gaytán[1*], Olga Bonilla-Barrientos [2], Enrique Hernández-Leal[2], Beatriz Martínez-Yáñez[3], José Alberto Urrieta-Velazquez[4]

[1]INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. [2]INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. [3]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. [4] NIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 Margen derecha canal de Sacramento S/N, Ejido Las

Huertas, Gómez Palacio, Durango *Correo electrónico: francoivan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El algodón (*Gossypium hirsuthum* L) es el cultivo de fibra más importante del mundo, sin embargo, la larga duración de la cosecha de algodón requiere un control de malezas a largo plazo para mantener un mejor rendimiento y calidad de fibra. Las pérdidas anuales de rendimiento del algodón debido a las malas hierbas oscilan entre el 10 y el 90 %. El periodo crítico para el control de malezas inicia dentro de la primera y segunda semana de la emergencia del cultivo. El objetivo de la investigación fue determinar la efectividad de herbicidas preemergentes durante el periodo crítico de control en algodón convencional variedad cian precoz. El estudio se estableció en una parcela experimental de 304m^2 dentro de las instalaciones INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México. Los tratamientos se establecieron bajo diseño experimental en completamente al azar con tres repeticiones al día siguiente de la siembra. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo sin herbicida preemergente, Atrazina I, Diuron, Oxifluorfen, Pendimatalin, Acetoclor, Atrazina II, Dicloruro de paraquat, Trifluralina. Se realizaron evaluaciones a los 7DDA, 14 DDA, 21DDA, 28DDA y 35DDA, las variables evaluadas fueron: efectividad en el control de malezas (%) y toxicidad en las plantas de algodón (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas. Los herbicidas preemergentes trifluralina y oxifluorfen presentaron un buen control dentro del complejo de malezas evaluadas, las plantas de algodón convencional presentaron síntomas ligeros de toxicidad y se encontró que la atrazina provocó un alto grado de toxicidad en las plantas

provocándoles la muerte. Las zonas con tratamientos se mantuvieron libre de malezas durante 35 días cubriendo el periodo crítico de control de malezas en el cultivo del algodonero, la aplicación de herbicidas preemergentes debe ser considerada una estrategia de control dentro del manejo integral de control de malezas del cultivo.

Palabras clave: herbicidas residuales, algodonero, tolerancia del cultivo, malezas

ABSTRACT

Cotton (*Gossypium hirsuthum* L is the most important fiber crop in the world, however, the long duration of the cotton crop requires long-term weed control to maintain better yield and fiber quality. Annual cotton yield losses due to weeds range from 10 to 90%. The critical period for weed control begins within the first and second week of crop emergence. The objective of the research was to determine the effectiveness of pre-emergent herbicides during the critical control period in conventional cotton. The study was established in a 304m2 experimental plot at INIFAP–Campo Experimental la Laguna in Matamoros, Coahuila, Mexico. The treatments were established under a completely random experimental design with three repetitions the day after sowing. The treatments evaluated: Control without pre-emergent herbicide, Atrazine I, Diuron, Oxifluorfen, Pendimatalin, Acetochlor, Atrazine II, Paraquat dichloride, Trifluralin. Evaluations were carried out at 7 DAA, 14 DAA, 21 DAA, 28 ADA and 35 DAA, the variables evaluated: effectiveness in weed control (%) and toxicity in cotton plants (%) according to the scoring scale proposed by the European Weed Research Society. The pre-emergent herbicides trifluralin and oxyfluorfen presented good control within the complex of evaluated weeds, conventional cotton plants presented slight symptoms of toxicity, atrazine caused a high degree of toxicity in the plants, causing their death. The areas with treatments were kept free of weeds for 35 days, covering the critical period of weed control in the cotton crop, the application of pre-emergent herbicides should be considered a control strategy within the integral management of crop weed control.

Keywords: residual herbicides, cotton, crop tolerance, weed.

INTRODUCCION

El algodón (*Gossypium hirsuthum* L) es el cultivo de fibra más importante del mundo, se cultiva en casi el 2.5% de las tierras cultivables del mundo con una producción anual de 2.5 millones de ton (Everman *et al*., 2007). Sin embargo, la larga duración de la cosecha de

algodón requiere un control de malezas a largo plazo para mantener un mejor rendimiento y calidad de fibra (Werth *et al.,* 2008). Las malezas son la segunda plaga más importante después de los insectos para el cultivo del algodón (Oerke., 2006). Las pérdidas anuales de rendimiento del algodón debido a las malas hierbas oscilan entre el 10 y el 90 %. El crecimiento de la planta de algodón es bastante lento en sus etapas iniciales; por lo tanto, existe la posibilidad de que las malezas mal controladas puedan superar al cultivo. El periodo crítico para el control de malezas inicia dentro de la primera y segunda semana de la emergencia del cultivo y las tierras sembradas deben mantenerse libres de malezas durante 8 a 9 semanas, este periodo puede variar según las medidas culturales antes de la siembra, las especies de malezas predominantes, sus densidades iniciales, factores agronómicos como la fecha de siembra y el espacio entre hileras, y las condiciones climáticas (Dogan *et al.,* 2014).

A nivel mundial se ha registrado una diversidad de malezas que hacen complicado su manejo, desde gramíneas, malezas de hoja ancha, anuales, perennes se han reportado en los campos de algodón de todo el mundo (Jarwar *et al.,* 2005; Scroggs *et al.,* 2007; Kalivas *et al.,* 2012). La aplicación de herbicidas preemergentes es una de las estrategias más prácticas para el control de malezas en el algodonero, sin embargo, las malezas perennes pueden seguir presentes después de las aplicaciones (Scroggs *et al.,* 2007; Richardson *et al*., 2007; Kalivas *et al.,* 2010). El manejo integrado de malezas tiene una importancia particular para el cultivo de algodón debido a la diversidad de malezas, la lenta tasa de crecimiento al inicio, la larga duración del cultivo y la menor disponibilidad de algunos herbicidas de preemergentes adecuados.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en el INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 31´48.53” N y 103° 14´33.30” O y se encuentra a 1150 msnm. Para el establecimiento de los tratamientos se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con tres repeticiones, se establecieron nueve tratamientos al día siguiente de la siembra de algodón convencional quedando de la siguiente manera: 1. Testigo sin herbicida preemergente, 2 Atrazina I (1.1kg/ha), 3. Diuron (1.5kg/ha), 4. Oxifluorfen (1.5L/ha), 5. Pendimatalin (3.5L/ha), 6. Acetoclor (1.5L/ha), 7. Atrazina II (4L/ha), 8. Dicloruro de paraquat (1.5L/ha), 9. Trifluralina(1.2L/ha). La parcela

experimental fue de 304m^2 (8 surcos de 5m, separados a 0.76m por tratamiento) evaluados en la variedad Cian Precoz. Los tratamientos se aplicaron el 5 de abril con una aspersora de mochila motorizada marca (Hyundai) con boquillas de abanico plano 8003. Se realizaron evaluaciones a los 7DDA (13 abril), 14DDA (20 abril), 21DDA (27 abril), 28DDA (4 mayo) y 35DDA (11 mayo)., las variables evaluadas fueron: Efectividad en el control de malezas (%) y Toxicidad en las plantas de algodón (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas (EWRS por sus siglas en ingles)

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020. Los datos de efectividad de control de malezas y toxicidad de plantas de algodón fueron transformados por arco tangente antes de su análisis para homogenizar varianzas. Los resultados mostrados en las tablas fueron las medias de los datos originales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de maleza presentes antes de la aplicación de los tratamientos fueron: hierba amargosa (*Helianths ciliaris* D.C), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), zacate chino (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), zacate pegarropa (*Seteria verticillata* (L.) Beauv.) y zacate johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers), quelite (*Amaranthus palmeri* S Wats), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), retama (*Flaveria trinervia* L.) con una altura variable de entre 5 a 10cm, estas especies son características en la región de la comarca Lagunera. El análisis de la varianza mostró diferencias estadísticas significativas para las variables de efectividad de los herbicidas preemergentes en control de malezas y toxicidad de los herbicidas preemergentes en las plantas de algodón convencional. El tratamiento que mejor efectividad en el control de malezas fue T9. Trifluralina manteniendo un control mayor al 96% en el quelite, verdolaga y retama, seguido por el T4. Oxifluorfen con un control desde 94.17% al 95.01% en hierba amargosa, zacate Johnson, zacate pegarropa, zacate chino, quelite y verdolaga durante los 35 días de evaluación (Cuadro 1). De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) los niveles de

control del T9. Trifluralina presentó un efecto muy bueno de control (96.5% a 99%) mientras que el T4. presentó un efecto bueno de control (93% a 96.5%)

Cuadro 1. Efectividad de herbicidas preemergentes (%) en el control de malezas en algodón de la variedad Cian Precoz.

TRATAMIENTOS	7DDA		14DDA		21DDA		28 DDA		35 DDA	
Atrazina (I)	85.00	f	87.93	e	89.14	e	89.26	d	86.80	f
Oxifluorfen	94.17	b	94.83	b	94.57	c	94.81	c	95.01	c
Atrazina (II)	85.83	e	87.93	e	88.24	f	87.78	g	85.92	h
Testigo	80.00	h	76.44	g	74.21	h	74.07	i	73.90	i
Trifluralina	97.50	a	97.13	a	96.83	a	97.04	a	97.07	a
Diuron	90.83	c	88.51	d	89.59	d	88.89	e	89.44	e
Acetoclor	82.50	g	83.33	f	83.26	g	84.07	h	86.22	g
D. Paraquat	94.17	b	94.83	b	95.02	b	95.56	b	95.31	b
Pendimatalin	90.00	d	89.08	c	89.14	e	88.52	f	90.32	d

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes

Los herbicidas preemergentes evaluados lograron controlar durante cinco semanas la presencia de malezas después de la emergencia de las plantas, logrando cubrir el período crítico para el control de malezas en el cultivo de algodón convencional. Estudios publicados concuerdan con los resultados obtenidos y mencionan diversos rangos de control, Bryson (1990) realizó evaluaciones de control en *Sesbania exaltata* hasta por 62 días, Blanco *et al* (1991), mencionaron que *C. rotundus* emergiendo seis semanas después de la siembra de algodón no causo daño en la planta de algodón, mientras que Deazevedo *et al* (1994) reportaron que la presencia de malezas hasta 20 días después de la emergencia de algodón no afectó negativamente el rendimiento del cultivo siempre y cuando se mantengan periodos libres de maleza de los 40 a 80DDS.

Con respecto a la toxicidad de los herbicidas preemergentes se observó que los tratamientos con Atrazina fueron los que más daño causaron en las plantas de algodón convencional iniciando desde un 15% a 20% en los 7DDA y alcanzando hasta el 90% a

100% a los 35DDA, inhibiendo la transferencia de energía a través del fotosistema II adhiriéndose a una proteína involucrada en la cadena de transferencia reduciendo su efectividad. También se encontró que, aunque la Trifluralina y el Oxifluorfen fueron los tratamientos que presentaron mejor efectividad en el control de malezas también presentaron un nivel de toxicidad en las plantas de algodón no mayor al 5% mostrando una ligera clorosis en las hojas de las plantas debido a su modo de acción Cuadro 2. De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) los niveles los niveles de toxicidad que se encontraron fueron: T7. Atrazina II muerte del cultivo (99% a 100%), T2. Atrazina I daño severo en el cultivo (50% a 99%), T3. Diuron daño muy elevado en el cultivo (30% a 50%), T.6 Acetoclor daño medio en el cultivo (12.5% a 20%), T4. Oxifluorfen y T9. Trifluralina síntomas ligeros en el cultivo (3.5% a 7%).

Cuadro 2. Toxicidad de los herbicidas preemergentes (%) en las plantas de algodón variedad Cian Precoz

TRATAMIENTOS	7DDA		14DDA		21DDA		28 DDA		35 DDA	
Atrazina (I)	15.00	b	25.00	b	40.00	b	60.00	b	90.00	ab
Oxifluorfen	0.00	c	0.00	d	0.00	e	3.00	f	5.00	e
Atrazina (II)	20.00	a	40.00	a	60.00	a	80.00	a	100.00	a
Testigo	0.00	c	0.00	d	0.00	e	0.00	g	0.00	f
Trifluralina	0.00	c	5.00	c	0.00	e	5.00	e	5.00	e
Diuron	0.00	c	0.00	d	15.00	c	30.00	c	45.00	c
Acetoclor	0.00	c	5.00	c	10.00	d	15.00	d	20.00	d
D. Paraquat	0.00	c	0.00	d	0.00	e	0.00	g	0.00	f
Pendimatalin	0.00	c	0.00	d	0.00	e	0.00	g	0.00	f

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0.05$), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes

El uso de herbicidas residuales para controlar las malezas en el cultivo de algodón son un componente importante dentro del sistema de control integral. En el sureste de los Estados Unidos se recomendaba habitualmente trifluralina aplicada en preemergencia, seguida de una aplicación de fluometuron, además herbicidad como la cianazina, diurón y prometrina son comúnmente utilizados en post emergencia mediante aplicaciones dirigidas (Wilcut *et*

al. 1995). Cahoon *et al.,* (2015) reportaron que el uso de acetoclor causó toxicidad en las plantas de algodón de un 11% a 13% con una lesión transitoria al inicio de la temporada y entre los 65 a 84DDA la lesión ya no fue perceptible.

CONCLUSIONES

Los herbicidas preemergentes trifluralina y oxifluorfen presentaron un buen control dentro del complejo de malezas evaluadas, las plantas de algodón convencional presentaron síntomas ligeros de toxicidad y se encontró que la atrazina provocó un alto grado de toxicidad en las plantas provocándoles la muerte. Se mantuvo libre de malezas durante 35 días cubriendo el periodo crítico de control de malezas en el cultivo del algodonero, la aplicación de herbicidas preemergentes debe ser considerada una estrategia de control dentro del manejo integral de control de malezas del cultivo.

REFERENCIAS

Bryson C.T. 1990. Interference and critical time of removal of hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) in cotton (Gossypium *hirsutum*). Weed Technol 4:833–837

Blanco H.G, Arevalo R.A, Chiba S. 1991. Effect of *Cyperus rotundus* L. on herbaceous cotton plants. Pesqui Agropecu Bras 26:169–176

Cahoon W.C, York C.A, Jordan L.A, Everman J.W, Seagroves W.R, Braswell R.L, Jennings M.K. 2015. Weed control in cotton by combinations of microencapsulated acetochlor and various residual herbicides applied preemergence. Weed Technol. 29:740-750

Deazevedo D.M.P, Beltrao N.E.D, Danobrega L.B, Dossantos J.W, Vieira D.J. 1994 Critical period of weed competition on irrigated annual cotton. Pesqui Agropecu Bras 29:1417–1425

Dogan M.N, Jabran K. 2014. Integrated weed management in cotton. En Recent advances in weed management. Chauhan B.S., Mahajan G (eds). pp. 197-218. Springer Science, New York.

Everman W.J, Burke I.C, Allen J.R, Collins J, Wilcut J.W. 2007. Weed control and yield with glufosinate-resistant cotton weed management systems. Weed Technol. 21:695–701

Jarwar A.D, Baloch G.M, Memon M.A, Rajput L.S. 2005. Efficacy of pre and post-emergence herbicides in cotton. Pak J Weed Sci Res 11:51–55

Kalivas D.P, Economou G, Vlachos C.E. 2010. Using geographic information systems to map the prevalent weeds at an early stage of the cotton crop in relation to abiotic factors. Phytoparasitica. 38:299–312

Kalivas D.P, Vlachos C.E, Economou G, Dimou P. 2012. Regional mapping of perennial weeds in cotton with the use of geostatistics. Weed Sci 60:233–243

Oerke E.C. 2006. Crop losses to pests. J Agric Sci 144:31–43

Richardson R.J, Wilson H.P, Hines T.E. 2007 Preemergence herbicides followed by trifloxysulfuron postemergence in cotton. Weed Technol 21:1–6

Scroggs D.M, Miller D.K, Griffin J.L, Wilcut J.W, Blouin D.C, Stewart A.M. 2007 Effectiveness of preemergence herbicide and postemergence glyphosate programs in secondgeneration glyphosate-resistant cotton. Weed Technol 21:877–881

Werth J.A, Preston C, Roberts G.N, Taylor I.N. 2008. Weed management impacts on the population dynamics of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in glyphosate-resistant cotton in Australia. Weed Technol 22:190–194

Wilcut J.W, York A.C, Jordan D.L 1995. Weed management systems for oil seed crops. pp 343–400 en Handbook Weed Management Systems. Smith A.E (ed). Marcel Dekker New York.

PERIODO CRÍTICO DE CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN TRANSGÉNICO CON HERBICIDAS PREEMERGENTES

Iván Franco-Gaytán[1*], Olga Bonilla-Barrientos [2], Enrique Hernández-Leal[2], Jorge Maltos-Buendía[1], José Alberto Urrieta-Velazquez[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. [2]INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. [3]INIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 Margen derecha canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango
***Correo electrónico: francoivan@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El algodón (*Gossypium hirsuthum* L) es el producto agrícola no alimentario de mayor importancia a nivel mundial por la fibra que produce, alrededor del 96 % de la semilla de algodón que se siembra en el mundo es transgénica y cuenta con la tecnología Bt. El desarrollo de cultivares resistentes a herbicidas ha mejorado el rendimiento del algodón al facilitar el manejo de malezas. El periodo crítico para el control de malezas inicia dentro de la primera y segunda semana de la emergencia del cultivo. El objetivo de la investigación fue determinar la efectividad de herbicidas preemergentes durante el periodo crítico de control en algodón transgénico variedad delta pine 1820 B3XF. El estudio se estableció en una parcela experimental de 602m^2 dentro de las instalaciones INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México. Los tratamientos se establecieron bajo diseño experimental en completamente al azar con tres repeticiones al día siguiente de la siembra. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo sin herbicida preemergente, Atrazina I, Diuron, Oxifluorfen, Pendimatalin, Acetoclor, Atrazina II, Dicloruro de paraquat, Trifluralina. Se realizaron evaluaciones a los 7DDA, 14DDA, 21DDA, 28DDA y 35DDA, las variables evaluadas fueron: efectividad en el control de malezas (%) y toxicidad en las plantas de algodón (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas. Los herbicidas preemergentes trifluralina y oxifluorfen presentaron un buen control dentro del complejo de malezas evaluadas, las plantas de algodón transgénico presentaron síntomas ligeros de toxicidad, los cuales fueron disminuyendo con el paso de los días de evaluación. Se logró mantener

libres de malezas las áreas de aplicación hasta por 35 días, abarcando el periodo crítico de control de malezas en el cultivo del algodonero, posterior a la aplicación de herbicidas preemergentes se recomienda mantener un manejo integral de control de malezas durante el resto del ciclo del cultivo.

Palabras clave: herbicidas residuales, algodón genéticamente modificado, tolerancia del cultivo, malezas

ABSTRACT

Cotton (*Gossypium hirsuthum* L) is the most important non-food agricultural product worldwide due to the fiber it produces, around 96% of the cotton seed sown in the world is transgenic and has Bt technology. The development of herbicide resistant cultivars has improved cotton yield by facilitating weed management. The critical period for weed control begins within the first and second week of crop emergence. The objective of the research was to determine the effectiveness of pre-emergent herbicides during the critical control period in transgenic cotton variety delta pine 1820 B3XF. The study was established in a 602m2 experimental plot within the INIFAP–Campo Experimental la Laguna in Matamoros, Coahuila, Mexico. The treatments were established under a completely random experimental design with three repetitions the day after sowing. The treatments evaluated: Control without pre-emergent herbicide, Atrazine I, Diuron, Oxifluorfen, Pendimatalin, Acetochlor, Atrazine II, Paraquat dichloride, Trifluralin. Evaluations were carried out at 7 DAA, 14 DAA, 21 DAA, 28 DAA and 35 DAA, the variables evaluated: effectiveness in weed control (%) and toxicity in cotton plants (%) according to the scoring scale proposed by the European Weed Research Society. The pre-emergent herbicides trifluralin and oxyfluorfen presented very good control within the complex of evaluated weeds, the transgenic cotton plants presented slight symptoms of toxicity, which decreased over the days of evaluation. It was possible to keep the application areas free of weeds for up to 35 days, covering the critical period of weed control in the cotton crop, after the application of pre-emergent herbicides it is recommended to maintain an integral management of weed control during the rest of the crop cycle.

Keywords: residual herbicides, genetically modified cotton, crop tolerance, weeds

INTRODUCCION

El algodón (*Gossypium hirsuthum* L) es el producto agrícola no alimentario de mayor importancia a nivel mundial por la fibra que produce (Poelham *et al.*, 2003). Alrededor del 96 % de la semilla de algodón que se siembra en el mundo es transgénica y cuenta con la tecnología Bt (Bolgard II) que expresa las toxinas Cry1Ac y Cry2Ab (Nava-Camberos *et al*., 2018). Recientemente, el desarrollo de variedades de algodón genéticamente modificadas resistentes contra plagas de insectos y herbicidas ha mejorado significativamente la producción mundial de algodón con una reducción en el uso de pesticidas. Además, el desarrollo de cultivares resistentes a herbicidas ha mejorado el rendimiento del algodón al facilitar el manejo de malezas (Everman *et al.,* 2007). Sin embargo, la larga duración de la cosecha de algodón requiere un control de malezas a largo plazo para mantener un mejor rendimiento y calidad de fibra (Werth *et al.,* 2008). El crecimiento y el rendimiento del algodón se ven sustancialmente reducidos por la competencia de las malezas por los nutrientes, el agua y la luz. La reducción del rendimiento depende de la especie de maleza, la densidad de población y el tiempo de aparición y distribución, así como del tipo de suelo, la humedad del suelo, el pH y la fertilidad (Papamichail *et al*., 2002).

A nivel mundial se ha registrado una diversidad de malezas que hacen complicado su manejo, desde gramíneas, malezas de hoja ancha, anuales, perennes se han reportado en los campos de algodón de todo el mundo (Jarwar *et al.,* 2005; Scroggs *et al.,* 2007; Kalivas *et al.,* 2012). El uso de herbicidas preemergentes es bastante común para el control de malezas en áreas de cultivo de algodón. Sin embargo, después de la emergencia del cultivo, se suelen utilizar técnicas mecánicas o manuales para controlar las malezas. Estas técnicas son tediosas, consumen mucho tiempo y requieren una cantidad considerable de mano de obra. Por lo tanto, no siempre son exitosos o rentables (Ngouajio *et al*., 1997). El periodo crítico para el control de malezas inicia dentro de la primera y segunda semana de la emergencia del cultivo y las tierras sembradas deben mantenerse libres de malezas durante 8 a 9 semanas (Dogan *et al.,* 2014).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en el INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 31´48.53” N y 103° 14´33.30” O y se encuentra a 1150 msnm. Para el establecimiento de los tratamientos se utilizó un diseño

experimental en completamente al azar con tres repeticiones, se establecieron nueve tratamientos al día siguiente de la siembra de algodón transgénico quedando de la siguiente manera: 1. Testigo sin herbicida preemergente, 2 Atrazina I (1.1kg/ha), 3. Diuron (1.5kg/ha), 4. Oxifluorfen (1.5L/ha), 5. Pendimatalin (3.5L/ha), 6. Acetoclor (1.5L/ha), 7. Atrazina II (4L/ha), 8. Dicloruro de paraquat (1.5L/ha), 9. Trifluralina(1.2L/ha). La parcela experimental fue de 602m^2 (8 surcos de 11m, separados a 0.76m por tratamiento) evaluados en la variedad Delta Pine 1820 B3XF. Los tratamientos se aplicaron el 24 de marzo con una aspersora de mochila motorizada marca (Hyundai) con boquillas de abanico plano 8003. Se realizaron evaluaciones a los 7DDA (31 marzo), 14DDA (7 abril), 21DDA (14 abril), 28DDA (21 abril) y 35DDA (28 abril), las variables evaluadas fueron: Efectividad en el control de malezas (%) y toxicidad en las plantas de algodón (%) de acuerdo a la escala de puntuación propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de malezas (EWRS por sus siglas en ingles)

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020. Los datos de efectividad de control de malezas y toxicidad de plantas de algodón fueron transformados por arco tangente antes de su análisis para homogenizar varianzas. Los resultados mostrados en las tablas fueron las medias de los datos originales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de maleza presentes antes de la aplicación de los tratamientos fueron: hierba amargosa (*Helianths ciliaris* D.C), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), zacate chino (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), zacate pegarropa (*Seteria verticillata* (L.) Beauv.) y zacate johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers), quelite (*Amaranthus palmeri* S Wats), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) con una altura variable de entre 5 a 10cm, estas especies son características en la región de la comarca Lagunera. El análisis de la varianza mostró diferencias estadísticas significativas para las variables de efectividad de los herbicidas preemergentes en control de malezas y toxicidad de los herbicidas preemergentes en las

plantas de algodón convencional. El tratamiento que mejor efectividad en el control de malezas fueron T9. Trifluralina en el quelite y verdolaga hasta los 14DDA, seguido por el T4. Oxifluorfen en hierba amargosa, zacate Johnson, zacate pegarropa, zacate chino, quelite y verdolaga durante los 21DDA hasta los 35DDA con un control mayor al 97% (Cuadro 1). De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) los niveles de control de ambos herbicidas preemergentes presentaron un efecto muy bueno de control (96.5% a 99%) en las malezas antes mencionadas.

Cuadro 1. Efectividad de herbicidas preemergentes (%) en el control de malezas en algodón de la variedad Delta Pine 1820 B3XF.

TRATAMIENTOS	7DDA	14DDA	21DDA	28 DDA	35 DDA
Atrazina (I)	89.26 f	89.51 f	89.27 f	89.43 e	89.27 f
Oxifluorfen	96.69 b	96.91 b	97.20 a	97.36 a	97.16 a
Atrazina (II)	95.04 d	94.44 d	93.93 d	93.58 c	94.01 d
Testigo	71.90 i	68.52 i	68.77 i	69.81 h	68.77 i
Trifluralina	97.52 a	97.53 a	96.73 b	95.85 b	95.58 c
Diuron	74.38 h	76.54 h	80.44 h	77.74 g	80.44 h
Acetoclor	86.78 g	88.27 g	87.70 g	88.30 f	87.70 g
D. Paraquat	95.87 c	96.30 c	96.26 c	95.85 b	95.90 b
Pendimatalin	92.56 e	91.98 e	92.08 e	92.08 d	91.17 e

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0.05$), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes

Los herbicidas preemergentes evaluados lograron controlar durante cinco semanas la presencia de malezas después de la emergencia de las plantas de algodón transgénico con una efectividad desde el 86% hasta el 97%, logrando cubrir el período crítico para el control de malezas en el cultivo de algodón, que puede ir desde los 7 a 20 días después de la emergencia del cultivo hasta los 40 o 80 días en donde el cultivo se debe mantener libres de malezas para no afectar el rendimiento (Bryson.,1990; Blanco *et al.,* 1991; Deazevedo *et al* 1994; Dogan *et al.,* 2014). La competencia por la luz durante las primeras etapas es más perjudicial para el crecimiento del algodón que la competencia por agua y nutrientes, la reducción en la acumulación de biomasa resultado de la disminución de la fotosíntesis

por el sombreado de las malezas con mal control durante las primeras semanas posterior a la emergencia del algodón puede disminuir desde un 45% hasta un 59% (Keeley *et al.,* 1989; Morgan *et al*., 2001; Papamichail *et al.,* 2002). Por lo que el uso de herbicidas preemergentes puede ser usado durante los periodos críticos de competencia entre el algodón y las malezas, sin dejar de ser un componente dentro del manejo integral del cultivo.

Los herbicidas atrazina I y II, diurón, acetoclor y oxifluorfen tuvieron efecto en la toxicidad de las plantas de algodón transgénicas. Los tratamientos con atrazina fueron los que más daño causaron en las plantas iniciando desde un 15% a 20% en los 7DDA y alcanzando hasta el 30% a 50% a los 35DDA, los síntomas fueron aumentando gradualmente en las hojas. Los herbicidas diurón y acetoclor generaron un 10% de toxicidad en las plantas hasta los 35DDA. En el caso de los herbicidas que presentaron mejor control en las malezas solamente el Oxifluorfen provoco niveles de toxicidad no mayor al 5% mostrando una ligera clorosis en las hojas de las plantas debido a su modo de acción (Cuadro 2). De acuerdo con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) los niveles de toxicidad que se encontraron fueron: T7. Atrazina II daño muy elevado del cultivo (30% a 50%), T2. Atrazina I daño elevado en el cultivo (20% a 30%), T3. Diuron y T.6 Acetoclor síntomas evidentes sin efecto al rendimiento (7% a 12.5%) y T4. Oxifluorfen síntomas ligeros en el cultivo (3.5% a 7%).

Cuadro 2. Toxicidad de los herbicidas preemergentes (%) en las plantas de algodón variedad Delta Pine 1820 B3XF

TRATAMIENTOS	7DDA		14DDA		21DDA		28 DDA		35 DDA	
Atrazina (I)	15.00	b	17.00	b	21.00	b	25.00	b	30.00	b
Oxifluorfen	0.00	c	0.00	c	0.00	e	3.00	d	5.00	d
Atrazina (II)	20.00	a	30.00	a	35.00	a	40.00	a	50.00	a
Testigo	0.00	c	0.00	c	0.00	e	0.00	f	0.00	e
Trifluralina	0.00	c	0.00	c	0.00	e	0.00	f	0.00	e
Diuron	0.00	c	0.00	c	5.00	c	8.00	c	10.00	c
Acetoclor	0.00	c	0.00	c	3.00	d	5.00	d	10.00	c
D. Paraquat	0.00	c	0.00	c	0.00	e	0.00	f	0.00	e

Pendimatalin	0.00	c	0.00	c	0.00	e	0.00	f	0.00	e

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05), DDA: Días después de aplicación de los tratamientos con herbicidas preemergentes

El uso de herbicidas residuales para controlar el complejo de malezas resistentes en el cultivo de algodón son un componente importante dentro del sistema de control integral, debido a que mantener solo una estrategia de control de malezas puede ser no efectivo ya que el hábito de crecimiento perenne del cultivo de algodón complica el manejo de malezas resistentes (Dogan *et al.,* 2014). En el sureste de los Estados Unidos se recomendaba habitualmente la aplicación trifluralina aplicada en preemergencia (Wilcut *et al*., 1995).

CONCLUSIONES

Los herbicidas preemergentes trifluralina y oxifluorfen presentaron un buen control dentro del complejo de malezas evaluadas, las plantas de algodón transgénico presentaron síntomas ligeros de toxicidad, los cuales fueron disminuyendo con el paso de los días de evaluación. Se logró mantener libres de malezas las áreas de aplicación hasta por 35 días, abarcando el periodo crítico de control de malezas en el cultivo del algodonero, posterior a la aplicación de herbicidas preemergentes se recomienda mantener un manejo integral de control de malezas durante el resto del ciclo del cultivo.

REFERENCIAS

Bryson C.T. 1990. Interference and critical time of removal of hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) in cotton (*Gossypium hirsutum*). Weed Technol 4:833–837

Blanco H.G, Arevalo R.A, Chiba S. 1991. Effect of *Cyperus rotundus* L. on herbaceous cotton plants. Pesqui Agropecu Bras 26:169–176

Cahoon W.C, York C.A, Jordan L.A, Everman J.W, Seagroves W.R, Braswell R.L, Jennings M.K. 2015. Weed control in cotton by combinations of microencapsulated acetochlor and various residual herbicides applied preemergence. Weed Technol. 29:740-750

Deazevedo D.M.P, Beltrao N.E.D, Danobrega L.B, Dossantos J.W, Vieira D.J. 1994 Critical period of weed competition on irrigated annual cotton. Pesqui Agropecu Bras 29:1417–1425

Dogan M.N, Jabran K. 2014. Integrated weed management in cotton. En Recent advances in weed management. Chauhan B.S., Mahajan G (eds). pp. 197-218. Springer Science, New York.

Everman W.J, Burke I.C, Allen J.R, Collins J, Wilcut J.W. 2007. Weed control and yield with glufosinate-resistant cotton weed management systems. Weed Technol. 21:695–701

Jarwar A.D, Baloch G.M, Memon M.A, Rajput L.S. 2005. Efficacy of pre and post-emergence herbicides in cotton. Pak J Weed Sci Res 11:51–55

Kalivas D.P, Vlachos C.E, Economou G, Dimou P. 2012. Regional mapping of perennial weeds in cotton with the use of geostatistics. Weed Sci 60:233–243

Keeley P.E, Thullen R.J. 1989. Growth and competition of black nightshade (*Solanum nigrum*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). Weed Science 37:326–334.

Morgan G.D, Baumann P.A, Chandler J.M. 2001. Competitive impact of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in cotton (*Gossypium hirsutum*) development and yield. Weed Technology. 15:408–412

Nava-Camberos U, Ávila-Rodríguez V, Maltos-Buendía J, García-Hernández J. L, Martínez-Carrillo J. L. 2018. Densidades y daños de insectos plaga en algodonero convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist* 43:985-993.

Ngouajio M, Foko J, Fouejio D. 1997. The critical period of weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Cameroon. Crop Protection 16:127–133.

Papamichail D, Eleftherohorinus I, Froud-Williams R, Gravanis F. 2002. Critical periods of weed competition in cotton in Greece. Phytoparasitica 30:1–7.

Poelham J. M, Allen D. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Segunda edición. Limusa. México, D. F. 512 p.

Scroggs D.M, Miller D.K, Griffin J.L, Wilcut J.W, Blouin D.C, Stewart A.M. 2007 Effectiveness of preemergence herbicide and postemergence glyphosate programs in secondgeneration glyphosate-resistant cotton. Weed Technol 21:877–881

Werth J.A, Preston C, Roberts G.N, Taylor I.N. 2008. Weed management impacts on the population dynamics of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in glyphosate-resistant cotton in Australia. Weed Technol 22:190–194

Wilcut J.W, York A.C, Jordan D.L 1995. Weed management systems for oil seed crops. pp 343–400 en Handbook Weed Management Systems. Smith A.E (ed). Marcel Dekker New York.

PRESELECCIÓN DE ACTINOBACTERIAS ANTAGÓNICAS CONTRA *Fusarium graminearum*

Raúl Asael Rodríguez-Villarreal[1], Raúl Rodríguez-Guerra[2]*, Patricia Rivas-Valencia[3], J. Isabel López-Arroyo[2], Kenzy Ivveth Peña-Carrillo[2]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. C.P. 66450. [2]Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carretera Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México. [3]Campo Experimental Valle de México-INIFAP. km 13.5 carretera Los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Edo. Méx., C.P. 56250, México.
***rodriguez.raul@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El hongo *Fusarium graminearum* es reconocido a nivel mundial como el causante del tizón de la espiga del trigo. Diversas estrategias han sido utilizadas para su control, entre las que se encuentra el uso de agentes de biocontrol. Las actinobacterias son reconocidas por elaborar gran cantidad de compuesto bioactivos y con potencial para el biocontrol de fitopatógenos. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar un grupo de actinobacterias por su capacidad de inhibir el crecimiento micelial y la germinación de macroconidios de *F. graminearum*. Se realizó un escrutinio sin repeticiones para preseleccionar las actinobacterias sobresalientes. Las actinobacterias se inocularon en el centro de cajas Petri conteniendo medio de cultivo; al séptimo día se inoculó en extremos opuestos un fragmento de colonia y una suspensión de macroconidios del hongo. Un testigo fue establecido. A las 120 h se determinó el crecimiento de la colonia a partir de los fragmentos de colonia, y a las 24 h el número de macroconidios germinados de los primeros 25 observados. Se obtuvieron los porcentajes de inhibición respecto al testigo. Cuatro tipos de respuesta fueron observados en los macroconidios confrontados con las actinobacterias. El 36 % de las actinobacterias (cinco cepas) inhibieron del 92 al 100 % de la germinación de macroconidios y cuatro de éstas cepas también sobresalieron por mostrar los mayores porcentajes de inhibición del crecimiento micelial. Estos resultados muestran el potencial de biocontrol de estas cepas de actinobacterias contra *F. graminearum*, las cuales serán

evaluadas en nuevos experimentos para establecer con mayor certidumbre la respuesta observada, y realizar estudios detallados sobre su actividad contra *F. graminearum*.

Palabras clave: Tizón de la espiga del trigo, inhibición de la germinación de macroconidios.

ABSTRACT

The fungus *Fusarium graminearum* is recognized worldwide as the causal agent of head blight of wheat. Diverse strategies have been used for its control, among which is the use of biocontrol agents. Actinobacteria are recognized for producing a large amount of bioactive compounds with potential for the biocontrol of phytopathogens. The aim of this research was to evaluate a group of actinobacteria for their ability to inhibit mycelial growth and germination of *F. graminearum* macroconidia. The actinobacteria were inoculated in the center of Petri dishes containing culture medium; on the seventh day, a fragment of the colony and a suspension of macroconidia of the fungus were inoculated at opposite ends. A control was established. At 120 h the growth of the colony was determined from the colony fragments, and at 24 h the number of germinated macroconidia of the first 25 observed. Percentages of inhibition with respect to the control were obtained. Four types of response were observed in macroconidia confronted with actinobacteria. 36 % of the actinobacteria (five strains) inhibited from 92 to 100 % of the germination of macroconidia and four of these strains also stood out for showing high percentages of mycelial growth inhibition. These results show the biocontrol potential of these actinobacterial strains against *F. graminearum*, which will be evaluated in new experiments to establish with greater certainty the observed response, and to carry out detailed studies on their activity against *F. graminearum*.

Key words: Head blight of wheat, macroconidia germination inhibition.

INTRODUCCIÓN

El hongo *Fusarium graminearum* es reconocido a nivel mundial como el causante del tizón de la espiga del trigo; sin embargo, otras especies de *Fusarium* también se encuentran asociadas causando esta enfermedad (Vaughan *et al*., 2016) y otras que afectan raíz y tallo de plantas susceptibles. Este hongo es capaz de infectar a otras especies de cereales, como son el maíz, el arroz y la cebada (Dean *et al*., 2012). Los rendimientos de los cultivos a menudo se reducen severamente debido a la infección de raíces, tallos y espigas (Duffeck *et al*. 2020; Vaughan *et al*., 2016; Munkvold 2003; McMullen *et al*., 1997); además, los

granos pueden ser contaminados con micotoxinas producidos por el hongo (Mielniczuk y Skwaryło-Bednarz, 2020). En México se ha reportado la ocurrencia de *F. graminearum* en los estados de Guerrero (García-Solano *et al*., 2023), México, Michoacán, Jalisco, Tlaxcala y Puebla (Leyva *et al*., 2003). Diversas estrategias han sido utilizadas para su control, entre las que se encuentra el uso de agentes de biocontrol como hongos y bacterias capaces de inhibir esporulación, el crecimiento micelial y la producción de micotoxinas por parte del fitopatógeno (Shah *et al*., 2018). También, actinobacterias han mostrado estos efectos contra *F. graminearum* (Cabrera *et al*., 2020; Jung *et al*., 2013). En esta investigación se evalúa la capacidad antagónica de una colección de actinobacterias contra el crecimiento micelial y la germinación de macroconidios de *F. graminaerum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un banco de 14 cepas de actinobacterias aisladas de suelo de diverso origen se utilizó para realizar un escrutinio sin repeticiones y determinar su capacidad antagónica contra el hongo fitopatógeno *F. graminearum*. El hongo fue crecido por 5 días en medio mínimo (gramos por litro: 1 de KH_2PO_4, 1 de KNO3, 0.5 de MgSO4•7H2O, 0.5 de KCl, 0.2 de glucosa, 0.2 de sacarosa, 20 de agar) para la producción de macroconidios y por 7 días en medio papa dextrosa agar (PDA) para obtener abundante crecimiento micelial.

Las actinobacterias fueron inoculadas por extensión en el centro de cajas Petri conteniendo el medio de cultivo agar nutritivo (AN) y se incubaron a 26°C por 7 días; posteriormente se inoculó en un extremo de la caja una suspensión de 20 µL de macroconidios, y en el extremo opuesto un fragmento de colonia de *F. graminearum* (Figura 1). Un testigo sin actinobacteria fue establecido.



Figura 1. Fragmentos de colonia y suspensión de macroconidios confrontados con una actinobacteria extendida en el centro de la caja Petri.

A los cinco días se determinó el crecimiento micelial en dirección al centro de las cajas Petri, y a las 24 h se determinó el número de macroconidios germinados a partir de los primeros 25 observados, tanto en las confrontaciones como en el testigo. Con los datos obtenidos se obtuvo el porcentaje de inhibición para cada variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento micelial fue de 34 mm y el total de macroconidios observados de *F. graminearum* germinaron en el testigo. Al revisar la germinación de macroconidios expuestos a las actinobacterias se encontraron cuatro tipos de reacción, desde la ausencia de germinación hasta una germinación elevada con escaso desarrollo de micelio, respecto al testigo (Figura 2). Este efecto posiblemente se debe a diferentes factores producidos por las actinobacterias, lo que puede ser útil al combinar distintas cepas para tener un impacto mayor en el desarrollo del fitopatógeno.

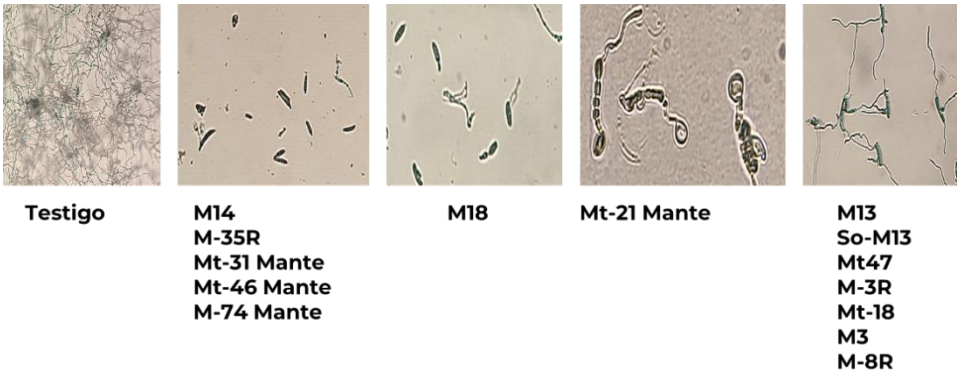


Figura 2. Tipos de reacción de macroconidios confrontados con actinobacterias.

Un grupo de cinco cepas causó un 92 a 100 % de inhibición de la germinación de macroconidios, de las cuales sólo M-35R, Mt-46 Mante, Mt-31 Mante y M14 mostraron los mayores porcentajes de inhibición. Además, estas cuatro cepas inhibieron del 82 al 88 % el crecimiento micelial del fitopatógeno. La fuerte respuesta inhibitoria mostrada por *F. graminearum* en el escrutinio con las cepas de actinobacterias M-35R, Mt-46 Mante, Mt-31 Mante y M14, permite considerar éstas como sobresalientes (Figura 3).

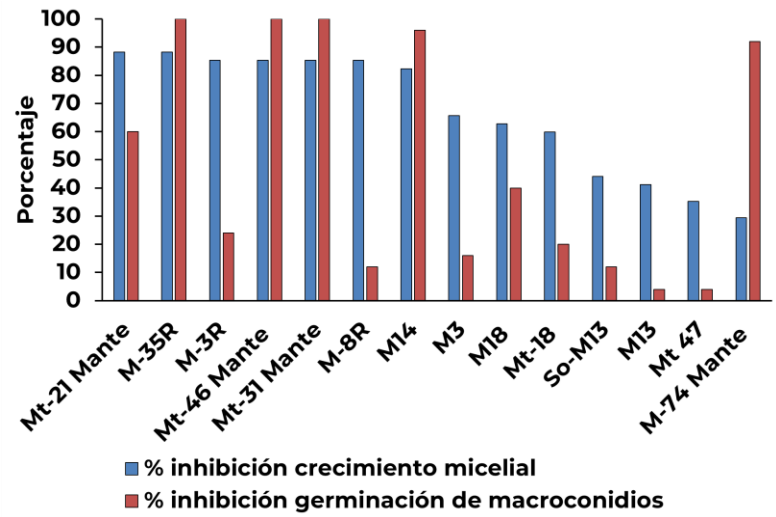


Figura 3. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial y de la germinación de macroconidios de *Fusarium graminearum* por actinobacterias.

Aunque cepas de actinobacterias han mostrado potente actividad antagónica contra *F. graminearum* (Sharma *et al*., 2023; Cabrera *et al*., 2020; Colombo et al., 2019), esta ha sido sobre la inhibición contra el crecimiento micelial; por lo que se considera que este es el primer reporte sobre el impacto de actinobacterias en la germinación de esporas de *F. graminearum*. Las cepas aquí identificadas como sobresalientes serán sometidas a nuevos experimentos para establecer con mayor certidumbre la respuesta observada y para profundizar sobre su actividad (producción de compuestos volátiles, pruebas de fungicidad/fungistásis, termoestabilidad, etc.) contra *F. graminearum*.

CONCLUSIONES

Cuatro cepas de actinobacterias inhibieron de manera sobresaliente el crecimiento micelial y la germinación de macroconidios de *F. graminearum*, y son candidatas para realizar estudios más detallados sobre su actividad contra el fitopatógeno.

REFERENCIAS

Cabrera, R., García-López, H., Aguirre-von-Wobeser, E., Orozco-Avitia, J. A., and Gutiérrez-Saldaña, A. H. (2020). Amycolatopsis BX17: An actinobacterial strain isolated from soil of a traditional milpa agroecosystem with potential biocontrol against *Fusarium graminearum*. *Biological Control*, *147*, 104285.

Colombo, E. M., Kunova, A., Pizzatti, C., Saracchi, M., Cortesi, P., and Pasquali, M. (2019). Selection of an endophytic Streptomyces sp. strain DEF09 from wheat roots as a biocontrol agent against *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 2356.

Dean, R., Kan, J. A. L. V., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Pietro, A. D., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., and Foster, G. D. (2012). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Mol*. *Plant Pathol*. *13*:414-430.

Duffeck, M. R., Alves, K. S., Machado, F. J., Esker, P. D., and Del Ponte, E. M. 2020. Modeling yield losses and fungicide profitability for managing Fusarium head blight in Brazilian spring wheat. *Phytopathology*, *110*:370-378.

García-Solano, G., Palemón-Alberto, F., Ortega-Acosta, S. Á., Damián-Nava, A., Juárez-López, P., García-Escamilla, P., Villar-Luna, E. and Cruz-Lagunas, B. (2023). Frequency of fungi associated with Creole corn seeds under different environmental conditions in Guerrero, Mexico. *Summa Phytopathologica*, *48*, 158-162.

Jung, B., Park, S. Y., Lee, Y. W., and Lee, J. (2013). Biological efficacy of Streptomyces sp. strain BN1 against the cereal head blight pathogen *Fusarium graminearum*. *The Plant Pathology Journal*, *29*(1), 52-58.

Leyva, M. S. G., Vivas, E. M. L., Villaseñor, M. H., Espitia, R. E., Valadez, M. E. and Huerta, E. J. (2003). Diferenciación de aislamientos de *Fusarium graminearum* por patogenicidad y PCR. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *26*(1), 37-42.

McMullen, M., Jones, R., and Gallenberg, D. 1997. Scab of wheat and barley: A re-emerging disease of devastating impact. *Plant Dis*. *81*:1340-1348.

Mielniczuk, E., and Skwaryło-Bednarz, B. (2020). Fusarium head blight, mycotoxins and strategies for their reduction. *Agronomy*, *10*(4), 509.

Morimura, H., Ito, M., Yoshida, S., Koitabashi, M., Tsushima, S., Camagna, M., Chiba, S., Takemoto, D., Kawakita, K. and Sato, I. (2020). In vitro assessment of biocontrol effects on Fusarium Head Blight and deoxynivalenol (DON) accumulation by DON-degrading bacteria. *Toxins*, *12*(6), 399.

Munkvold, G. P. 2003. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. Pages 705-713 in: Epidemiology of Mycotoxin Producing Fungi. X. Xu, J. A. Bailey, and B. M. Cooke, eds. Springer, Dordrecht, The Netherlands https://doi.org/10.1007/978-94-017-1452-5_5

Shah, L., Ali, A., Yahya, M., Zhu, Y., Wang, S., Si, H., Rahman, H. and Ma, C. (2018). Integrated control of fusarium head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat. *Plant Pathology*, *67*(3), 532-548.

Sharma, P., Aswini, K., Sai Prasad, J., Kumar, N., Pathak, D., Gond, S., Venkadasamy, G. and Suman, A. (2023). Characterization of actinobacteria from wheat seeds for plant growth promoting traits and protection against fungal pathogens. *Journal of Basic Microbiology*, *63*(3-4), 439-453.

Vaughan, M., Backhouse, D., and Ponte, E. M. D. 2016. Climate change impacts on the ecology of *Fusarium graminearum* species complex and susceptibility of wheat to *Fusarium* head blight: A review. *World Mycotoxin J*. *9*:685-700. https://doi.org/10.3920/WMJ2016.2053

RESILIENCIA DE *RIZOPHAGUS INTRARADICES* INOCULADO EN UN HÍBRIDO DE *BRACHIARA DECUMBES*

RESILIENCE OF RIZOPHAGUS INTRARADICES INOCULATED IN A BRACHIARA DECUMBES HYBRID

Aracely Mena-Echevarría[1], Carlos Miguel Ramos-Cruz[1], Raúl Rodríguez-Guerra[1]

[1]Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México.
ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la actualidad la tecnología de producción de biofertilizantes micorrízicos ha dado un impulso notable. Sin embargo, es necesario conocer la persistencia de los inóculos micorrízicos tiempo después de ser estos aplicados. El objetivo fue evaluar la resiliencia y capacidad de propagación de la especie de HMA *Rizophagus intraradices* en un híbrido *Brachiaria decumbes*. Se estudiaron dos canteros multiplicadores de biofertilizante micorrízico. Se determinó el número de esporas, distribución espacial de las esporas en los canteros y el porcentaje e intensidad de la colonización en las raíces. Los datos fueron analizados mediante la prueba de *t* de student para dos muestras independientes ($p \leq 0.05$). El número de esporas del cantero 1 en el año 2022 fue superior en un 26 %, mientras que, en el año 2023, fue superior en un 41% con respecto al del cantero 2. *Rizophagus intraradices* replicó una mayor cantidad de esporas g^{-1} en el año 2023 con respecto al año 2022 en ambos canteros. La distribución espacial de las esporas en los canteros en el año 2023 fue desigual. El porcentaje e intensidad de colonización no reflejó diferencia estadística entre los canteros, sin embargo, el cantero 1 presentaba una mayor cantidad de estructuras micorrízicas (arbúsculos, hifas, vesículas) dentro de las raíces. La especie de HMA *Rizophagus intraradices* reflejó una gran capacidad de resiliencia, al propagarse y persistir en el tiempo bajo ciertas condiciones de estrés abiótico.

Palabras claves: Resiliencia, hongos micorrízicos arbusculares, biofertilizantes

ABSTRACT

At present, the technology for the production of mycorrhizal biofertilizers has given a remarkable impulse. However, it is necessary to know the persistence of mycorrhizal inoculums after their application. The objective was to evaluate the resilience and propagation capacity of the AMF species Rizophagus intraradices on a Brachiaria decumbes hybrid. Two mycorrhizal biofertilizer multiplying beds were studied. The number of spores, spatial distribution of spores in the beds and the percentage and intensity of colonization in the roots were determined. Data were analyzed by Student's t-test for two independent samples ($p \leq 0.05$). The number of spores in bed 1 in year 2022 was 26 % higher, whereas, in year 2023, it was 41 % higher with respect to bed 2. Rizophagus intraradices replicated a higher number of spores g-1 in year 2023 with respect to year 2022 in both beds. The spatial distribution of spores in the beds in year 2023 was uneven. The percentage and intensity of colonization did not reflect statistical difference between the beds, however, bed 1 had a higher amount of mycorrhizal structures (arbuscules, hyphae, vesicles) inside the roots. The AMF species Rizophagus intraradices showed a high resilience to spread and persist over time under certain abiotic stress conditions.

Key words: Resilience, arbuscular mycorrhizal fungi, biofertilizers.

INTRODUCCIÓN

El uso de micorrizas en la agricultura permite incrementar de forma sustancial el rendimiento y calidad de los cultivos, mejorando la productividad de los suelos y tiene un efecto positivo en los esfuerzos para incrementar la seguridad alimentaria de forma sostenible. Distintos estudios se han focalizado en el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) para incrementar los rendimientos de diferentes cultivos entre los que se encuentra el cultivo de papa y trigo (Hijri, 2016; Elliott *et al*., 2019), así como lo reportado por Rivera-Espinosa *et al.* (2018) en más de 190 combinaciones cultivos- suelos (20 cultivos y 12 tipos de suelos). Los beneficios de los HMA no se limitan a los cultivos, sino también en la restauración de ecosistema perturbados (Carrillo-Saucedo *et al*., 2022). Los HMA son simbiontes obligados de la mayoría de las plantas y a su vez influyen en la estructura de los ambientes edáficos y en su multifuncionalidad (Van der Heijden *et al*., 2015), aunque se ha demostrado que los HMA no son selectivos a la especie vegetal que colonizan, estos pueden mostrar mayor compatibilidad hacia algunas especies vegetales que a otras (Van der Heijden *et al*., 2008).

Sin embargo, existen pocos estudios que determinen la resiliencia de los HMA a varios años después de la inoculación, por lo tanto, se carece de información suficiente sobre la abundancia y permanencia de propágulos HMA que aseguren una colonización radical exitosa (Verbruggen *et al*., 2012). Pellegrino *et al*. (2012) plantean que las dosis que se aplican de HMA debe ser un factor a considerar y que puede afectar el establecimiento exitoso y la persistencia de los HMA en el suelo. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la resiliencia y capacidad de propagación de la especie de HMA *Rizophagus intraradices* en un híbrido *Brachiaria decumbes*. Lo anterior, bajo la hipótesis que algunas especies HMA tienen la capacidad de propagarse y persistir en el tiempo bajo condiciones de estrés en presencia de un hospedero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio en los canteros multiplicadores de biofertilizante micorrízico del Campo Experimental General Terán para los años 2022 y 2023. Los canteros se encuentran en un invernadero bajo condiciones semicontroladas con una dimensión de 1.4 m de ancho, 0.25 m de profundidad y 19.0 m de largo, lo que equivale aproximadamente a 6.6 m^3 de suelo (6,600 kg). Los canteros fueron sembrados con la especie vegetal de pasto Mavuno que es un híbrido de *Brachiaria decumbes* inoculado con micorriza INIFAP. El sustrato del cantero 1 es de suelo arcilloso, mientras que el suelo utilizado en el cantero 2 es de textura arenosa.

Toma de muestras

Las muestras de suelo se colectaron dividiendo cada cantero en tres secciones y tomando cinco submuestras de aproximadamente 100 gr de suelo por sitio de muestreo. Las submuestras se colocaron por separado en una sola bolsa plástica y se etiquetaron, posteriormente se secaron en el laboratorio y se homogenizaron para su análisis.

Extracción y conteo de esperas de HMA

El número de esporas se determinó con el método de tamizado y decantado húmedo de acuerdo con la técnica propuesta por Gerdemann y Nicholson (1963), que consiste en tamizar la muestra húmeda de suelo por dos tamices (800 y 45 micras), colectar el suelo resultante del tamiz de 45 micras y centrifugar con sacarosa al 70% para extraer las esporas de HMA. Las esporas extraídas se contabilizaron en una placa de conteo. También se

analizaron muestras de raíces, se determinó el porcentaje e intensidad de colonización por el método propuesto por Phillips y Hayman (1970), Giovanetti y Mosseae (1980) y fueron cuantificadas según Trouvelot *et al*. (1986), para esto se clarificaron las raíces, luego fueron teñidas con un colorante biológico y cuantificadas las estructuras micorrizicas intraradicales encontradas.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante una prueba de *t* de student para dos muestras independientes ($p \leq 0.05$). El número de esporas g^{-1} se transformó mediante la raíz cuadrada, mientras que el porcentaje de colonización micorrízica por la función $\text{arcsen}\sqrt{x}$, por no presentar una distribución normal. Los análisis estadísticos se ejecutaron con el software SAS para Windows 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba de *t* de student para el número de esporas indican diferencia estadística entre los suelos de los canteros estudiados. El número de esporas en el año 2022 del cantero 1 fue superior en un 26% con respecto al cantero 2, mientras que, en el año 2023, en el número de esporas del cantero 1 fue superior en un 41% al del cantero 2 (Figura 1). Los resultados muestran que la especie *Rizophagus intraradices* mostró una mayor capacidad de resiliencia al replicar una mayor cantidad de individuos durante los dos años que se mantuvo el estudio y esto se vio reflejado en el contenido de esporas. Además, el contenido de esporas se replicó cuatro veces en el cantero 1 y tres veces en el cantero 2, con respecto a lo encontrado en la primera evaluación realizada. Al parecer las características del sustrato arcilloso pudo haber influido positivamente en la respuesta de la especie *Rizophagus intraradices*. Eom *et al.* (2001) y Walling y Zabinski (2006) hacen referencias de que en los pastos se encuentran abundantes estructuras micorrízicas y que estas permiten a las plantas estar interconectadas, contribuyendo de esta manera a reducir el estrés que causa el corte o el pastoreo. Por otra parte, la defoliación puede incrementar las estructuras micorrízicas intraradicales y las esporas de HMA en el suelo, lo que contribuye a una mejor absorción de los nutrientes y con ello estimular el rebrote.

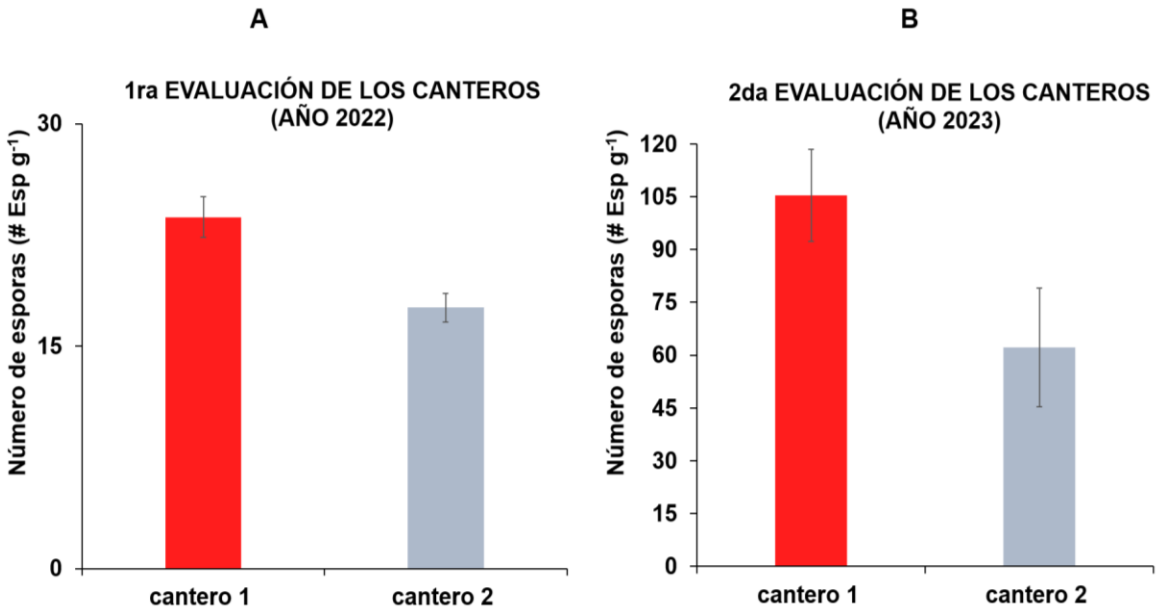


Figura 1. Canteros en producción del biofertilizante. A: canteros muestreados en el año 2022, B: canteros muestreados en el año 2023.

Con relación a la distribución espacial de las esporas dentro de los canteros se aprecia que en ambos canteros durante el año 2022 la distribución fue relativamente homogénea a diferencia a lo que se encontró en el año 2023 donde la distribución fue desigual dentro de los canteros, siendo el extremo posterior donde se encontró una menor cantidad de esporas g^{-1}. La desigualdad en la distribución espacial de las esporas puede atribuirse a que en los canteros se encontraban áreas sin vegetación y expuestas al sol; esto debido a la falta de mantenimiento y a daños en la estructura del techo del invernadero. De esta manera, la exposición directa de los canteros al sol puede incidir en la disminución de esporas en ciertas áreas, sobre todo, si se conoce que la solarización es uno de los métodos utilizados para esterilizar los suelos (Figura 2).

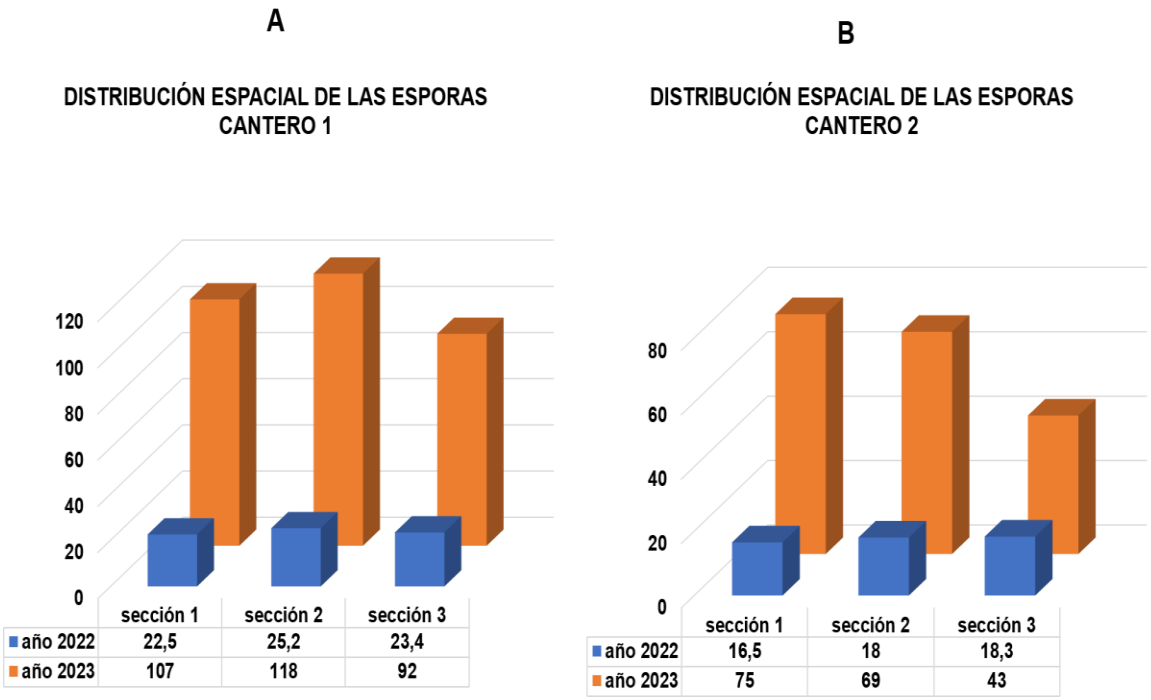


Figura 2. Distribución espacial de las esporas dentro de los canteros del biofertilizante años 2022 y 2023. A: cantero 1, B: cantero 2.

Para el caso del porcentaje e intensidad de colonización para el año 2023, la prueba de *t* de student no refleja diferencias estadísticas entre los canteros. Lo que demuestra que la colonización con *Rizophagus intraradices* fue eficiente en ambos canteros, sin que afectara el sustrato utilizado para la propagación. Sin embargo, se contrastó una mayor presencia de estructuras micorrízicas (arbúsculos, hifas, vesículas) en las raíces del cantero 1, con respecto a las encontradas en las raíces del cantero 2 (Figura 3). Estas estructuras son las encargadas del intercambio de nutrientes del hongo a la planta, por lo que un aumento en estas muestra la eficiencia de *Rizophagus intraradices*, trae beneficios para el cultivo al incrementar la absorción de los nutrientes y el agua. Johnson *et al.* (2003); Gustafson y Casper, (2004) refieren que en los pastizales la disponibilidad de nutrientes en el suelo determina la presencia de estructuras micorrízicas dentro y fuera de la raíz, y estas se van a reducir cuando los pastos se fertilizan adecuadamente. Pellegrino *et al.* (2022) reportaron que las especies de HMA *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus irregularis* inoculadas en *Medicago sativa* L. persistieron en las raíces y el suelo después de haber sido inoculadas. Por otra parte, Hart *et al.* (2015) refiere que la eficacia de los inóculos de HMA debe

confirmarse mediante ensayos de su establecimiento y persistencia en el campo con el apoyo de técnicas que permitan rastrear las especies de HMA inoculadas.

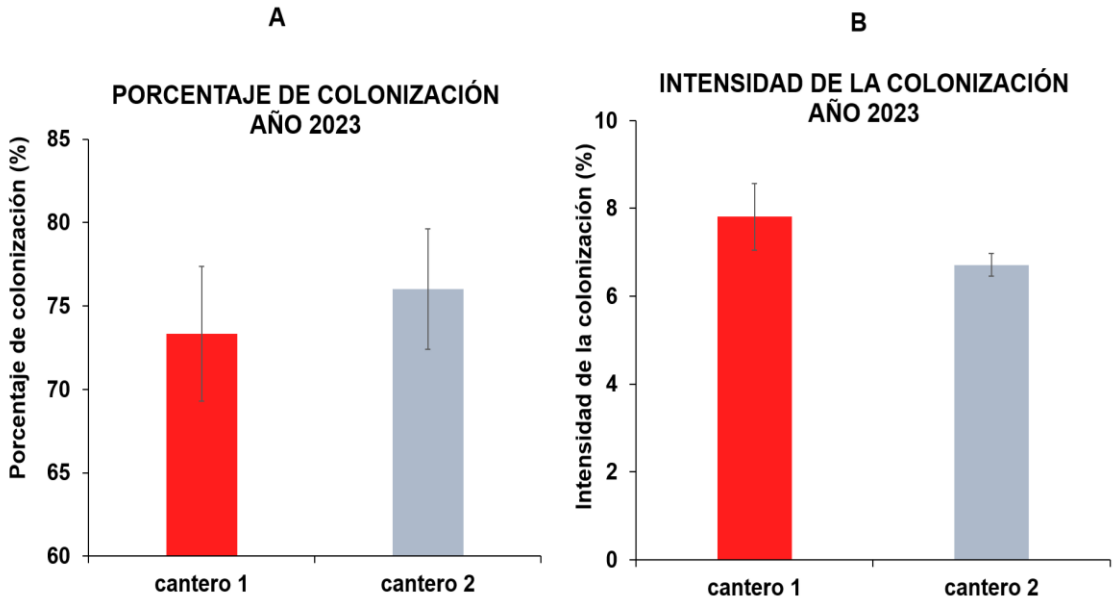


Figura 3. Canteros en producción del biofertilizante año 2023. A: porcentaje de colonización, B: intensidad de la colonización

CONCLUSIONES

El número de esporas del cantero 1 en los años 2022 y 2023 fue superior al del cantero 2. *Rizophagus intraradices* replicó una mayor cantidad de esporas g^{-1} en el año 2023 con respecto al año 2022 en ambos canteros. La distribución espacial de las esporas en los canteros en el año 2023 fue desigual. El porcentaje e intensidad de colonización no reflejó diferencia estadística entre los canteros, sin embargo, el cantero 1 presentaba una mayor cantidad de estructuras micorrízicas dentro de las raíces.

REFERENCIAS

Carrillo-Saucedo, Silvia Margarita, Puente-Rivera, Jonathan, Montes-Recinas, Saraí, & Cruz-Ortega, Rocío. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129), e1932. Epub 21 de noviembre de 2022.https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932

Elliott A.J., Daniell T.J., Cameron D.D., Field K.J. 2020. A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients. Plants, People, Planet. 00:1-12

Eom, A. H., Wilson, G. W. T.; Hartnett, D. C. 2001. Effect of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass. Micología. 93: 233-242.

Espinosa - Martín, R., Martín- Martínez, L., Fernández-Suárez, K., González-Cañizares, P., Rodríguez – Yon, y., Ortega, E., *et al*., 2018. Avances y retos en el manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular, vía inoculación de cepas eficientes. Resultados del trabajo en red: 1989-2018.

Giovanetti, M., Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

Gustafson, D. J.; Casper, B. B. 2004. Nutrient addition affects AM fungal performance and expression of plant/fungal feedback in three serpentine grasses. Plant and Soil, 259: 9–17.

Hart, M. M., Aleklett, K., Chagnon, P. L., Egan, C., Ghignone, S., and Helgason, T. 2015. Navigating the labyrinth: a guide to sequence-based, community ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 207, 235–247. doi: 10.1111/nph.13340

Hijri, M. 2016. Analysis of a large dataset of mycorrhiza inoculation field trials on potato shows highly significant increases in yield. Mycorrhiza. 26: 209–214

Johnson, N. C.; Rowland, D. L.; Corkidi, L.; Egerton, L. M.; Allen, E. B. 2003. Nitrogen enrichment alters mycorrhizal allocation at five mesic to semi-arid grasslands. Ecology, 84 (7): 1895-1908.

Pellegrino, E., Nuti, M., Ercoli, L. 2022. Multiple Arbuscular Mycorrhizal Fungal Consortia Enhance Yield and Fatty Acids of Medicago sativa: A Two-Year Field Study on Agronomic Traits and Tracing of Fungal Persistence, Frontiers in Plant Science, 13:814401. doi: 10.3389/fpls.2022.814401

Staddon, P. L.; Ramsey, C. B.; Ostle, N.; Ineson, P.; Fitter, A. H. 2003. Rapid turnover of hyphae of mycorrhizal fungi determined by AMS microanalysis of 14C. Science, 300: 1138–1140

Trouvelot, A., Koughy, K., Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S. (ed.), Mycorrhizae. Physiology and Genetics, Paris. pp. 217-221.

Van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., and Van Straalen, N. M., 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters. 11*: 296-310.

Van der Heijden, M.G.A., Martin, F.M., Selosse, M.A., Sanders, I.R. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytologist 205: 1406-1423.

Verbruggen, E., Heijden, M. G. A. v. d., Rillig, M. C., Kiers, E. T. 2012. Mycorrhizal Fungal Establishment In Agricultural Soils: Factors Determining Inoculation Success. New Phytologist, 4(197), 1104-1109. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04348.x

Walling, S.; Zabinski, C. A. 2006. Defoliation effects on arbuscular mycorrhizae and plant growth of two native bunchgrasses and an invasive forb. Appl. Soil Ecol., 32: 111–117. Gerdemann, J.W., T.H. Nicholson, 1963. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235-244.

SELECCIÓN DE MESTIZOS DE MAÍZ APLICANDO TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Armando Espinoza Banda[1], Oralia Antuna Grijalva[2], José Luis Coyac Rodríguez[3], Jorge Quiroz Mercado[4], Enrique Andrio Enríquez[5]

[1, 2, 3,4]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé, Colonia Valle Verde, Torreón Coah. C.P. 27054, Correo e: aebanda7@yahoo.com.mx ; [5] Tecnológico Nacional de México-Roque Gto., México. Dirección: Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, Celaya, México.

RESUMEN

El objetivo del presente fue discriminar líneas de un programa de mejoramiento genético en maíz a través de la prueba de mestizos, el análisis de componentes principales y el análisis de dispersión gráfico, así como la expresión agronómica-morfológica de los mestizos formados con 15 líneas endogámicas (S4) desarrolladas para la producción de grano. El trabajo se realizó durante los ciclos primavera-verano del 2017 y 2018 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, localizado a 25°33'18.99" LN y 103°22'25.71"LW, a 1120 msnm. Se cruzaron 15 líneas del Programa de Mejoramiento Genético de la UAAAN-UL y dos probadores, una VPL Chojo y una línea de CIMMYT TL244 en 2017 originándose 30 mestizos. La evaluación de mestizos fue el 14 de abril del 2018. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela fue de dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho y 0.17 m entre planta, una densidad de 78,431 plantas por hectárea. Se tomaron datos de floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), diámetro (DMz) y largo (LMz), hileras (HM) y granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (REN). El manejo agronómico fue el indicado para la región. El análisis se realizó con SAS v. 9.4(2012) y para el análisis multivariado se por componentes principales se utilizó el paquete estadístico Statgaphics Centurion XVI.I (2009). Los probadores fueron estadísticamente diferentes para todas las características evaluadas. Fenotípicamente las líneas mostraron diferencias para todas las variables incluyendo REN. Los mestizos mostraron diferencias para ALP, AMZ LM y GH, no así para REN. La técnica multivariada

de Componentes principales y el gráfico Biplot fueron útiles puesto que mostró la objetivamente los resultados numéricos.

Palabras clave: Componentes principales, Biplot, Selección,Maíz.

ABSTRACT

The objective of this study was to discriminate lines of a maize genetic improvement program through the test cross, the principal component analysis and the graphic dispersion analysis, as well as the agronomic-morphological expression of the test cross formed with 15 inbred lines (S4) developed for grain production. The work was carried out during the spring-summer cycles of 2017 and 2018 in the Experimental Field of the Autonomous Agrarian University Antonio Narro Laguna Unit (UAAAN UL), in Torreón Coahuila, located at 25°33'18.99" LN and 103°22' 25.71"LW, at 1120 masl. Fifteen (15) lines of the UAAAN-UL Genetic Improvement Program and two testers, a VPL Chojo and a CIMMYT TL244 line, were crossed in 2017, originating 30 mestizos. The evaluation of mestizos was on April 14, 2018. The experimental design was randomized blocks with three repetitions. The plot consisted of two rows of 3.0 m long and 0.75 m wide and 0.17 m between plants, a density of 78,431 plants per hectare. Data on male (FM) and female (FF) flowering, plant height (AP) and ear (AM), diameter (DMz) and length (LMz), rows (HM) and grains per row (GH) and yield were taken. of grain (REN). The agronomic management was indicated for the region. The analysis was performed with SAS v. 9.4(2012) and for the multivariate analysis by principal components, the statistical package Statgaphics Centurion XVI.I (2009) was used. The testers were statistically different for all the characteristics evaluated. Phenotypically the lines showed differences for all variables including REN. The mestizos showed differ ences for ALP, AMZ LM and GH, but not for REN. The multivariate Principal Components technique and the Biplot plot were useful since they objectively showed the numerical results.

Keywords: Principal Components, Biplot, Selection, Maize

INTRODUCCION

La prueba de mestizos es un procedimiento simple que utilizan los mejoradores en sustitución de otras técnicas como las cruzas dialélicas, biparantales etc. (Sánchez-Ramírez, et al. 2020), para estimar aptitud combinatoria general y específica (Nduwumuremyi et al. 2013). La técnica de Línea x Probador, implica la cruza de las líneas con uno ó más probadores, lo que simplifica conocer la capacidad combinatoria (Jenkins (1929). A pesar de las diferentes aplicaciones de los diseños de mejoramiento, su problema general es la visualización de resultados. Mejoradores, han explorado alternativas a los métodos convencionales buscando mayor objetividad, para identificar las variables de mayor peso, los genotipos y la interrelación entre éstos que mejor expliquen la variación estudiada, (Momeni H. et al. 2020). El objetivo del presente fue discriminar líneas de un programa de mejoramiento genético en maíz a través de la prueba de mestizos, el análisis de componentes principales y el análisis de dispersión gráfico, así como la expresión agronómica-morfológica de los mestizos formados con 15 líneas endogámicas (S4) desarrolladas para la producción de grano.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó durante los ciclos primavera-verano del 2017 y 2018 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, localizado a 25°33’18.99” LN y 103°22’25.71”LW, a 1120 msnm. Se cruzaron 15 líneas del Programa de Mejoramiento Genético de la UAAAN-UL y dos probadores, una VPL Chojo y una línea de CIMMYT TL244, en 2017 originándose 30 mestizos. La evaluación de mestizos fue el 14 de abril del 2018. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela fue de dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho y 0.17 m entre planta, una densidad de 78,431 plantas por hectárea. Se tomaron datos de floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), diámetro (DMz) y largo (LMz), hileras (HM) y granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (REN). El manejo agronómico fue el indicado para la región. El análisis se realizó con SAS v. 9.4(2012) y para el análisis multivariado se por componentes principales se utilizó el paquete estadístico Statgaphics Centurion XVI.I (2009).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los probadores(P) fueron diferentes (p≤0.01) para las nueve variables, lo que confirma su diferencia fenotípica. Las líneas representan los efectos aditivos y, como tal las diferencias (p≤0.01) reflejan esta aditividad. Para la interacción LxP, que es el efecto no-aditivo, las diferencias (p≤0.01) muestran que ALP, AMZ, LM y GH exhiben este efecto, no así para el REN (Cuadro1). La no-significancia en REN indica que la expresión de los mestizos presentó el mismo ordenamiento en cada probador. Las diferencias entre los mestizos se asociaron al genotipo del probador, la cual se relacionó con la diversidad genética del probador, al efecto per se de sus progenitores y a la combinación específica de cada línea con el probador, (Sánchez-Ramírez, et al. 2020), lo cual es más objetivo en la Figura 1.

Cuadro 1. Significancia de cuadrados medios de nueve variables en 30 mestizos evaluados en la Comarca Lagunera. 2018.

FV	**Rep**	**Prob (P)**	**Líneas (L)**	**L x P**	**E.E**	**Media**	**C.V.**
GL	2	1	14	14	58	$\bar{x}$	%
FM	3.4ns	81**	10.1**	1.9ns	1.3	60.7	1.9
FF	2.5ns	966.9**	9.5**	1.1ns	1.4	63.1	1.84
ALP	0.20ns	0.46**	0.029**	0.03**	0.011	2.19	4.95
ALM	0.01ns	0.09**	0.02**	0.01**	0.005	1.25	6.01
NMC	8.2ns	134.4**	10.7ns	7.6ns	7.8	38.7	7.2
MP	0.09ns	0.36ns	0.32**	0.14ns	0.11	0.96	35.25
LM	0.2ns	22.7**	2.4**	2.4**	0.6	15.6	5.1
DMZ	0.01ns	1.40**	0.06ns	0.02ns	0.03	4.6	4.2
NH	0.45ns	24.12**	1.69**	0.29ns	0.49	14.57	4.82
GH	2.1ns	44.1**	9.5**	23.0**	3.9	38.4	5.2
REN	0.46ns	125.62**	2.42**	1.71ns	0.96	10.77	9.1

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, FM= floración masculina, FF= floración femenina, ALP=altura de planta, ALM= altura de mazorca, NMC=Mazorcas cosechadas, MP= Mazorcas podridas, LM= longitud de mazorca, HM= hileras por mazorca, GH= granos por hilera, DMz= diámetro de mazorca, REN= rendimiento de grano.

El análisis de componentes principales (ACP) de acuerdo con Manly (2005), se realizó con valores promedios de los mestizos de cada variable. Los dos primeros componentes

explicaron el 49% de la variación de los datos, lo cual es suficiente para representar la variación de las variables estudiadas, (Sánchez-Ramírez, et al. 2020; Maji y Shaibu (2012).

Los mestizos se separaron en función de probador. Los del sector derecho del gráfico se cruzan con la línea TL y, los del izquierdo con la VPL Chojo. Los mestizos del sector izquierdo se caracterizaron por ser en general, más precoces, de menor altura y, respecto a las dimensiones de mazorca, también fueron mas cortas, de menor diámetro, menor NH y GH. Lo opuesto se observa en los mestizos cruzados con TL.

Los híbridos comerciales GUEP y RX8520, se ubicaron en el grupo de los mestizos con TL.

Puesto que el REN es el atributo más importante y es el objetivo a mejorar, otras variables agromorfológicas también se expresaron por la extensión de los vectores-variables como NH, NMC que además estuvieron correlacionadas por el estrecho ángulo con REN. De igual forma FM y FF, LM y GH fueron relevantes en la dispersión de los mestizos.

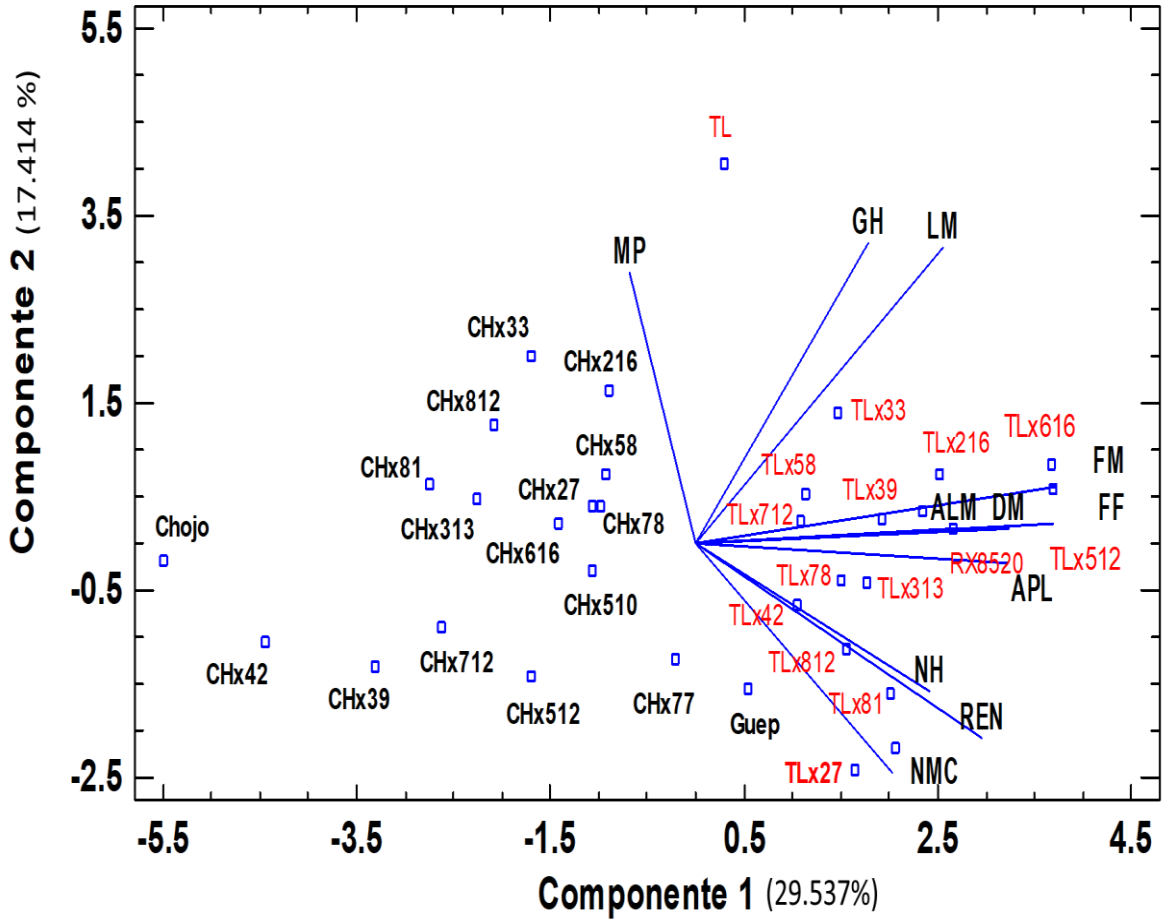


Figura 1. Dispersión de mestizos formados en cruzas con los probadores Chojo y TL en la Comarca Lagunera. 2023.

CONCLUSIONES

Los probadores fueron estadísticamente diferentes para todas las características evaluadas. Fenotípicamente las líneas mostraron diferencias para todas las variables incluyendo REN. Los mestizos mostraron diferencias para ALP, AMZ LM y GH, no así para REN. La técnica multivariada de Componentes principales y el gráfico Biplot fueron útiles puesto que mostró la objetivamente los resultados numéricos.

REFERENCIAS

Manly, B.F.J. (2005) Principal components analysis. In: Multivariate statistical methods. Third Edition, Chapman & Hall, CRC.

Momeni, H., Shiri, M., Hervan, E. M., & Khosroshahli, M.. (2020). The usefulness of GGE biplot methodology for line × tester data of maize inbred lines. Bragantia, 79(4), 537–545. https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200130

Nduwumuremyi, A., Tongoona, P., and Habimana, S. (2013). Mating designs: helpful tool for quantitative plant breeding analysis. Journal of Plant Breeding and Genetics, 1, 117-129.

Sánchez-Ramírez, Francisco Javier, Ma. del Carmen Mendoza-Castillo, y Carmen Gabriela Mendoza-Mendoza. 2020. «Evaluación De Mestizos Y Uso De técnicas Multivariadas Para Identificar líneas Sobresalientes De maíz». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 11 (2). México, ME:433-39. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1778.

USO POTENCIAL DE LOS BIOHERBICIDAS A BASE DE EXTRACTOS NATURALES COMO ALTERNATIVA AL GLIFOSATO

Martín Espinosa Ramírez[1*], Ma. Eugenia Cisneros López[1], Miguel Ángel Valdés Martínez[1]y Flor Elena Ortiz Chairez[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. *espinosa.martin@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los bioherbicidas son productos de origen natural a partir de organismos vivos, representan una alternativa a los herbicidas sintéticos, en el control de malezas. El objetivo del trabajo fue evaluar bioherbicidas a base de extractos naturales en pre siembra como alternativa ecológica al glifosato. El experimento se estableció en el CERIB-CIRNE, el 03/06/2022, durante el ciclo P-V, 2022, bajo temporal en pre siembra. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se utilizaron 13 tratamientos: Ocho bioherbicidas experimentales (HEXP); tres bioherbicidas comerciales (BO), como testigo regional glifosato y el testigo absoluto sin control. La variable respuesta fue el grado de daño sobre la maleza (%) a los 7DDA y 21 DDA. La maleza predominante fue el zacate *P. fasciculatum* con 20 plantas m^2 y otras seis malezas de hoja ancha < 10 plantas m^2. El ANOVA mostró efecto significativo en los tratamientos. Al final del experimento 21 DDA, la respuesta de los bioherbicidas experimentales fue nula, similar al testigo sin control. Los bioherbicidas comerciales no superaron estadísticamente al glifosato. El bioherbicida comercial T10 [BO1 (aceite de conífera 40 %, *Datura straminioum* 10 %, plantas alelopáticas 42 %, metabolitos de *Puccinia* ssp 2 % y aceite de coco hidrogenado 6.0 %)] fue estadísticamente similar al glifosato, excepto en malva, golondrina y zacate espiga; el control fue medio en *H. annuus* y *E. serpens* (85 %); control suficiente en *P. fasciculatum* y *P. angulata* (89 %). Ningún tratamiento tuvo control medio (≥ 85 %) de la *P. hysterophorus* y en *C. melo* fue pobre el control con glifosato y muy pobre con los bioherbicidas comerciales.

Palabras clave: biodegradables, herbicidas, malezas, pre siembra, sintéticos

ABSTRACT

Bioherbicides are products of natural origin from living organisms, they represent an alternative to synthetic herbicides, in weed control. The objective of the work was to evaluate bioherbicides based on natural extracts in pre-sowing as an ecological alternative to Glyphosate. The experiment was established at CERIB-CIRNE, on 06/03/2022, during the S-V cycle, 2022, under seasonal conditions in pre-sowing. The experimental design was randomized complete blocks with four replications. 13 treatments were used: Eight experimental bioherbicides (HEXP); three commercial bioherbicides (BO), as a regional control glyphosate and the absolute control without control. The response variable was the degree of damage to the weeds (%) at 7 DAA and 21 DAA. The predominant weed was the grass P. fasciculatum with 20 plants m2 and another six broadleaf weeds < 10 plants m2. The ANOVA showed a significant effect on the treatments. At the end of the 21 DDA experiment, the response of the experimental bioherbicides was null, similar to the control without control. Commercial bioherbicides did not statistically outperform glyphosate. The commercial bioherbicide T10 [BO1 (40% coniferous oil, 10% Datura straminioum, 42% allelopathic plants, 2% Puccinia ssp metabolites and 6.0% hydrogenated coconut oil)] was statistically similar to glyphosate, except for mallow, swallow and spike grass; control was medium in H. annuus and E. serpens (85 %); sufficient control in P. fasciculatum and P. angulata (89%). No treatment had average control (≥ 85 %) of P. hysterophorus and in C. melo the control with glyphosate was poor and very poor with commercial bioherbicides.

Keywords: biodegradable, herbicides, weeds, pre-plant, synthetic

INTRODUCCIÓN

Los bioherbicidas son productos que se originan de forma natural a partir de organismos vivos o de sus metabolitos naturales que se utilizan para controlar las poblaciones de malas hierbas sin degradar el medio ambiente (Bailey, 2011) Petit *et al*. (2018) revisaron y documentaron varias especies de bacterias y hongos para mostrar sus actividades bioherbicidas específicas o no específicas del huésped en poblaciones de malezas susceptibles. La rápida degradación ambiental de los productos bioherbicidas justifican, el desarrollo de productos comerciales que sean alternativas a los herbicidas sintéticos (Cordeau *et al*., 2016). Los bioherbicidas se introdujeron por primera vez en los mercados comerciales en 1980 con los agricultores de EE. UU., Canadá, Ucrania y Europa (Bailey, 2011). Aunque varios microorganismos y productos vegetales se han probado en el campo,

un limitado número están disponibles comercialmente en los mercados actuales (Cordeau *et al*., 2016). Recientemente, varios estudios han revelado que extractos de plantas, bacterias, hongos y otros productos controlan de manera efectiva la germinación y el crecimiento de semillas de malezas (Guevara *et al*., 2019), sin embargo, se han realizado pocos estudios para identificar el modo de acción y los cambios fisiológicos en las malezas. La justificación para identificar herbicidas alternativos al glifosato se basa en el Decreto que prohíbe del glifosato a partir del 1 de febrero de 2024, cuya clave se encuentra en DOF: 31/12/2020 establece las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir este herbicida. El objetivo del trabajo fue evaluar bioherbicidas a base de extractos naturales en pre siembra como alternativa ecológica al glifosato.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el lote D2 Sur bajo labranza convencional del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP (25º 57’ 16.9’’ N, 98º 01’ 05.7’’ O; altitud 25 msnm), durante el ciclo P-V, 2022. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, el tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 0.8 m por 5 metros de largo (16 m^2). Una vez hecho el trazo del diseño en campo se cuantificó tres días antes de la aplicación: el tipo de maleza y el grado de infestación en un cuadrante de un m^2 por cada unidad experimental. Los datos se expresaron en número de malezas por m^2, por cada especie presente. En el Cuadro 1, se muestran los tratamientos, el testigo regional se utilizó el herbicida sintético Faena® o glifosato (sal de potasio N-fosfonometil-glicina a 363 g i.a. L^{-1}), a 2.0 L ha^{-1} ; tres bioherbicidas comerciales a base de extractos vegetales como ingredientes activos según la etiqueta: BO1 (aceite de conífera 40 %, *Datura stramінioum* 10 %, plantas alelopáticas 42 %, metabolitos de *Puccinia* ssp 2 % y aceite de coco hidrogenado 6.0 %); BO2 (gordolobo 20 %, aceite de coco 20 %, resina de pino 20 %, *Puccinia* ssp 20 % y papaína 20 %) y BO3: (ácidos orgánicos enzimáticos: 10.0, extracto de plantas silvestres alelopáticas: 38 %, toxinas de *Puccinia* spp: 2 %, resina de pino no iónica (surfactante): 20 %, diluyente: 30 %). Los bioherbicidas experimentales HEXP1 (10 % de ácidos carboxílicos, 20 % de extracto etanólico de *Ricinus communis*, 30 % de *Yucca shidiera*, 5 % de extracto oleoso de *Ricinus communis* y como diluyente 35 % de ácido acético al 10 %); HEXP2 (10 % de ácidos carboxílicos, 20 % extracto etanólico de *Ricinus communis*, 2.0 % de metabolitos de *Aspergillus niger*; 20 % de resina de pino y 30 % como

diluyente 35 % de ácido acético al 10 %); HEXP3 (10 % de ácidos orgánicos carboxílicos; 10 % de extracto etanólico de *Ricinus communis*, 20 % de resina de pino, 2.0 % de metabolitos de *Aspergillus niger* y como diluyente 58 % de ácido acético al 10 %); HEXP4 (5 % de ácidos orgánicos carboxílicos; 45 % de extracto de *Euphorbia serpens* , 5.0 % de metabolitos de *Aspergillus niger,* 10 % de resina de pino y como diluyente 35 % de ácido acético al 10 %); HEXP5 (50 % de extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus* y como diluyente 50 % de ácido acético al 20 %); HEXP6(25% de extracto etanólico de *Ricinus communis* y 25 % de extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus* y como diluyente 50 % de ácido acético al 20 %) y HEXP7(25 % de extracto etanólico de *Euphorbia serpens* y 25 % de extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus* y como diluyente 50 % de ácido acético al 20 %) y EXP8 (50 % de extracto etanólico de *Euphorbia serpens* y como diluyente 50 % de ácido acético al 20 %). Se utilizó coadyuvante Bionex (alcohol tridecílico polioxietilenado 200 g/L + Nonil fenol polioxietilenado 50 g/L + Propilenglicol 54 g/L) a 1.5 ml por litro de agua. La solución de los productos se efectuó utilizando agua comercial potable. La aplicación de los herbicidas se realizó el 03/06/2022, con una aspersora de mochila motorizada con seis boquillas de abanico plano 8002 con una presión de salida de 273 kPa y un volumen de aspersión equivalente a 230 L ha^{-1}. Las condiciones climáticas durante todo el periodo de evaluación fueron: temperaturas máximas llegaron hasta los 38 ^{o}C, media de 32 ^{o}C y mínima de 27 ^{o}C; precipitación de 3.3 mm, velocidad promedio del viento 18 km h^{-1} y máximas de 64 km h^{-1} y con humedad relativa mínima, incluso del 32 %.

Cuadro 1. Tratamientos con herbicidas.

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	HEXP1	2.0 L/100 L agua
T2	HEXP2	2.0 L/100 L agua
T3	HEXP3	2.0 L/100 L agua
T4	HEXP4	2.0 L/100 L agua
T5	HEXP5	2.0 L/100 L agua
T6	HEXP6	2.0 L/100 L agua
T7	HEXP7	2.0 L/100 L agua
T8	HEXP8	2.0 L/100 L agua
T9	Glifosato	2.0 L /ha

T10	BO1	0.75 L/100 L agua
T11	BO2	0.75 L/100 L agua
T12	BO3	0.75 L/100 L agua
T13	Testigo sin aplicación	

Se realizaron dos evaluaciones visuales de control por especie de maleza a los 7 y 21 días después de la aplicación (DDA) durante el mes de junio, 2022. La toxicidad de los herbicidas a la maleza se evaluó con estimaciones visuales y escala de 0 a 100 %, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Frans *et al*., 1986; Silva *et al*., 2005): donde 0 indica falta de efecto y 100 % muerte de la planta (Cuadro 2). Los datos se expresaron en porcentaje según la especie presente.

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

El análisis de varianza se realizó con PROC GLM, y la comparación de medias con Tukey por cada fecha de muestreo. El paquete estadístico fue SAS versión 9.4 (SAS, 2016). Los datos de fitotoxicidad a la maleza fueron trasformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados mostrados en las tablas se presentan retransformados por seno (Font *et al*., 2007)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie más abundante antes de la aplicación fue el zacate espiga (*Panicum fasciculatum*) con 20 plantas m^2; el resto de las especies se distribuyó en las malezas de

hoja ancha: 10 plantas m^2 de polocote (*Heliantus annuus* L.); 5 plantas amargosa (*Parthenihum hysterophorus L*.); con 3 plantas m^2 meloncillo (*Cucumis melo* L.), tomatillo (*Physalis angulata* L.); golondrina (*Euphorbia serpens*) y la malva (*M. parviflora* L.) con 1 planta m^2.

Los análisis estadísticos mostraron que hubo efecto significativo del tratamiento en la eficacia del control de las malezas (Cuadro 3 y 4). En la primera fecha de aplicación se observó: Ningún tratamiento con herbicidas experimentales a base de extractos vegetales supero al testigo regional con glifosato en el control de malezas de hoja angosta y ancha; el control fue nulo, similar al testigo sin control a los 7 DDA. El grado de control de los herbicidas orgánicos comerciales está en función de la maleza. El glifosato fue superior estadísticamente, a los bioherbicidas comerciales con un control suficiente 90 a 95 % para malva, zacate espiga, excepto para golondrina que fue 80%.

Cuadro 3. Valor de F del Análisis de Varianza en el control de Zacate espiga, Polocote y Tomatillo.

		Maleza		
FV	GL	*Panicum fasciculatum*	*Heliantus annuus*	*Physalis angulata*
Modelo	13	53.10**	126.72**	71.21**
Tratamiento	12	56.54**	135.84**	76.36**
Bloque	3	11.82	17.30	9.34
Error	32	81.94	42.33	51.70
CV(%)	22.84	35.64	23.74	34.45

**= Altamente significativo (P ≤ 0.01); FV= Fuente de variación; GL= grados de libertad

Cuadro 4. Valor de F del Análisis de Varianza en el control de Golondrina, Meloncillo y Amargosa.

		Maleza		
FV	GL	*Euphorbia serpens*	*Cucumis melo*	*Parthenium hysterophorus*
Modelo	13	16.81*	32.96**	25.20**
Tratamiento	12	18.20*	35.70**	26.11**
Bloque	3	0.16	0.07	14.27
Error	32	128.48	22.59	149.25
CV(%)	22.84	73.34	38.78	50.31

**= Altamente significativo (P ≤ 0.01); FV= Fuente de variación; GL= grados de libertad

En el caso de la malva el control con los bioherbicidas comerciales fue muy pobre (20 %); regular para el zacate espiga (75 a 89 %); pobre (70 %) para golondrina en tratamiento T11 y control medio con los tratamientos T10 y T12. El control de polocote fue estadísticamente similar con el glifosato con buen control (94 %), además el T10 y T11 tuvieron un control medio (80 a 88 %): mientras que el T12 tuvo un control pobre (70 %). En tomatillo no hubo diferencias significativas entre el glifosato (88 %) y T11 (85 %) con un control medio; T10 (75 %) de control regular; por otra parte, en el caso de la amargosa, no hubo diferencias estadísticas entre el glifosato y los tres bioherbicidas comerciales el control fue pobre (50 a 60 %); así mismo ocurrió con el meloncillo con un control muy pobre < 50 % de eficiencia. Existen un número limitado de trabajos donde se evalúan, los efectos de extractos alelopáticos como bioherbicidas en campo. Cisneros *et al*. (2021), reportan que los bioherbicidas comerciales BO1 y BO2 a los 7 DDA tuvieron un control muy pobre (< 30 %) en pastos y golondrina a dosis de 1.0 L ha^{-1}.

Cuadro 5. Comparación de medias entre tratamientos.

	7DDA	21DDA	7DDA	21DDA	7DDA	21DDA
	M. parviflora		*H. annuus*		*E. serpens*	
T1	5 c	4 d	5 c	4 c	5 d	4 c
T2	4 c	4 d	4 c	5 c	4 d	5 c
T3	3 c	4 d	3 c	5 c	3 d	5 c
T4	4 c	4 d	4 c	5 c	4 d	5 c
T5	4 c	4 d	4 c	6 c	4 d	8 c
T6	5 c	6 d	5 c	8 c	5 d	8 c
T7	3 c	5 d	3 c	5 c	3 d	5 c
T8	3 c	7 d	3 c	8 c	3 d	8 c
T9	95 a	93 a	94 a	95 a	80 a	93 a
T10	20 b	53 b	88 ab	88 ab	60 b	85 ab
T11	20 b	48 b	80 ab	78 b	38 c	70 b
T12	8 c	60 b	70 b	84 ab	50 b	80 ab
T13	0 c	0 d	0 c	0 c	0 d	0 c

DDA: Días después de la aplicación. Valores dentro de la columna con la misma letra son iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

Después de 21 DDA, no se observó un efecto significativo de control con los herbicidas experimentales; similar al testigo sin control (Cuadro 5 y 6). Mientras que los bioherbicidas comerciales en comparación con el testigo regional o glifosato, aumentaron el grado de control casi al doble de eficiencia en malva, pero fue aun pobre (48 a 60 %); en el caso de la golondrina, el aumento de efectividad fue estadísticamente similar al testigo regional T10 (85 %) y T12 (80 %), control medio; por otra parte, T11 (70 %) fue medio, después de 21 DDA el control fue bueno con glifosato. En el polocote se observó que después de 21 DDA, el control tuvo una tendencia similar a la que se registró a los 7 DDA, es decir cualquiera de los tratamientos T10 y T12 pueden ser alternativos al glifosato, con un control medio a suficiente (84 a 88 %). Aunque el glifosato con 94% tuvo un buen control. En el tomatillo, el T10 (88 %) puede ser alternativo al glifosato, porque fue estadísticamente similar, con un control suficiente, mientras que el control fue regular con el T11 y T12 (78 %). Por otro lado, en zacate espiga (Cuadro 4), estadísticamente el efecto fue similar entre los tratamientos T9 (94 %) buen control y T10 (89 %), con un control suficiente; mientras que, T11 (75 %) y T12 (79 %) tuvieron control regular y estadísticamente similar. El control de la amargosa (*P. hysterophorus*) fue de regular a pobre (75 a 63 %) con el testigo regional, T10, T11 y T12; además, fue más deficiente el control con el meloncillo (*C. melo*) que paso de < 40 % a < 55 % con un control pobre a muy pobre.

Cuadro 6. Comparación de medias entre tratamientos.

	7DDA	21DDA	7DDA	21DDA	7DDA	21DDA	7DDA	21DDA
	P. fasciculatum		*P. angulata*		*C. melo*		*P. hysterophorus*	
T1	5 c	4 c	5 c	4 c	5 c	4 c	5 b	4 c
T2	4 c	5 c	4 c	5 c	4 c	5 c	4 b	5 c
T3	3 c	5 c	3 c	5 c	3 c	5 c	3 b	5 c
T4	4 c	5 c	4 c	5 c	4 c	5 c	4 b	5 c
T5	4 c	6 c	4 c	6 c	4 c	6 c	4 b	6 c
T6	6 c	10 c	5 c	8 c	5 c	9 c	5 b	8 c
T7	3 c	5 c	3 c	5 c	3 c	5 c	3 b	5 c

T8	3 c	8 c	3 c	8 c	3 c	8 c	3 b	8 c
T9	90 a	94 a	88 a	95 a	33 a	55 a	70 a	64 a
T10	74 b	89 a	75 a	88 ab	33 a	44 a	75 a	71 a
T11	65 b	75 b	85 a	78 b	40 a	48 a	64 a	63 a
T12	65 b	79 b	50 b	79 b	23 ab	33 a	66 a	75 a
T13	0 c	0 c	0 c	0 c	0	0 c	0 b	0 c

DDA: Días después de la aplicación. Valores dentro de la columna con la misma letra son iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

La nula respuesta de los bioherbicidas experimentales (HEXP), podría ser atribuida a su formulación a base de extractos vegetales en etanol y su diluyente al ácido acético, compuestos cuyas propiedades físicas y efectividad pueden ser modificadas, por las condiciones ambientales a temperaturas cercanas a 40 ^{o}C y la velocidad del viento hasta máximos de 64 km h^{-1} como las que se registraron después de la aplicación durante el mes de junio de este año; ya que, es posible que incrementen su evaporación, además, debido a su bajo peso molecular (Church y Witting, 1997; El-Mergawi *et al*., 2019) en comparación con herbicidas sintéticos, como el glifosato (Cuhra *et al*., 2016). Hasan *et al*., (2021) indican la luz, el CO^2, la temperatura, la humedad del suelo, la humedad relativa, las precipitaciones y el viento; pueden impactar la efectividad de los herbicidas directamente, porque influyen en la penetración y translocación; pero podría ser más crítico en pesticidas formulados a base de etanol u otras moléculas orgánicas de bajo peso molecular, como los extractos vegetales, ya que estos tienen mayor capacidad de degradarse (González *et al*., 2022). Los bioherbicidas comerciales tuvieron una eficiencia, estadísticamente similar al glifosato, en cuatro de las siete malezas evaluadas, estos resultados, indican que es necesario hacer más ensayos para confirmar los resultados; para que estos productos representen una alternativa viable en el control químico de malezas en pre siembra.

CONCLUSIONES

A los 21 DDA, no se observó un efecto significativo de control con los herbicidas experimentales, por lo tanto, se comportaron de manera similar al testigo sin control.

Los bioherbicidas comerciales y experimentales, no superaron estadísticamente al glifosato, excepto en malva, golondrina y zacate espiga.

El bioherbicida comercial T10 (BO1) mostró una efectividad estadísticamente similar al glifosato.

Ningún tratamiento tuvo control (≥ 85 %) en la amargosa (*P. hysterophorus*) y ni del meloncillo (*C. melo*), el control fue pobre con glifosato y muy pobre con los bioherbicidas comerciales.

REFERENCIAS

Bailey, K.L. Pitt, W. M., Leggett, F., Sheedy and Derby. J. 2011. Determining the infection process of *Phoma macrostoma* that leads to bioherbicidal activity on broadleaved weeds. Biolog Control. 59 (2): 268-276.

Church, A.S. and Witting, M.D. 1997. Laboratory testing in ethanol, methanol, ethylene glycol, and isopropanol toxicities. J Emerg Med.15(5):687-92. doi: 10.1016/s0736-4679(97)00150-9. PMID: 9348060.

Cisneros, L. M.E., Rosales, R. E. Espinosa, R. M., Hernández, M. R. y Ortiz, C. F. E. 2021. Herbicidas orgánicos: alternativa sostenible al glifosato para el control de malezas en pre siembra en el norte de Tamaulipas. 27-28 pp In: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2021 San Luis Potosí.

Cordeau S., Triolet M., Wayman S., Steinberg C. and Guillemin J. P. 2016. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. Crop Protec.87:44-49.

Cuhra, M, Bøhn, T. and Cuhra, P. 2016. Glyphosate: Too Much of a Good Thing? Front. Environ. Sci. 4:28. doi: 10.3389/fenvs.2016.00028

El-Mergawi, R.A.; Al-Humaid, A.I. 2019. Searching for natural herbicides in methanol extracts of eight plant species. Bull. Natl. Res. Cent. 43: 22.

Font, H., Torres, V. H. M.; Rodríguez, R. 2007. Cumplimiento de la normalidad y homogeneidad de la varianza en frecuencias de medición acumulada de la variable producción de huevos en gallinas White Leghorn. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 41 (3): 224-236.

Frans, R., Talbert, R., Marx, D.and Crowley, H. 1986. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant response to weed control practices. In: Camper, N. D. (ed). Research Methods in Weed Science. 3rd Edition. Southern Weed Science Society, Champaign, Illinois. USA. pp: 20-46

González-Moreno, B. J., Piña-Barrera, A. M., Pérez-López, L. A., Galindo-Rodríguez, S. A., y Álvarez-Román, R. 2022. Aceites esenciales de origen natural: características químicas, técnicas de extracción y potencial aplicación biológica. Biología y Sociedad, 5(10): 20–30. https://doi.org/10.29105/bys5.10-71.

Guevara, G. J., Narváez, F. C., Marín, N. A., Gutiérrez, L. J. and Troncoso, T. C. 2019. Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras. Scientia Agrop. 10(4): 497-503. https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.06

Hasan, M., Muhammad, S., Ahmad-Hamdani, A. M. R. and Hafizuddin, H. 2021. Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management" Plants 10: 1212. https://doi.org/10.3390/plants10061212

Petit, S., Cordeau, S., Chauvel, B. et al. 2018. Biodiversity-based options for arable weed management. A review. Agron. Sustain. Dev. 38: 48 https://doi.org/10.1007/s13593-018-0525-3

SAS. Statistical analysis system. 2016. SAS User´s Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.

Silva, F. M. A., Rodríguez, M. J. C., Díaz, G.O. y Bautista, N. M. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Agrociencia 39: 319-325.

EFECTO DE NÚMERO DE TALLOS Y ESTIÉRCOL BOVINO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y RENDIMIENTO DE TOMATE ROMA

Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez[1], Manuel Fortis-Hernández[2], Cirilo Vázquez-Vázquez[1], Ignacio Orona Castillo[1] y María Gabriela Cervantes-Vázquez[1*]

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km. 35, ejido Venecia. C.P. 35111. Gómez Palacio, Durango, México.
[2]Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana. C.P. 27170. Torreón, Coahuila, México.
***Autor para correspondencia (cevga@hotmail.com)**

RESUMEN

El tomate es una hortaliza muy importante en el mundo debido a su alta demanda y producción, además de ser un alimento con alto contenido de antioxidantes. Para mantener su producción y calidad, se utiliza fertilización inorgánica sintética, lo que aumenta los costos de producción. Por lo tanto, es crucial encontrar una alternativa de fertilización y un manejo agronómico que mejore los rendimientos y la calidad comercial y nutraceútica del tomate. Con el fin de abordar esta problemática, se llevó a cabo un estudio para determinar el efecto de diferentes dosis de estiércol bovino solarizado y el número de tallos por planta en el rendimiento y la capacidad antioxidante y nutraceútica de tomate roma usando el hibrido Sahariana, producido en un sistema protegido. Se evaluaron ocho tratamientos, que fueron generados a partir de la combinación de cuatro dosis de fertilización (0, 40, 60 Mg ha^{-1} de estiércol solarizado y fertilización química (FQ; 280-50-00 N-P-K) con dos números de tallos (1 y 2) por planta. Los resultados indican que, al incrementar el número de tallos por planta, aumenta el número total de frutos el mayor rendimiento por planta se obtuvo con una dosis de 60 Mg ha^{-1} de estiércol bovino, que fue similar estadísticamente a la fertilización química. Además, se encontró que la capacidad antioxidante se incrementó en un 11% con 60 Mg ha^{-1} en comparación con la FQ. El número de tallos también afecto la capacidad antioxidante, con dos tallos fue superior hasta en un 17% en comparación con un tallo. En conclusión, el uso de estiércol solarizado puede reducir la necesidad de nitrógeno proveniente de fuentes químicas y aumentar los compuestos bioactivos en el cultivo de tomate producido en un sistema protegido, lo que puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en la región.

Palabras clave: *capacidad antioxidante; fertilizantes orgánicos; Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

The tomato is a very important vegetable in the world due to its high demand and production, as well as being a food with a high content of antioxidants. To maintain its production and quality, synthetic inorganic fertilization is used, which increases production costs. Therefore, it is crucial to find an alternative fertilization and agronomic management that improves the yields and the commercial and nutraceutical quality of the tomato. In order to address this problem, a study was carried out to determine the effect of different doses of solarized bovine manure and the number of stems per plant on the yield and antioxidant and nutraceutical capacity of Roma tomato using the Sahariana hybrid, produced in a protected

system. Eight treatments were evaluated, which were generated from the combination of four fertilization doses (0, 40, 60 Mg ha^{-1} of solarized manure and chemical fertilization (FQ; 280-50-00 N-P-K) with two numbers of stems (1 and 2) per plant, statistically to chemical fertilization. In addition, it was found that the antioxidant capacity increased by 11% with 60 Mg ha^{-1} compared to CF. The number of stems also affected the antioxidant capacity, with two stems was up to 17% higher compared to one stem. In conclusion, the use of solarized manure can reduce the need for nitrogen from chemical sources and increase bioactive compounds in the tomato crop produced in a protected system, which that can contribute to improve the sustainability of agricultural systems in the region.

Key words: *antioxidant capacity; organic fertilizers; Solanum lycopersicum* L.

INTRODUCCION

El tomate (S*olanum lycopersicum* L.) es un vegetal con sustancias bioactivas que tienen un efecto positivo en la salud humana, como lo son los antioxidantes, las cuales pueden reducir el daño por sustancias oxidantes que provocan daño celular (Gaucín-Delgado *et al*., 2020). En el 2019, China fue el mayor productor mundial con 125,000,000 Mg (FAOSTAT, 2023). La producción de tomate en sistemas de producción protegido tiene como objetivo controlar algunas de esas condiciones abióticas y bióticas que puedan disminuir la producción. Unas de estas condiciones son las climáticas, necesidades hídricas, el manejo de número de tallos, la fertilización, y las plagas y enfermedades (Mendoza-Pérez *et al*., 2018). Aunado a esto se aplican fertilizantes químicos sintéticos que incrementan los costos de producción para mantener una alta productividad (Preciado-Rangel *et al*., 2011). Sin embargo, una alternativa de fertilización es el uso de fertilizantes orgánicos, las cuales han demostrado mejoras sobre el suelo en comparación con los fertilizantes químicos (Zhao *et al*., 2020). Además, tienen buenos rendimientos y calidad comercial y nutraceútica de los frutos de tomate roma (Andrade-Sifuentes *et al*., 2020). Es importante realizar estudios sobre el manejo agronómico del número de tallos ya que es una variable que afecta el rendimiento y calidad comercial del fruto de tomate (Mendoza-Pérez *et al*., 2018) y esto implica costos de mano de obra adicionales por el manejo de la planta de tomate. El objetivo de este estudio es comprobar el efecto de diferentes dosis de estiércol bovino y el número de tallos en la producción y calidad comercial de frutos de tomate roma y su capacidad antioxidante en malla sombra.

MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio

La investigación se realizó en el campo experimental (CAE) de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango ubicado en la Comarca Lagunera de Durango, con localización geográfica 25° 46’ 56” de latitud norte y 103°21’ 02” de longitud al oeste, a una altitud de 1,110 m s. n. m. bajo condiciones de malla sombra, la cual consistió en una estructura de soporte de tubo de acero galvanizado con espesor 2 mm de 1.5” de diámetro, con una cobertura de malla antiáfidos de polietileno color blanco con tratamiento contra de los rayos UV con un 30% de sombreado.

Tratamientos

Los tratamientos considerados fueron ocho (Cuadro 1), resultantes de la combinación de cuatro dosis de fertilización (0, 40, 60 Mg ha^{-1} de estiércol bovino solarizado y fertilización química (280-50-00: N-P_2O_5-K)) con dos números de tallos (uno y dos tallos). El híbrido de tomate fue Sahariana (Syngenta®) tipo roma, recomendado a la región norte del país por sus frutos de gran tamaño y vigor para zonas con alta luminosidad. El

experimento fue bajo un arreglo factorial 4x2, con una distribución en bloques al azar, con tres repeticiones. Se obtuvieron 24 unidades experimentales, donde cada unidad experimental consto de camas de 7x1.2 m, con espacios entre camas de 1.2 m.

Solarización de estiércol bovino

El estiércol bovino (Cuadro 1) se obtuvo crudo del establo de la FAZ y se solarizo durante los meses con mayor temperatura ambiental en la región (julio-agosto), de esta forma se asegura la desinfección de acuerdo a Vázquez-Vázquez *et al*., (2010). El estiércol bovino solarizado se incorporó en el rastreo 40 días antes del trasplante.

Cuadro 1. Características químicas del estiércol bovino solarizado (FAZ-UJED).

	MO†	PSI	CE	pH	N	P
	---------- % ----------		dS m^{-1}		-------- mg kg^{-1} -------	
Estiércol solarizado	6.21	5.32	7.97	8.09	1.68	43.81

† MO = materia orgánica; PSI = porcentaje de sodio intercambiable; CE = conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno; N= NO_3^-; P = PO_4^{-3}.

Variables evaluadas en suelo

Los parámetros de suelo se evaluaron a dos profundidades (0 a 15 y de 15 a 30 cm) de acuerdo a la NOM-021- RECNAT. Se determinó pH, conductividad eléctrica (extracto de saturación), materia orgánica (Walkley-Black), nitratos-amonio (Kjeldahl) y fósforo (Olsen) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo del CAE-FAZ al inicio del ciclo vegetativo.

Profundidad cm	CE† (dS m^{-1})	pH	MO (%)	NO_3^- (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	Textura
0-15	3.9	7.2	3.2	9	8	Arcillosa
0-30	2.0	7.2	2.8	6	2.68	

†CE= conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno; MO= materia orgánica; NO_3^-= nitratos; P= fosforo disponible.

Manejo del cultivo

Se sembraron en almacigo, semillas de hibrido Sahariana, en charolas de 200 cavidades, utilizando Peat Moss como sustrato. Posteriormente, se regó por asperjado y se cubrió con un plástico negro, con humedades relativas de 45%. Se trasplantó a los 38 días después de la siembra (dds) cuando las plántulas de tomate tenían de cuatro a cinco hojas verdaderas, en camas de siembra con una distancia entre plantas de 15 cm con espacio entre hileras de 1.2 m. El riego fue por cintilla con espacio entre gotero de 30 cm (2 L h^{-1}) dos veces por semana. La poda de las plantas fue a uno y dos tallos, está se realizó a los 60 días después del trasplante (ddt). Se cosecharon los frutos manualmente, hasta la

formación de nueve racimos por planta de acuerdo a la clasificación de color rosado de 30 a 60% (Coromoto-Alcedo y Reyes, 2018).

Calidad comercial y rendimiento

Las variables evaluadas y registradas para la calidad de fruto de tomate fueron: rendimiento (kg planta^{-1}) diámetro polar y ecuatorial en centímetros (mm) con un vernier Truper® 14394. Se consideraron 3 plantas por m^2, se seleccionaron 16 frutos al azar por cosecha de cada tratamiento. Se pesaron (Con ayuda de una báscula digital Ohaus® 3729), y se registró el peso fresco del fruto de tomate. Tres frutos de tomate por tratamientos se seleccionaron al azar para evaluar Solidos Solubles Totales (SST) con ayuda de un refractómetro digital (Atago PAL-1), los valores fueron expresados en ºBrix.

Capacidad antioxidante

Cinco frutos por tratamiento se seleccionaron al azar y se lavó con agua corriente del grifo para eliminar impurezas. Para la determinación de la capacidad antioxidante. Se determino la capacidad antioxidante equivalente en Trolox de acuerdo al método in vitro ABTS+ publicado por Esparza-Rivera *et al*., (2006) los análisis fueron realizados por triplicado.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables de los factores de estudio en el presente estudio fueron analizados, por análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (SAS Inst, 1999). Se utilizo la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

Existe diferencia significativa para el DP, con las dosis de estiércol y FQ, así como para el número de tallos, las dosis de estiércol aplicadas y la FQ son estadísticamente similares pero superiores al testigo hasta en un 8% (Cuadro 3). El mayor DP fue para las plantas con un tallo siendo superior a las plantas con dos tallos en un 4%. Para el DE existe diferencia significativa únicamente para el numero de tallos siendo superior con un solo tallo a las plantas con dos tallos hasta en un 5%. Con respeto al estiércol aplicado difiere a lo encontrado por López-Martínez *et al*., (2016), quienes encontraron menor tamaño de frutos de tomate con el uso de abonos orgánicos que los producidos con fertilizante químicos. Por otro lado, el número de tallos muestra mayor tamaño para los frutos de tomate con un solo tallo, lo cual concuerda con diferentes estudios (Rodríguez y Sánchez, 2021), al incrementar el número de tallos por planta, aumenta el número total de frutos; sin embargo, el tamaño disminuye.

Cuadro 3. Efecto de estiércol y numero de tallos en el diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), capacidad antioxidante (CA), rendimiento por planta (RPP) y solidos solubles totales (SST).

Factor	DP mm	DE mm	CA	RPP kg planta^{-1}	SST °Brix
Fertilización					

0 Mg ha^{-1} de estiércol	57.00 b	48.88 a	229.30 d	2.13 b	4.09 a
40 Mg ha^{-1} de estiércol	59.82 a	50.66 a	292.26 b	2.49 a	4.21 a
60 Mg ha^{-1} de estiércol	61.50 a	46.72 a	314.13 a	2.70 a	4.34 a
Fertilización química	60.99 a	47.13 a	262.56 c	2.57 a	4.60 a
Número de tallos					
1	60.80 a	49.32 a	264.65 b	2.35 b	4.21 a
2	58.85 b	47.38 b	284.57 a	2.59 a	4.40 a
Fertilización	0.004 *	0.215 ns	0.001 *	0.001 *	0.289 ns
Número de tallos	0.02 *	0.184 ns	0.003 *	0.004 *	0.323 ns
Fertilización*tallos	0.95 ns	0.960 ns	0.881 ns	0.328 ns	0.972 ns

† Medias con diferentes letras en columnas son estadísticamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

* y ns = significativa y no significativa.

El rendimiento fue similar a los tratamientos con estiércol y con FQ, pero fueron superiores al testigo hasta en un 28% (Cuadro 3). Los resultados del número de tallos encontrados corroboran que existe diferencia significativa para el rendimiento por planta de fruto de tomate (Figura 1). Esto concuerda a lo reportado por Mendoza-Pérez *et al*., 2018, quienes encontraron que el rendimiento por planta se incrementa con el número de tallos. Por otro lado, la suficiencia nutritiva tuvo como respuesta rendimientos similares al obtenido con las dosis de estiércol aplicadas (40 y 60 Mg ha^{-1}) al FQ, por la liberación gradual de nutrimentos y bioestimulantes vegetativos en la mineralización de la materia orgánica presente en el estiércol (Traoré *et al*., 2022).

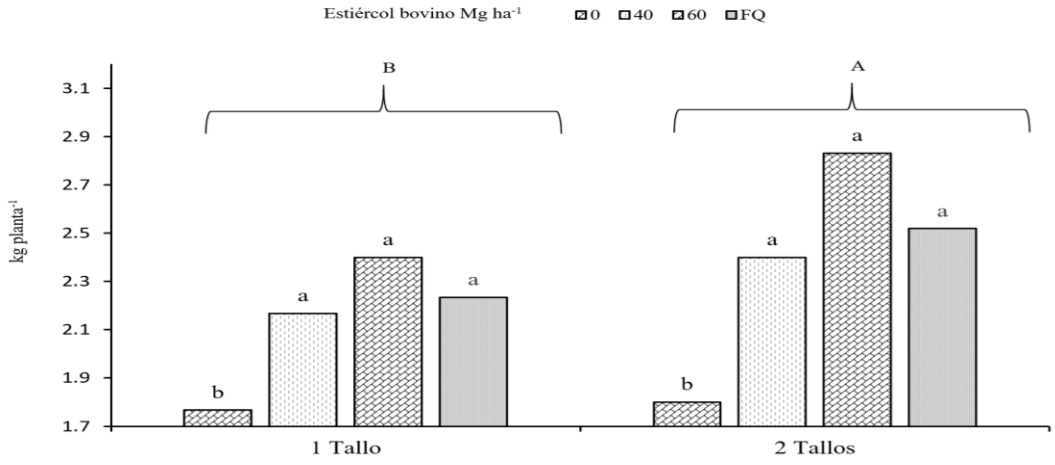


Figura 1. Efecto del estiércol bovino solarizado y el número de tallos sobre el rendimiento por planta. FQ= Fertilización química. Letras mayúsculas diferentes indican diferencia entre factor tallo y letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre las dosis de estiércol (*P* ≤ 0.05).

No hubo efecto significativo en los SST con los tratamientos aplicados (Cuadro 3), pero todos son superiores a 4 °Brix adecuado para el consumo de fruto fresco de tomate (Santiago y Borrego, 2016). Estos resultados son similares a los de Mendoza-Pérez *et al*., 2018 de 4 °Brix. De acuerdo a Cantwell (2004), los SST se ven afectados por la variedad y por el estado de maduración del tomate.

En general, se incrementa la CA con las dosis de estiércol (Cuadro 3). La mayor CA (314.13 µM equiv Trolox 100 g BF) se observó con la dosis de 60 Mg ha^{-1} de estiércol, la cual fue superior en un 11% para el tratamiento FQ y 22% para el testigo.

La CA se vio afectada por el número de tallos (Cuadro 3), cuando la planta tiene dos tallos los frutos muestran un incremento del 17% en comparación de un solo tallo (Figura 2). El estiércol bovino puede incrementar la CE en el suelo (Atienza-Martínez *et al*., 2020), lo cual genera un estrés ambiental en la rizosfera (Salas-Pérez *et al*., 2016), para evitar daños por el estrés oxidativo en la parte radical, la planta activa un mecanismo de defensa secundario para inhibir el daño oxidativo y empieza a sintetizar antioxidantes no enzimáticos (metabolitos secundarios) (Kollist *et al*., 2019), los cuales se acumulan en el fruto. En estos resultados, el tamaño de frutos disminuye cuando se incrementa el número de tallos, puede existir una menor demanda de metabolitos secundarios en frutos con mayor tamaño debido a que no existe otro factor de estrés como lo es la competición por el espacio o área fotosintética (Salas-Pérez *et al*., 2016). La síntesis de compuestos antioxidantes se incrementa en donde puede existir mayor estrés ambiental, en este estudio con las dosis de 60 Mg ha^{-1} de estiércol y con dos tallos.

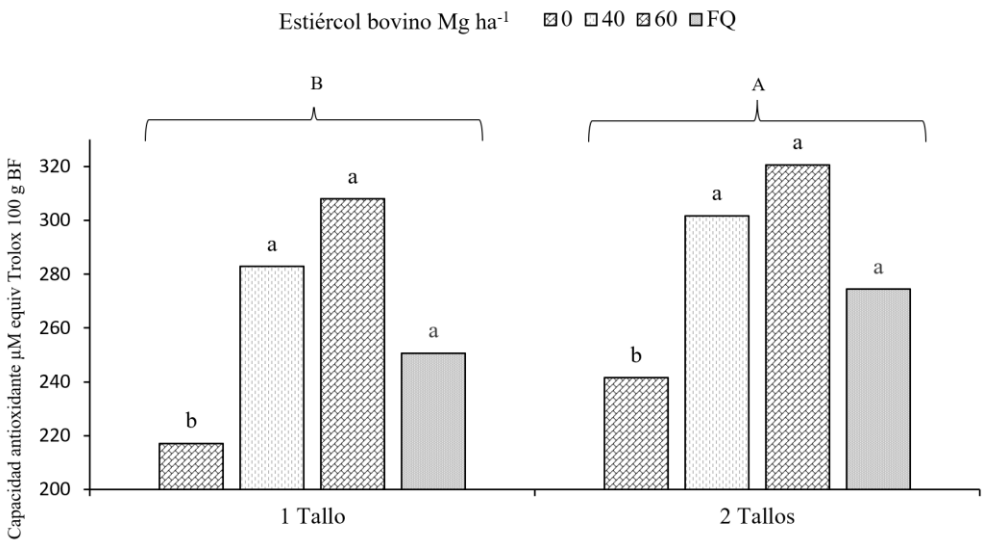


Figura 2. Efecto del estiércol bovino solarizado y el número de tallos sobre la capacidad antioxidante tomate. FQ= Fertilización química. Letras mayúsculas

diferentes indican diferencia entre factor tallo y letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre las dosis de estiércol (*P* ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que al incrementar el número de tallos y con la dosis de 60 de estiércol bovino, la capacidad antioxidante y el rendimiento por planta en los frutos de tomate se incrementa, pero el tamaño de fruto disminuye, esto implica que si desea incrementar el consumo por sus posibles beneficios a la salud humana se recomienda la producción orgánica y con un manejo agronómico a dos tallos. Por otro lado, si se desea incrementar la calidad comercial (tamaño grande) se debe dejar un solo tallo.

REFERENCIAS

Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Orozco-Vidal, J. A., Yescas-Coronado, P., y Rueda-Puente, E. (2020). Azospirillum brasilense and solarized manure on the production and phytochemical quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomy*, 10(12), 1956. https://doi.org/10.3390/agronomy10121956.

Atienza-Martínez, M., Ábrego, J., Gea, G., & Marías, F. (2020). Pyrolysis of dairy cattle manure: evolution of char characteristics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,* 145, 104724. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104724.

Cantwell, M. (2004). Fresh market Tomato. Statewide Uniform variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. South Joaquin Valley. UCCE.

Coromoto-Alcedo, C. Y., y Reyes, I. (2018). Microorganismos Promotores de Crecimiento en el Biocontrol de *Alternaría alternata* en tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). *Bioagro*, 30(1), 59–66.

Esparza-Rivera, J. R., Stone, M. B., Stushnoff, C., Pilon-Smith, E., y Kendall, P. A. (2006). Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *Journal of Food Science,* 71(3), 270-276. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15653.x.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2023). Consultado el 28 de febrero, 2023, desde http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC.

Gaucín-Delgado, J. M., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez-Chávez, E. H., Ortega-Ortiz, Fortis-Hernández, M., Reyes-Pérez J. J. & Preciado-Rangel, P. (2020). Agronomic biofortification with selenium improves the yield and nutraceutical quality in tomato under soilless conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3): 1221-1232. https://doi.org/10.15835/nbha48312000.

Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. (New method for the determination of nitrogen in organic substances). *Fresenius, Zeitschrift für analytische. Chemie*, 22(1), 366-383. https://doi.org/10.1007/BF01338151.

Kollist, H., Zandalinas, S., Sengupta, S., Nuhkat, M., Kangasjärvi , J. y Mittler R. (2019). Rapid responses to abiotic stress: Priming the landscape for the signal transduction network. *Trends in Plant Science*, 24: 25-37.

López-Martínez J. D., Vázquez-Díaz, D. A., Esparza-Rivera, J. R., García-Hernández, J. L., Castruita-Segura, M. A. y P., Preciado-Rangel. (2016). Yield and nutraceutical

quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Revista Fitotecnia Mexicana,* 39:409-414.

Mendoza-Pérez, C., Ramírez-Ayala, C., Martínez-Ruiz, A., Rubiños-Panta, J. E., Trejo, C. y Vargas-Orozco, A. G. (2018). Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 355–366. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1077

Olsen, S.R., & Sommers, L.E. (1982) Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties, *American Society of Agronomy*, Soil Science Society of America, Madison.

Preciado-Rangel, P., Fortis, M., García-Hernández, J. L., Rueda, E., Esparza, J. R., Lara, A., Segura, M. A. y J., Orozco. (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia,* 36: 689-693.

Rodríguez, J.R., Sánchez, L. (2021). Efecto del número de tallos/planta sobre los rendimientos y la calidad del tomate de mesa en ambiente protegido, Constanza, Republica Dominicana. *Revista APF*.

Salas-Pérez, L., González-Fuentes, J. A., García-Carrillo, M., Sifuentes-Ibarra, E., Parra-Terrazas, S., & Preciado-Rangel, P. (2016). Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova Scientia*, 8(17), 310–325. https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.677.

Santiago, J., & Borrego, F. (2016). Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum,* Mill) in greenhouse conditions: phenological and physiological criteria. *Agronomy Mesoamerican*, *9*(1), 59-65. https://doi.org/10.15517/am.v9i1.24633.

SAS (Statistic Analysis System) 9.0. (1999). Program. Stat Soft. Inc. Cary; NC; EEUU. 1999.

Traoré, A., Bandaogo, A. A., Savadogo, O. M., Saba, F., Ouédraogo, A. L., Sako, Y., & Ouédraogo, S. (2022). Optimizing Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growth With Different Combinations of Organo-Mineral Fertilizers. *Frontiers in Sustainable Food Systems,* (5). https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694628

Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E., Fortis-Hernández, M., Reyes-Oliva, M. I., Zúñiga-Tarango, R., y González, J. A. (2010). Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 609-617.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science,* 37(1), 29-38.

Zhao, F. Y., Zhang, Z., Li, J., Shi, G., Zhang, H., Zhang, and Yang, L. (2020). Vermicompost improves microbial functions of soil with continuous tomato cropping in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments,* 20 (1):380–91. doi: 10.1007/s11368-019-02362-y.



Producción Agrícola

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE GERMINADOS DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*)

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEAN-GERMINATED (*PHASEOLUS VULGARIS*)

García-López Josué I[1,*], Hernández-Juárez Agustín[2], Ruiz Torres Norma[1], Ramírez-Barrón Sonia[3], Ruelas-Chacón Xóchitl[4]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México

[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de parasitología, Saltillo, Coahuila 25315, México

[3]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias Básicas, Saltillo, Coahuila 25315, México

[4]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Nutrición y Alimentos, Saltillo, Coahuila 25315, México

***Autor para correspondencia: g.lopezj90@gmail.com**

RESUMEN

En este estudio, el objetivo fue determinar la concentración de fenoles totales y la capacidad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP) en germinados obtenidos de diferentes genotipos de frijol, los cuales se clasificaron como genotipo 1 (grano blanco), genotipo 2 (grano negro), genotipo 3 (grano pinto) y genotipo 4 (flor de mayo). Los resultados permitieron identificar un efecto significativo ($p \leq 0,05$) entre los diferentes germinados de los genotipos de frijol para el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante medida por ABTS y FRAP, para DPPH fueron estadísticamente iguales. La mayor concentración de fenoles totales se presentó en el genotipo Gen 4 y Gen 3, con concentraciones de 882.28 y 758.75 mg GAE/100 g. Para el ensayo de ABTS, la mayor capacidad antioxidante se presentó en los genotipos Gen 1 y Gen 4 con 4371.3 y 3682.8 µmol TE/100 g, mientras que para FRAP se presentó en los germinados de genotipo Gen 1 con 4954.42 µmol TE/100 g.

Palabras clave: Germinados, capacidad antioxidante, polifenoles, frijol.

ABSTRACT

In this study, the objective was to determine the concentration of total phenols and antioxidant capacity (DPPH, ABTS and FRAP) in sprouts obtained from different bean genotypes, which were classified as genotype 1 (white bean), genotype 2 (black bean), genotype 3 (pinto bean) and genotype 4 (may flower). The results allowed identifying a significant effect ($p \leq 0.05$) between the different bean genotype sprouts for total phenol content and antioxidant capacity measured by ABTS and FRAP, for DPPH they were statistically equal. The highest concentration of total phenols was present in genotypes Gen 4 and Gen 3, with concentrations of 882.28 and 758.75 mg GAE/100 g. For the ABTS assay, the highest antioxidant capacity was presented in Gen 1 and Gen 4 genotypes with 4371.3 and 3682.8 µmol TE/100 g, while for FRAP it was presented in Gen 1 genotype sprouts with 4954.42 µmol TE/100 g.

Keywords: Germinates, antioxidant capacity, polyphenols, bean.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante para consumo humano en el mundo, ya que es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales (Fernández Valenciano et al., 2017). El frijol es un alimento con una alta concentración de nutrientes, el porcentaje de proteína oscila entre 21.2 % y 27.9 %, carbohidratos 52 g 100 g^{-1}, hierro 6.8 mg 100 g^{-1}, manganeso 4.1 mg-100 g ^{1} y fósforo 1.5 mg 100 g^{-1} (Araméndiz-Tatis *et al.,* 2016). Sin embargo, posiblemente los germinados de frijol tienen propiedades nutricionales superiores las del grano sin germinar.

En este contexto, podemos citar la información Dziki et al. (2015), quienes mencionan que los germinados de lenteja aportan carbohidratos, vitaminas y nutrimentos, además de un alto contenido de compuestos fitoquímicos como los polifenoles con alta capacidad antioxidante.

Entro los grupos de polifenoles se encuentran diferentes compuestos, como son: ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y taninos condensados con alto poder antioxidante (Paulsmeyer et al., 2017). Los germinados ricos en compuestos nutracéuticos pueden ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares como la obesidad, diabetes, colesterol y ciertos tipos de cáncer (próstata y colón), estabilizando radicales libres al ceder átomos de hidrógeno, lo que permite reducir el estrés oxidativo y actuar como un efecto protector sobre los componentes celulares (García-Reyes et al., 2022).

No obstante, el contenido de polifenoles en el grano y/o los germinados puede estar determinado por el color del grano, además de la constitución genética del genotipo y el ambiente de crecimiento (Uñate-Fraga et al., 2022). Por esta información, consideramos de relevancia generar información del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en germinados de frijol con diferentes pigmentaciones. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de fenoles totales y la capacidad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP) en germinados obtenidos de diferentes genotipos de frijol, clasificados como genotipo 1 (grano blanco), genotipo 2 (grano negro), genotipo 3 (grano pinto) y genotipo 4 (flor de mayo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Los granos de frijol fueron proporcionados por el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Granos y Semillas (CCDTS) de la UAAAN, e identificados como genotipo 1 (grano blanco), genotipo 2 (grano negro), genotipo 3 (grano pinto) y genotipo 4 (flor de mayo). Las características físicas del grano de cada genotipo se pueden observar en la Figura 1.



Figura 1. Genotipos de frijol utilizados para el estudio.

Siembra y condiciones para la germinación de semillas

Los granos de frijol se sembraron en hojas de papel Anchor humedecidas con agua destilada, enseguida se sembraron 25 semillas de cada genotipo de frijol, posteriormente se enrollaron en "forma de taco" y se colocaron aleatoriamente en una bolsa de polietileno transparente dentro de una canastilla, la cual se introdujo dentro de una cámara de germinación Lab-line Instruments a una temperatura de 25° C y 80 % de humedad. El crecimiento de los germinados se detuvo al cuarto día, y las estructuras del germinado (plúmula y radícula) fueron sometidas a secado a 50 °C por 48 h para eliminar el contenido de humedad y proceder a la extracción de compuestos antioxidantes.

Preparación de las muestras

Después del secado, las estructuras del germinado (plúmula y radícula) se molieron y tamizaron en un mortero hasta obtener partículas con tamaño <0,5 mm (malla estándar 35). Posteriormente, en la harina obtenida se llevó a cabo la extracción de compuestos antioxidantes.

Extracción de compuestos fenólicos

La extracción de polifenoles se realizó de acuerdo con Rodríguez-Salinas et al. (2020). Para ello, 200 mg de la harina obtenida para cada germinado fue suspendida con 3 mL de metanol al 80 %, se purgó durante 30 s con argón y se agitó durante 2 h a 200 rpm. Enseguida, las muestras se centrifugaron a 5750g (25 °C, 5 min) y el sobrenadante fue recuperado y almacenado a –20 °C hasta su análisis.

Cuantificación de fenoles totales

Los ensayos de fenólicos totales y de capacidad antioxidante se realizaron en un espectrofotómetro Thermo Spectronic BioMate3 (Rochester, NY, USA), de acuerdo con lo establecido por López-Contreras et al. (2015). Para la determinación del contenido de fenoles, se tomaron 0.2 mL de cada extracto y se agregaron 2.6 mL de agua destilada y 0.2 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de 5 min, se agregaron 2 mL de Na_2CO_3 al 7 % y la solución se agitó durante 30 s, para luego llevar la reacción en oscuridad por 90 min, posteriormente se midió la absorbancia de las muestras a 750 nm.

Capacidad antioxidante

Los ensayos de capacidad antioxidante para ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl) y FRAP (ferric reducing antioxidant power) se realizaron de acuerdo con Camposeco-Montejo *et al*. (2021). Los resultados fueron reportados en micromoles de Trolox (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) equivalentes por cien gramos de muestra (µmol TE/100 g), tomando como referencia la curva de calibración de Trolox (0 a 500 µmol/L).

Análisis estadístico

El experimento se sembró bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada genotipo (cada unidad experimental conformada por 25 semillas). Los resultados se analizaron en el paquete estadístico SPSS versión 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), con una prueba comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados se informaron como valores medios de tres repeticiones ± desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de fenoles totales

La concentración de Fenoles totales mostró valores que variaron de 680.19 a 882.28 mg GAE/100 g (Figura 2). La mayor concentración se presentó en el genotipo Gen 4 y Gen 3, con concentraciones de 882.28 y 758.75 mg GAE/100 g, mientras que la menor concentración se presentó en el genotipo Gen 1 con 680.19 mg GAE/100 g. En cuestión de porcentaje, el Gen 4 superó en 22.91% al Gen 1, esto sugiere una mayor concentración de compuestos antioxidantes.

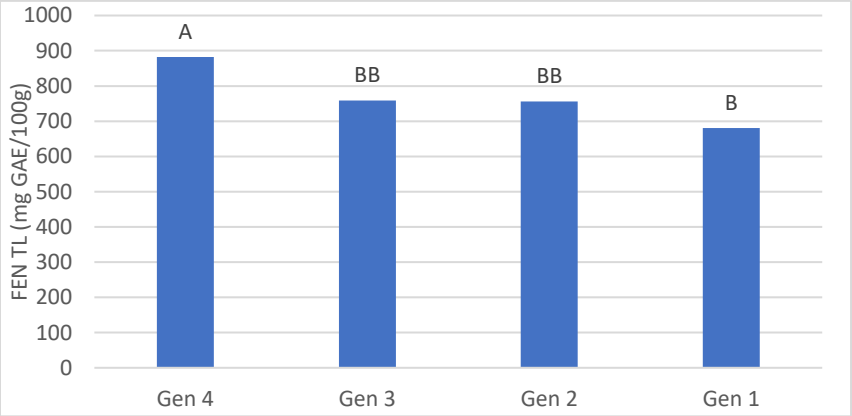


Figura 2. Concentración de fenoles totales en los germinados de los diferentes genotipos (Gen) de frijol.

Capacidad antioxidante por DPPH

Para la capacidad antioxidante en DPPH, se mostraron valores que varían entre 1126 a 1512.1 µmol TE/100 g (Figura 3), la mayor concentración se presentó en el genotipo Gen 3 con una concentración de 1512.1 µmol TE/100 g, mientras que la menor concentración se dio en el genotipo Gen 2 con 1126 µmol TE/100 g. Sin embargo, a pesar de que se

presentan diferencias numéricas, la capacidad medida por DPPH fue estadísticamente igual entre los germinados de los diferentes genotipos de frijol.

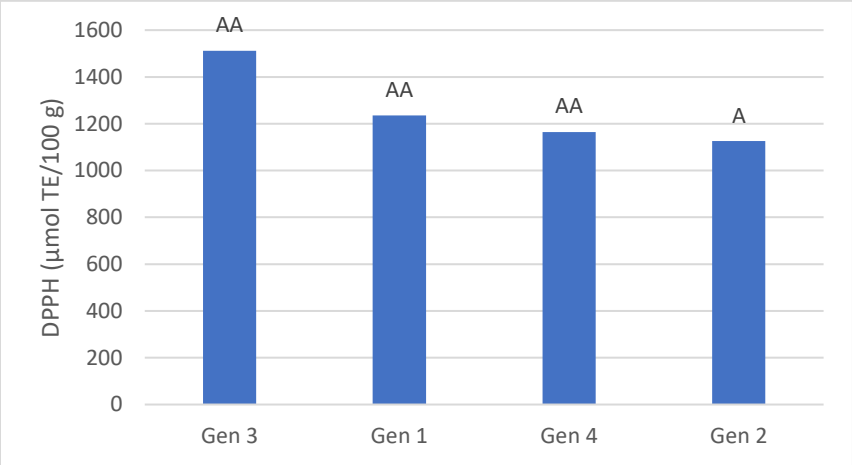


Figura 3. Capacidad antioxidante por DPPH en germinados obtenidos de diferentes genotipos de frijol.

Capacidad antioxidante por ABTS

Para la capacidad antioxidante medida por ABTS, se obtuvieron valores con rango de 2793.8 a 4371.3 µmol TE/100 g (Figura 4). Extrañamente, la mayor capacidad antioxidante se presentó en los genotipos Gen 1 y Gen 4 con 4371.3 y 3682.8 µmol TE/100 g. La menor capacidad antioxidante se presentó en Gen 3 con 2793.8 µmol TE/100 g. Esto indica que Gen 1 y Gen 4 posiblemente tengan una mayor capacidad de ceder átomos de hidrógeno y compuestos liposolubles que pueden identificarse en la prueba ABTS (Figura 3), mientras que Gen 3 tiene mayor disponibilidad de compuestos hidrosolubles fácil de detectar en la prueba DPPH (Figura 3).

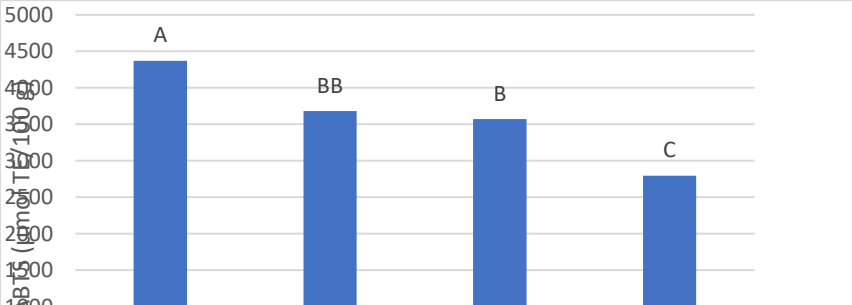


Figura 4. Capacidad antioxidante por ABTS en germinados obtenidos de diferentes genotipos de frijol.

Capacidad antioxidante por FRAP

Para la capacidad antioxidante por FRAP se mostraron valores de 4205.83 a 4954.42 µmol TE/100 g (Figura 5). La mayor capacidad antioxidante se presentó en los germinados de Gen 1 con 4954.42 µmol TE/100 g, mientras que la menor capacidad se encontró en genotipo Gen 3 con 4205.83 µmol TE/100 g.

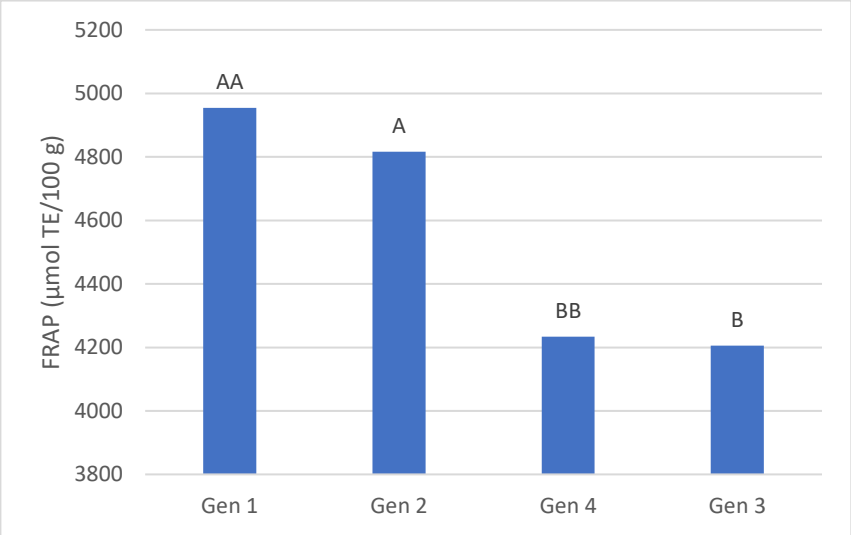


Figura 5. Capacidad antioxidante por FRAP en germinados obtenidos de diferentes genotipos de frijol.

Estudios realizados, han documentado el incremento del contenido de compuestos fenólicos y de la actividad antioxidante en leguminosas y cereales germinados (Khang et al., 2016; Vilcanqui-Pérez et al., 2021). Por ejemplo, en estudios realizados en basul, la semilla sin germinar tenía una concentración de 241,49 mg AGE/100g m.s., mientras que el germinado obtuvo una concentración de 267,15 mg AGE/100g, esto representó un

incremento del 9.6 % en la concentración de compuestos bioactivos (Vilcanqui-Pérez et al., 2021). Otro estudio,

señalan un en el contenido de polifenoles en semillas germinadas; por ejemplo, el frijol germinado por cinco días, tuvo un aproximado de 5 a 5,5 veces más de fenoles solubles respecto a la semilla no germinada (Gan et al., 2017).

Durante el proceso de germinación, es importante considerar el efecto que tienen las propiedades funcionales, como la solubilidad que impacta en la capacidad emulsificante, formación de la espuma y gelificación (Hernández-Aguilar et al., 2020). El incremento observado, posiblemente se deba a que conforme transcurre el proceso de germinado, se desarrollan nuevas células vegetales con nuevas paredes celulares y concomitantemente la síntesis de los compuestos fenólicos solubles y su unión en la pared celular; es decir, procesos dinámicos de liberación y conjugación de fenoles (Vilcanqui-Pérez *et al.,* 2021).

CONCLUSIONES

Los resultados indican una amplia variabilidad en el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante entre los germinados obtenidos de los diferentes genotipos de frijol. El Gen 3 tiene mayor capacidad antioxidante para la estabilidad del radical DPPH, mientras Gen 1 y Gen 4 mayor asociación al ABTS, esto indica una variabilidad de compuestos liposolubles e hidrosolubles en los extractos de fenólicos obtenidos para cada uno de los extractos derivados de los germinado.

REFERENCIAS

Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C. E., y Combatt-Caballero, E. M. 2016. Contenido nutricional de líneas de fríjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seleccionadas de una población criolla. *Información tecnológica*, *27*(2), 53-60.

Camposeco-Montejo, N., Flores-Naveda, A., Ruiz-Torres, N., Álvarez-Vázquez, P., Niño-Medina, G., Ruelas-Chacón, X., and García-López, J.I. 2021. Agronomic performance, capsaicinoids, polyphenols and antioxidant capacity in genotypes of habanero pepper grown in the southeast of Coahuila, Mexico. *Horticulturae*, *7*(10), 372.

Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Kordowska-Wiater, M., and Domań-Pytka, M. 2015. Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts. *Journal of Chemistry*, *2015*.

Fernández Valenciano, A. F., y Sánchez Chávez, E. 2017. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova scientia*, *9*(18), 133-148.

Gan, R. Y., Lui, W. Y., Wu, K., Chan, C. L., Dai, S. H., Sui, Z. Q., and Corke, H. 2017. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, *59*, 1-14.

García Reyes, E., Flores Naveda, A., Ruiz Torres, N., Camposeco Montejo, N., Ramírez Barrón, S. N., and García López, J. I. 2022. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado). *REPOSITORIO NACIONAL CONACYT*.

Hernandez-Aguilar, C., Dominguez-Pacheco, A., Palma Tenango, M., Valderrama-Bravo, C., Soto Hernández, M., Cruz-Orea, A., and Ordonez-Miranda, J. 2020. Lentil sprouts: A nutraceutical alternative for the elaboration of bread. *Journal of food science and technology*, *57*(5), 1817-1829.

Khang, D. T., Dung, T. N., Elzaawely, A. A., and Xuan, T. D. 2016. Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods*, *5*(2), 27.

Lopez-Contreras, J. J., Zavala-Garcia, F., Urias-Orona, V., Martinez-Avila, G. C. G., Rojas, R., and Guillermo, N. M. 2015. Chromatic, phenolic and antioxidant properties of Sorghum bicolor genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *43*(2), 366-370.

Paulsmeyer, M., Chatham, L., Becker, T., West, M., West, L., and Juvik, J. 2017. Survey of anthocyanin composition and concentration in diverse maize germplasms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(21), 4341-4350.

Rodriguez-Salinas, P. A., Zavala-Garcia, F., Urias-Orona, V., Muy-Rangel, D., Heredia, J. B., & Nino-Medina, G. 2020. Chromatic, nutritional and nutraceutical properties of pigmented native maize (*Zea mays* L.) genotypes from the northeast of Mexico. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *45*, 95-112.

Unate-Fraga, S., GarcíA-López, J.I., Flores-Naveda, A., Norma, R. T., Ramirez-Barron, S., Hernandez-Juarez, A., and Tafolla-Arellano, J.C. 2022. Grain yield, nutritional,

polyphenols and antioxidant capacity in accessions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *50*(1), 12637-12637.

Vilcanqui-Pérez, F., Chaquilla-Quilca, G., Sarmiento-Casavilca, V. H., Céspedes-Orosco, C. N., Ventura-Saldívar, Y., y Cortés-Avendaño, P. 2021. Efecto del germinado sobre las características nutricionales, propiedades bioactivas y funcionales de basul (Erythrina edulis). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

ADAPTABILIDAD DEL GERMOPLASMA CRIOLLO Y MEJORADO DE FRIJOL COMÚN EN AMBIENTES CONTRASTANTES DEL ALTIPLANO DE MÉXICO

Rigoberto Rosales-Serna[1], Saúl Santana-Espinoza[2] y Donaji Sierra Zurita[1*]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdéz 1200 Pte. Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. *e-mail: sierra.donaji@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante en el Norte de México, donde es posible encontrar variedades con diferente grado de evolución de esta especie. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad de variedades criollas y mejoradas de frijol cultivadas en ambientes contrastantes. Se utilizaron cuatro variedades criollas y cuatro mejoradas de frijol, para establecer un experimento en dos sitios de temporal (secano) y dos en riego. La siembra se realizó entre el 01 de julio y 02 de agosto, con una parcela útil que consistió de 2 surcos, con 5 m de longitud y 0.81 m de separación. En dos sitios se aplicó riego de auxilio, para evitar el estrés hídrico severo en las plantas de frijol. Se fertilizó con la dosis 35-50-00 (N-P_2O_5-K_2O) en riego, 25-35-00 en temporal y en un sitio se aplicó una fórmula comercial para frijol. El control de la maleza se realizó con dos labores culturales, aplicación de herbicida y deshierbes manuales. Se aplicó insecticida para el control de insectos plaga y se registró el número de días después de la siembra (DDS) a floración y madurez, reacción a enfermedades, rendimiento y peso de 100 semillas. Se obtuvo el análisis de varianza, en un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial y cinco repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) y se usó el modelo AMMI, para el estudio de la interacción genético-ambiental. El periodo a floración varió de 39 a 48 DDS y sobresalieron las variedades de grano pinto por su precocidad. Se observó presencia de antracnosis, principalmente en variedades criollas y ausencia de síntomas de roya en todas las variedades. En bacteriosis común, se registraron valores intermedios y generalizados, para todas las variedades, debido a la falta de diversidad genética. La mayoría de las variedades de frijol pinto, mostraron precocidad y valores intermedios para los días a madurez (89-94 DDS). Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ambientes (A) y variedades (V) para rendimiento y

se detectó significancia para la interacción A x V. Los resultados mostraron que hay sitios con efecto bajo para la interacción (A x V), los cuales son útiles para la selección de variedades con rendimiento alto y estable. El rendimiento promedio más alto, se registró en Durango= 2,378 kg ha^{-1}, que superó significativamente al resto de los ambientes evaluados. Las variedades con rendimiento promedio más alto, fueron Pinto Nacional (1,621 kg ha^{-1}) y PID 1 (1,497 kg ha^{-1}); mientras que, las más estables fueron Pinto Nacional y Pinto Saltillo, que resultaron menos influenciadas por el ambiente. El nivel más bajo de estabilidad para el rendimiento se registró en variedades liberadas recientemente (PID 1 y NOD 1), debido a su adaptación primaria en ambientes favorables. Todas las variedades redujeron el peso del grano, por el efecto de la siembra en los sitios de temporal, especialmente en Vicente Guerrero (promedio de 24.8 g/100 semillas). Se identificaron variedades de frijol estables en rendimiento, aunque no siempre mostraron productividad alta.

Palabras clave. Adaptabilidad, variedades, diversidad genética.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important legume in northern México, where it is possible to find landrace and improved varieties of this plant species. The objective was to evaluate the adaptability of landraces and improved common bean varieties grown in contrasting environments. Four landraces and four improved common bean varieties were used to establish an experiment in two rainfed and two irrigated sites. Planting was carried out between July 1th and August 2nd, including sampling plot that consisted of 2 rows, 5 m long and 0.81 m apart. In two sites, irrigation was applied to avoid severe water stress in common bean plants. Fertilizer was applied using the dose 35-50-00 (N-P_2O_5-K_2O) under irrigation, 25-35-00 in rainfed conditions and in one planting site a commercial formula for common beans was applied. Weed control was carried out with two mechanic weeding, herbicide application and manual weeding as needed. Insecticide was applied to control pest insects and data was recorded for the number of days after sowing (DAS) to flowering and physiological maturity, reaction to diseases, yield and 100 seeds weight. The analysis of variance was obtained, under a completely randomized design, with a factorial arrangement and five replications. The comparison of means was performed by using the Tukey test ($p \leq 0.05$) and the AMMI model was also included to study the genetic-environmental interaction. The number of days to flowering varied between 39 and 48 DAS,

and the pinto varieties were precocious. Anthracnose presence was observed, mainly in landrace varieties and absence of rust symptoms were detected in all the cultivars. For common bacterial blight (CBB), intermediate and generalized values were registered, for all the varieties, due to the lack of genetic diversity. Most of the pinto common bean varieties showed early to intermediate maturing values (89-94 DAS). Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between environments (E) and varieties (V) for yield and significance was detected for the E x V interaction. The results showed that there are sites with low effect for the interaction (E x V), which are useful for the selection of common bean varieties with high and stable yield. The highest yield average was recorded in Durango= 2,378 kg ha^{-1}, which significantly exceeded the rest of the evaluated environments. The varieties with the highest average yield were Pinto Nacional (1,621 kg ha^{-1}) and PID 1 (1,497 kg ha^{-1}); while the most stable cultivars were Pinto Nacional and Pinto Saltillo, resulting the less influenced by the environment. The lowest level of stability for seed yield was recorded in recently released varieties (PID 1 and NOD 1), due to their primary adaptation under favorable environments. All the varieties reduced the weight of the grain, due to the effect of sowing in rainfed sites, especially in Vicente Guerrero (average value of 24.8 g/100 seeds). Stable yield in some common bean varieties were observed, although they did not always show high seed productivity.

Key words. Adaptability, varieties, genetic diversity.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante que se cultiva en el Altiplano Semiárido del Norte de México. En esa región, el estado de Durango se considera uno de los centros de diversidad genética más importantes para el cultivo de frijol, en el que se incluyen diversas clases comerciales como son: pinto, bayo, ojo de cabra y otros tipos de grano. Se ha establecido que múltiples variedades criollas fueron desplazadas por las mejoradas que se desarrollaron en la región; sin embargo, algunas clases comerciales muestran persistencia a través de localidades y años debido a su adaptabilidad y preferencia de los productores (Santana *et al*., 2022). Las variedades criollas son consideradas por los agricultores y consumidores locales, como germoplasma sobresaliente, que muestra rendimiento alto en condiciones favorables y alcanzan a producir algo de rendimiento en condiciones severas de estrés hídrico. Los consumidores consideran que el grano de las variedades criollas tiene sabor agradable y caldo espeso,

en comparación con algunas mejoradas, que luego de la cocción muestran caldo demasiado claro. Además, durante años, se ha analizado el beneficio de contar con variedades de frijol que muestren rendimiento alto en un sitio específico, o bien que muestren productividad alta en sitios múltiples de cultivo, conocida como adaptabilidad amplia.

El uso y conservación de la diversidad genética son actividades importantes en frijol común, que es un cultivo fundamental para la economía, nutrición y salud en México. En 2022, se dio continuidad al estudio del germoplasma criollo de frijol (Santana *et al*., 2022) y se observó persistencia de las variedades tradicionales, que muestran adaptación en condiciones variables de temperatura y disponibilidad hídrica. La mayoría de dichas variedades de frijol común, que muestran adaptabilidad amplia en ambientes variables, provienen de la raza Durango (Singh *et al*., 1991). Por ello, se han realizado actividades de colecta, caracterización, uso y conservación de germoplasma criollo y mejorado de frijol común en diferentes regiones de México (Rosales *et al*., 2004; Gill *et al*., 2014; Santana *et al*., 2022). Además, se hicieron algunos estudios en poblaciones silvestres y formas intermedias de frijol, para evaluar algunas características de interés en el mejoramiento genético de la especie (Acosta *et al*., 1992). A pesar de lo anterior, se carece de estudios sistemáticos que analicen el efecto de la deriva genética y flujo de genes en el complejo poblacional del frijol común, hacia las formas cultivadas y evaluar también, la posibilidad de ocurrencia de eventos regresivos.

En la actualidad se está experimentando el fenómeno del calentamiento global, también conocido como cambio climático, lo que generó la necesidad de desarrollar tecnología para hacer frente a los problemas de sostenibilidad observados en la producción agropecuaria y forestal. También, se han establecido diferentes escenarios, con base en los cuales se estiman las condiciones agrometeorológicas a las que será sometido el germoplasma criollo y mejorado de frijol común en el futuro, en cada una de las áreas productoras de esta leguminosa. Se supone que el germoplasma de frijol común, perteneciente al complejo poblacional de la raza Durango, contiene una proporción alta de genes, alelos y regiones genómicas que confieren adaptación a condiciones de estrés ambiental, tanto hídrico como térmico.

En la actualidad se desconoce la importancia que tiene la diversidad genética contenida en las variedades criollas de frijol común, que son cultivadas en diferentes áreas del Altiplano Semiárido de México. La presión ejercida por el mercado, en relación con la uniformidad y calidad comercial del grano, han diezmado las poblaciones heterogéneas-heterocigotas contenidas en las variedades criollas del frijol común. Dichas variedades han evolucionado en condiciones climáticas adversas, por lo que han acumulado genes que confieren adaptación a temperaturas altas y disponibilidad limitada de humedad. En contraste, una proporción baja de las variedades mejoradas de frijol muestran niveles intermedios (Pinto Saltillo) a altos (Pinto Villa) de tolerancia y mecanismos de escape a factores adversos de humedad y temperatura (Rosales *et al*., 2004). El objetivo fue evaluar la adaptabilidad de variedades criollas y mejoradas de frijol común cultivadas en ambientes contrastantes de humedad en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cuatro variedades criollas y cuatro mejoradas de frijol, para establecer un experimento en cuatro sitios del estado de Durango. Dos de los sitios se ubicaron en áreas de temporal (secano) y los otros dos se establecieron en condiciones de riego. La semilla de las variedades criollas fue obtenida durante viajes de colecta, desarrollados en 2022, en varios pueblos y mercados locales situados en la región de Los Llanos de Durango (Santana *et al*., 2022). La semilla recolectada se limpió manualmente, para depurar el germoplasma criollo con base en las características distintivas de cada una de las variedades. Se establecieron parcelas semicomerciales de 1 ha, en cuatro municipios del estado de Durango: Canatlán (La Soledad), Durango (Durango), Guadalupe Victoria (Santa Catalina de Siena) y Vicente Guerrero (Vicente Guerrero). La siembra se realizó 01 de julio en Durango, 08 de julio en Santa Catalina, 02 de agosto en La Soledad y 15 de agosto en Vicente Guerrero.

Las parcelas experimentales consistieron de 8 a 25 surcos, con 100 m de longitud y 0.81 m de separación, las cuales se manejaron con un diseño completamente aleatorio y cinco repeticiones. Las prácticas agronómicas se aplicaron con base en el criterio de los productores cooperantes, complementado con las recomendaciones técnicas del INIFAP (INIFAP, 2017). En dos sitios (Durango y Santa Catalina de Siena) se aplicó un riego de auxilio, para evitar el estrés hídrico severo en las plantas de frijol. Se fertilizó con la dosis 35-50-00 (N-P_2O_5-K_2O) en riego y 25-35-00 en temporal, según el sitio; mientras que, en Santa Catalina de Siena se aplicó una fórmula comercial preparada especialmente para

frijol (Mezcla Diamante®). El control de la maleza se realizó con dos labores culturales, una aplicación de herbicida (fomesafen, en Durango, Dgo.) y de uno a dos deshierbes manuales, según se requirió en cada sitio. En algunos sitios, como Durango y La Soledad, se aplicó insecticida de una a cuatro ocasiones para el control de la conchuela (*Epilachna varivestis*) y picudo del ejote (*Apion* spp.).

Variables evaluadas. En la mayoría de los sitios se evaluó el número de días a floración, reacción a enfermedades, días a madurez fisiológica, rendimiento y peso de 100 semillas. Los días a floración y madurez fisiológica (CIAT, 1987) fueron contabilizados en días después de la siembra (DDS). Cuando las variedades de frijol llegaron a la etapa fenológica de llenado de grano (R_8), se evaluó la reacción a las enfermedades que mostraron incidencia mayor en Durango, como son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*) y tizón común [*Xanthomonas axonopodis* (syn. *campestris*) pv. *phaseoli*]. En la evaluación se utilizó la escala que va de 1 a 9, propuesta por el CIAT, (1987). En dicha escala, las variedades de frijol que se ubican en las categorías de 1 a 3 son consideradas como resistentes, 4 a 6 intermedias y entre 7 y 9 son susceptibles a los microorganismos patógenos.

Después de la madurez, se determinó el rendimiento y peso de 100 semillas en cada una de las variedades evaluadas. La parcela útil constó de dos surcos de 5 m separados 0.81 m (8.1 m^2), con cinco repeticiones. Las plantas cosechadas manualmente se secaron al sol, se trillaron mecánicamente y después, se limpió el grano con tamiz y sopladora eléctrica para la eliminación de impurezas. El grano limpio que se obtuvo, en cada parcela, se pesó en una balanza digital con precisión de 0.1 g, para la estimación del rendimiento (kg ha^{-1}). El peso de 100 semillas (g) se determinó en cada una de las muestras obtenidas en campo, mediante la obtención de una sub-muestra aleatoria de cien granos, enteros y bien desarrollados.

Análisis estadístico. Los datos de campo fueron utilizados en el análisis de varianza (ANOVA), el cual se obtuvo en un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial (ambiente y variedad) y cinco repeticiones. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el programa informático SAS ver. 9.4® para realizar el análisis de varianza y comparación de medias, así como en el análisis de adaptabilidad y estabilidad de rendimiento. Se utilizó el modelo AMMI para el estudio de la

interacción genético (V) - ambiental (A) (V x A) y con ello, identificar germoplasma que mostrara adaptación en un ambiente específico o bien, con rendimiento estable entre ambientes de cultivo (Kahn *et al*., 2021), lo cual se conoce como adaptabilidad amplia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad Pinto Nacional mostró precocidad a floración y madurez, aunque registró síntomas dudosos (2) de antracnosis, ausentes de roya y generalizados (6) de bacteriosis común (CIAT, 1987) (Cuadro 1). El estudio de todas las variedades, mostró que los días a floración variaron entre 39 y 48 días, sobresaliendo las de grano pinto por su precocidad (39 a 45); mientras que los materiales relacionados con la raza Jalisco (Canario, Querétaro y Negro San Luis) y Mesoamérica (NOD 1) resultaron más tardías. Se ha demostrado que el germoplasma de la raza Durango (pintos y bayos) tienen como características principales, precocidad y capacidad para modificar la fecha de floración y madurez, en respuesta a la fecha de siembra y a los patrones de lluvia y temperatura (Rosales *et al*., 2001). Se observó ausencia de síntomas para roya, debido a la reducción en la incidencia del patógeno, como resultado de los factores agrometeorológicos registrados en 2022 y la inclusión de genes que confieren resistencia a este hongo fitopatógeno. En el caso de la bacteriosis común, se registraron valores de intermedios a generalizados, en variedades criollas y mejoradas, debido a la falta de diversidad genética para este carácter en frijol común.

Cuadro 1. Valores promedio para características evaluadas en variedades de frijol cultivadas en cuatro ambientes del estado de Durango.

Variedad	[1]DF	A	R	B	DMF	Rendimiento kg ha^{-1}	Peso de 100 Semillas (g)
Pinto Nacional	39	2	1	6	89	1,621^{a}	30.2
PID 1	42	2	1	6	93	1,497^{ab}	30.5
Querétaro	48	2	1	6	99	1,410^{ab}	22.6
PT14053	45	1	1	5	101	1,367^{ab}	30.7
Negro San Luis	46	1	1	6	100	1,320^{ab}	31.5
NOD 1	48	1	1	6	101	1,262^{ab}	19.8
Pinto Saltillo	41	1	1	6	94	1,209^{b}	28.6
Canario	47	3	1	6	99	1,146^{bc}	26.4

Durango	50	2	1	5	103	2,378[a]	29.7
La Soledad	41	1	1	6	92	1,469[b]	28.3
Santa Catalina	49	1	1	6	97	1,038[bc]	27.6
Vicente Guerrero	37	2	1	6	--	530[c]	24.8

[1]DF= días a floración, A= antracnosis, R= roya, B= bacteriosis y DMF= días a madurez fisiológica. [a-c]Letras diferentes en la columna denota diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

La mayoría de las variedades, criollas y mejoradas de frijol pinto, mostraron precocidad y valores intermedios para el número de días a madurez. Las variedades de la raza Jalisco (Negro San Luis, Querétaro, Canario) y Mesoamérica (NOD 1) mostraron ciclo biológico intermedio a tardío, con días a madurez entre 99 a 101 DDS, debido a que sus ancestros provienen de sitios con niveles altos de precipitación y temperatura y algunos son neutrales en su respuesta al fotoperiodo. La línea PT14053, a pesar de tener grano pinto, mostró madurez tardía debido a que entre sus progenitores se incluyó germoplasma de origen tropical (Pinto Claro), tardío y neutral al fotoperiodo.

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ambientes (A) y variedades (V) para rendimiento de grano (Cuadros 1 y 2). También, se detectó importancia para la interacción A x V debido a los efectos genéticos relacionados con el rendimiento de semilla y su dependencia del ambiente. Los resultados mostraron que, los sitios de Durango y Santa Catalina presentaron efecto bajo para la interacción A x V, por lo que se asegura el comportamiento alto de todas las variedades evaluadas, en especial de la línea mejorada PT14053 (Figura 1). Ambos sitios podrían considerarse para la selección de variedades de rendimiento alto y estable en condiciones ambientales favorables. En La Soledad se registró un nivel alto de interacción A x V relacionado con el retraso en la siembra, temperatura baja al final de ciclo de cultivo y las modificaciones en la respuesta del rendimiento en algunas variedades, al compararlos con otras variedades y ambientes.

El rendimiento más alto, por sitio de siembra, se registró en Durango= 2,378 kg ha^{-1}, que superó significativamente al resto de los ambientes evaluados, como La Soledad = 1,469 kg/ha, Santa Catalina de Siena = 1,038 kg ha^{-1} y Vicente Guerrero = 530 kg ha^{-1} (Cuadro 1). El sitio establecido en Durango, resultó favorable debido a la realización oportuna de las actividades culturales, disponibilidad de agua de riego y mejoramiento constante de las propiedades del suelo, mediante la incorporación de materia orgánica. Las variedades que

mostraron rendimiento más alto, derivado de todos los ambientes, fueron Pinto Nacional (1,621 kg ha^{-1}) y PID 1 (1,497 kg ha^{-1}). La mayoría de las variedades evaluadas mostraron rendimiento estadísticamente igual y únicamente Pinto Saltillo y Canario, resultaron estadísticamente inferiores.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable rendimiento de grano evaluado en variedades criollas de frijol cultivadas en cuatro sitios de Durango, 2022.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Rendimiento t ha^{-1}
Ambientes (A)	3	24.5**
Variedad (V)	7	0.5**
A * V	21	0.6**
Error	128	0.04
Promedio		1.4
Coeficiente de Variación (%)		15.2

**Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

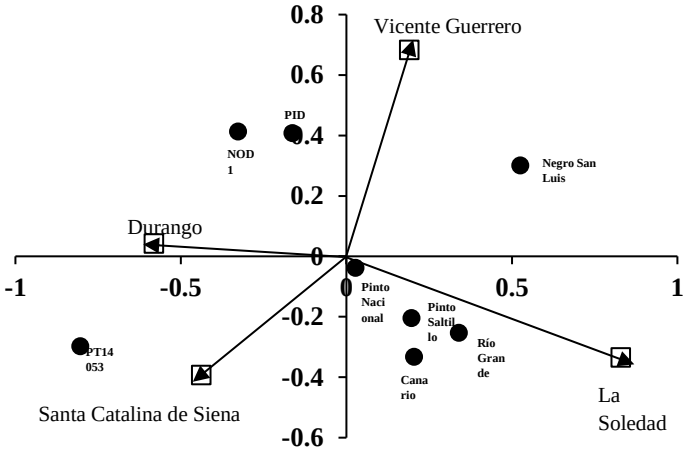


Figura 1. Contribución del ambiente y variedad en la interacción representada por el uso de dos componentes del modelo AMMI de rendimiento de germoplasma criollo y mejorado de frijol común cultivado en ambientes contrastantes de humedad y temperatura.

La variedad de frijol más estable a través de ambientes de cultivo fue Pinto Nacional (criollo), la cual fue seguida por Pinto Saltillo (mejorado) y ambos resultaron menos

influenciados por el ambiente, por lo que mostraron adaptación en todos los sitios, especialmente en La Soledad y Santa Catalina de Siena. Otros cultivares que mostraron estabilidad intermedia de rendimiento fueron Querétaro y Canario, con respuesta sobresaliente en La Soledad y Santa Catalina de Siena. El nivel más bajo de estabilidad para el rendimiento se registró en las variedades liberadas recientemente para siembras comerciales de frijol, tales como: PID 1 y NOD 1, debido a su adaptación primaria en el ambiente específico de desarrollo (Durango) y falta de acumulación-activación de alelos favorables para la adaptación en condiciones limitantes de humedad y temperatura, registradas en la región de Los Llanos de Durango. La línea mejorada PT14053, mostró respuesta similar aunque se ubicó en PC1 negativo debido a que ha tenido un nivel bajo de exposición en condiciones variables de temperatura y humedad. Negro San Luis también registró valores bajos de estabilidad de rendimiento, aunque presentó PC1 positivo, lo que se relacionó con la adaptación intermedia y favorable en todos los ambientes, principalmente en La Soledad y Vicente Guerrero.

Se observó que los ambientes de temporal favorecieron la diferenciación de la respuesta de los materiales de frijol evaluados en el presente estudio, de esa forma, sobresalieron las variedades criollas de la raza Durango, las cuales poseen genes relacionados con la adaptación en condiciones de estrés de humedad y temperatura. A pesar de lo anterior, todas las variedades redujeron el peso del grano, por el efecto de la siembra en condiciones de temporal; por ejemplo, en la variedad Pinto Nacional el peso promedio del grano disminuyó de 35.0 (Rosales *et al*., 2004) a 30.2 g/100 semillas. El peso de la semilla se redujo considerablemente como resultado de los efectos del estrés hídrico, por lo que se registró en forma más marcada en sitios de temporal y siembras tardías, como fue el caso de Vicente Guerrero (24.8 g/100 semillas), donde se registró el nivel más bajo para esta variable.

CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo de frijol con variedades locales y cultivares mejorados estuvo influenciado fuertemente por el ambiente (A), variedades (V) y la interacción A x V. Se detectaron variedades de frijol común que mostraron estabilidad del rendimiento, tanto en germoplasma criollo (Pinto Nacional) como en los cultivares mejorados (Pinto Saltillo), aunque no siempre obtuvieron el rendimiento más alto. La variedad mejorada de frijol común PID 1 registró estabilidad baja para la variable rendimiento, pero también mostró nivel alto de productividad y calidad del grano.

REFERENCIAS

Acosta G., J. A., R. Rosales S., and R. Garza G. 1992. Resistance to the pod weevil in wild *Phaseolus vulgaris*. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative (BIC) 35: 103-104.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. A. van Schoonhoven; M. Pastor-Corrales. (comps). Cali, Colombia. 56 p.

Kahn, M. H., M. Y. Rafii, S. I. Ramlee, M. Jusoh, and Md. A. Mamun. 2021. AMMI and GGE biplot analysis for yield performance and stability assessment of selected Bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.) genotypes under the multi-environmental trials (METs). Sci. Rep. 11: 22791.

Gill L., H. R., R. Rosales S., S. Hernández D., and N. Mayek P. 2014. Morphological and molecular characterization of common bean landraces cultivated in the semi-arid Mexican high plateau. Bol. Soc. Argent. Bot. 49(4): 525-540.

Rosales S., R., R. Ochoa M., y J. A. Acosta G. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Agrociencia 35(5):513-523.

Rosales S., R., J. A. Acosta G., J. S. Muruaga M., J. M. Hernández C., G. Esquivel E. y P. Pérez H. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico 6. Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Chapingo, Edo. de México. 148 p.

Santana E., S., D. Sierra Z., R. Rosales S., y J. C. Ríos S. 2022. Caracterización genética y productiva de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango, México. AGROFAZ-Journal of Environmental and Agroecological Sciences 4: 12-19.

ADAPTACIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L. Var. Biloxi) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Hidalgo-Ramos Dreyli Maygualida[1], Cadena-Cadena Francisco [1], Martínez-García Leticia Isabel[1], Barrera-Cornejo Joanna[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611, Bácum, Sonora, México. C. P. 85275.
dmaygualida.ramos@itvy.edu.mx

RESUMEN

México ocupa el cuarto lugar en la producción de arándanos a nivel mundial y su producción está integrada principalmente por variedades de arándanos rojos y azules. El objetivo de esta investigación fue evaluar la adaptabilidad del cultivo de arándano en el Valle del Yaqui. El proyecto se desarrolló en terrenos del campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Sonora, en el ciclo otoño – invierno 2022 – 2023. La planta fue establecida en sustrato de fibra de coco en macetas de 27 litros. Las variables fisicoquímicas de fruto evaluadas fueron: contenido de proteínas, pH del fruto, peso de fruto, grasas y cenizas, los valores obtenidos fueron comparadas con fruto provenientes de la región de Zamora Michoacán establecido bajo las mismas condiciones del cultivo y dosis de fertilización, diferenciándose únicamente en las condiciones climáticas. Se encontró diferencia significativa en tamaño de fruto y cenizas. Los frutos de mayor tamaño se encontraron en el Valle del Yaqui. No se encontró diferencia significativa en las variables de pH, proteínas y grasas.

Palabras clave: Arándano, Biloxi, Proteínas.

ABSTRACT

Mexico ranks fourth in the world in blueberry production and its production is made up mainly of red and blue blueberry varieties. The objective of this research was to evaluate the adaptability of blueberry cultivation in the Yaqui Valley. The project was developed on the grounds of the experimental field of the Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, Sonora, in the autumn-winter 2022-2023 cycle. The plant was established in coconut fiber substrate in 27-liter pots. The physicochemical variables of the fruit evaluated were: protein content, fruit pH, fruit weight, fat and ash. The values obtained were compared with

fruit from the Zamora Michoacán region established under the same crop conditions and fertilization doses. Differing only in climatic conditions. A significant difference was found in fruit size and ashes. The largest fruits were found in the Yaqui Valley. No significant difference was found in the variables of pH, proteins and fats.

Keywords: Blueberry, Biloxi, Proteins.

INTRODUCCIÒN

El fruto arándano es una de las especies de reciente introducción en la cadena agroalimentaria en México, su producción y consumo se remonta a 1996, y en la última década ha tenido un crecimiento de más de 800% en su producción, debido entre otros factores a la demanda del producto en Europa, Asia y Norte América (Cruz, 2018). Este incremento de producción en México se debe a que Estados Unidos de América es el principal productor y consumidor a nivel mundial (Rosas, 2016). El arándano es un fruto con alto índice de calidad nutricional y propiedades que aportan beneficios a la salud humana, el contenido y la composición de los compuestos bioactivos ayudan a reducir enfermedades degenerativas y cardiovasculares, por lo que cada día aumenta la demanda y consumo.(Hernández *et al.,* 2017).

México ocupa el cuarto lugar de producción de arándano a nivel mundial y su producción se integra de variedades de arándanos rojos y azules, principalmente (Pérez, 2018). De las entidades del país productoras de arándano, Jalisco y Michoacán destacan por generar el mayor volumen y valor de este cultivo (SIAP).

El arándano es un frutal arbustivo el cual es perteneciente a un grupo de especies del género de Vaccinium de la familia de las Ericáceas, es una planta recientemente domesticada. El establecimiento de dicho cultivo va en aumento ya que tiene una alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, esto se debe a los procesos de mejoramiento genético de diferentes especies, dando como resultado cultivares con altos, medios o bajos requerimientos de horas frío, posibilitando la implementación de cultivos en varias regiones del mundo (García *et al*., 2013). Las variedades de arándano se clasifican en tres grupos según el requerimiento de horas frio, cuando el requerimiento es mayor a 800 horas frío se considera alto, si el requerimiento se encuentra entre 400 y 600 horas frio se considera medio y si el requerimiento es menor a 400 horas frio se considera bajo (García, 2011).

El arándano a pesar de ser una especie adaptada de climas templados y fríos, la producción en México es posible porque algunas variedades como Biloxi tiene bajo requerimiento de

horas frío y se adaptan a la mayoría de los microclimas tropicales y subtropicales presentes (Salgado et al., 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar la adaptabilidad del cultivo arándano en el Valle del Yaqui.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto se desarrolló en terrenos del campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, localizado en el sur de Sonora (27° 41' 54" N, 110° 13' 03" O, altitud de 17 msnm). Los trabajos de investigación fueron realizados en el ciclo otoño – invierno 2022-2023. La variedad utilizada para la adaptación en el Valle del Yaqui fue Biloxi. La planta fue establecida en sustrato fibra de coco en macetas de 27 litros, colocadas sobre acolchado plástico negro en una separación de 90 cm entre plantas y una separación entre camas de 240 cm. Dentro del manejo agronómico se realizaron las podas para mantener un equilibrio entre crecimiento vegetativo y producción de fruta.

La nutrición se llevó a cabo por medio de fertirrigación con la dosis diaria que se presenta en el cuadro 1. El cultivo requiere de un sustrato acido, por esto el pH del sustrato se manejó en un rango 5 a 5.5. El contenido de sales se monitoreo con la medición de la conductividad eléctrica manteniéndola menor a 2 ds m^{-1}, en caso de presentar un valor de conductividad eléctrica mayor se realiza una corrección con la incorporación de ácido sulfúrico al agua de riego. El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y tres repeticiones, La unidad experimental fueron 15 plantas. Se cosecharon 50 frutos de arándanos en estado de madurez comercial por repetición y fueron trasladados al laboratorio para posteriormente ser analizados.

Las variables fisicoquímicas del fruto evaluadas fueron: determinación de proteínas por el método de Biuret, determinación de grasas por el método Goldfish, determinación de cenizas, peso del fruto por método gravimétrico del AOAC y pH del fruto. Estos valores fueron comparados con fruta colectada en la región de Zamora Michoacán, bajo las mismas condiciones del cultivo y dosis de fertilización, diferenciándose únicamente en las condiciones climáticas (Tratamiento 2).

Cuadro 1. Nutrición diaria del cultivo arándano variedad Biloxi.

Fertilizante	**Dosis diaria por planta**
Nitrato de Potasio	0.55 gr
Nitrato de amonio	0.70 gr
Fosfato mono Potasio	0.43 gr
Sulfato de Magnesio	0.25 gr
Tradecorp Az	0.15 gr
Tradecorp Ultraferro	0.07gr

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se aprecia la variación de temperatura de los dos tratamientos durante los meses del establecimiento del experimento (julio 2022 – mayo 2023). La temperatura máxima durante el periodo de evaluación en el Valle del Yaqui alcanza los 44 ºC, mientras que en la región de Zamora Michoacán se aprecia una temperatura máxima de 30 ºC. La temperatura mínima que se presentó el Valle del Yaqui fue de 1 ºC mientras que en la región de Zamora Michoacán se presentó una temperatura mínima de 8 ^{O}C. Respecto a la humedad relativa (figura 2) se registró en el Valle del Yaqui un valor mínimo en el mes de octubre del 2022 y en Zamora el valor más bajo se presentó en el mes de abril del 2023.

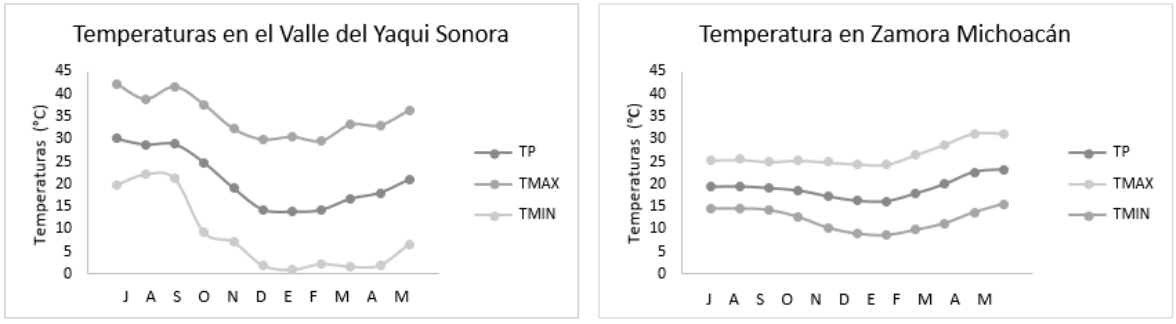


Figura 1. Temperaturas mensuales presentadas en los meses del establecimiento del experimento (julio 2022 – mayo 2023).

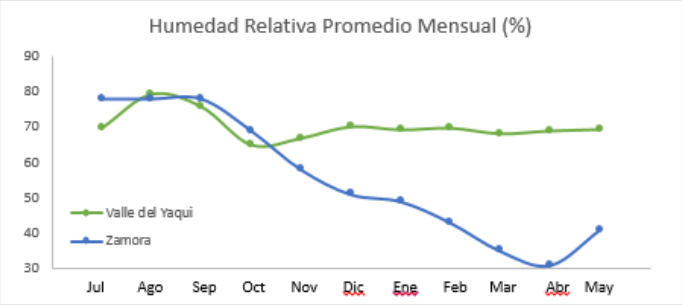


Figura 2. Humedad relativa promedio mensual presentadas en la región de Zamora Michoacán y el Valle del Yaqui Sonora de julio de 2022 a mayo de 2023.

Los resultados de las variables fisicoquímicas de fruto fueron sometidos a comparación de medias ($p \leq 0.05$) en donde nos indica que no existe diferencia significativa para proteínas y pH. La variable pH del fruto reportó valores de 3.2 para el tratamiento establecido en el Valle del Yaqui (Tratamiento 1) y 3.3 para el tratamiento establecido en la región de Zamora Michoacán (Tratamiento 2). Los valores obtenido en ambos tratamientos se encuentran dentro del intervalo optimo que es de 3.2 a 4 (Chiabrando, 2009). Esto indica que la región de establecimiento del cultivo no se relaciona con esta variable.

Se encontró diferencia significativa en el peso del fruto, el tratamiento 1 obtuvo un peso de 2.16 g y el tratamiento 2 obtuvo un peso de1.72 g. Estos resultado que coincide con lo reportado por Hernández et al., 2017. Ambos tratamientos se encuentran dentro del rango que obtuvieron Kim *et al.,* 2013 donde reporto valores de peso de fruto de 0.9g - 3.6g.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables fisicoquímicas del fruto arándano variedad Biloxi.

Variable	**Tratamiento 1**	**Tratamiento 2**
Proteínas	0.16a	0.15a
Grasas	0.63a	0.47a
Cenizas	1.3a	0.73b
Peso de fruto	2.16a	1.72b
pH	3.2a	3.3a

CONCLUSIONES

Las propiedades fisicoquímicas del fruto arándano no están relacionadas directamente con la región donde se establezca el cultivo, sin embargo es importante monitorear la evapotranspiración diaria del cultivo en los meses que se presentan altas temperaturas para cubrir la necesidad hídrica y así evitar estrés por falta de agua en la planta. La calidad del fruto se relaciona directamente con otros factores como la nutrición, la edad del arbusto y el estrés hídrico.

REFERENCIAS

AOAC 2012. Official methods of analysis of international. Association of Official Agricultural Chemists. William Horwitz and George W. Latimer editors. 19th edition. Gaithersburg, MD, USA.

Chiabrando, V., Giacalone, G., & Rolle, L. (2009). Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89(6), 989-992.

Cruz, O. A. P. (2018). Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. PORTES, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico, 12(23), 31 62.

García J. García G. y Ciordia, M.2013. Situación actual del cultivo de arándano en el mundo. En: Tecnología agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA. 12, 5-8.

García, R. J. C. 2011. El cultivo del arándano en Asturias. Tecnología agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA no. 9:13-20.

Hernández, I. H., Bautista, P. B., & Juárez, N. A. (2017). Evaluación de calidad del fruto de arándano (Vaccinium corymbosum l.) var. Biloxi, en dos regiones del estado de oaxaca. Universidad & ciencia, 6, 256-27.

Kim, J. G.; Kim, H. L.; Kim, S. J. y Park, K. 2013. Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Suwon, Korea. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology) 14(9):793-799.

Pérez Cruz, O. A. (2018). Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. Portes: Revista Mexicana de Estudios Sobre la Cuenca del Pacifico, 12(23).

Rosas, O.F. (2016). Perspectivas. Temporada mundial de los berrys, 2016-2017. R Counsulting Group. 4° Seminario de Berrys. Temuco, Chile.

Salgado, C.; Sánchez, P.; Volke, V. and Colinas, M. 2018. Respuesta agronómica de arándano (Vaccinium corymbosum L.) al estrés osmótico. Agrociencia. 52(2):231-239.

ADAPTACIÓN Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL

Rigoberto Rosales-Serna[1], Saúl Santana-Espinoza[2*] y Donaji Sierra-Zurita[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdéz 1200 Pte. Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. *e-mail: *santana.saul@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie cultivada con niveles altos de diversidad genética en México. El objetivo fue evaluar el rendimiento y diversidad genética en variedades criollas de frijol común colectadas en el Norte de México. En 2022, se colectaron 26 variedades criollas y cuatro mejoradas, para sembrarlas en un diseño experimental Látice Rectangular Duplicado (6 x 5). El experimento se estableció el 1 de Julio de 2022, en parcelas experimentales con dos surcos de 5 m de longitud y 0.81 m de separación (8.1 m^2). Se fertilizó en forma foliar en prefloración, con la mezcla de Bayfolan® 2 L ha^{-1} y FertigroP® 5 L ha^{-1}. El control de la maleza se logró con una labor cultural y una aplicación de herbicida (fomesafen). Se aplicó un riego de auxilio pare evitar estrés hídrico e insecticida en cuatro ocasiones, para el control de insectos plaga. Se evaluó el número de días después de la siembra (DDS) a floración y madurez fisiológica, reacción a enfermedades, rendimiento y peso de 100 semillas; así como, 55 atributos usados para la caracterización del frijol común. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA), componentes principales (ACP) y conglomerados. Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades para la mayoría de las variables evaluadas. La variedad Pinto mostró precocidad a floración, con 44 DDS; mientras que, la variedad criolla Flor de Mayo ½ Oreja resultó la más tardía (54 DDS). La mayoría de las variedades criollas mostraron síntomas de antracnosis, que afectaron el rendimiento y calidad del grano. Se observó ausencia de síntomas de roya a pesar de que algunas variedades criollas de grano pinto son susceptibles. En bacteriosis común, se observaron valores desde intermedios hasta intensos, debido a la susceptibilidad al patógeno, que mostraron la mayoría de las variedades. En las variedades criollas predominaron los ciclos biológicos de intermedios a tardíos, con 105 a 106 DDS para la

madurez fisiológica. El rendimiento más alto, lo obtuvo la variedad Querétaro (2,902 kg ha^{-1}), aunque resultó estadísticamente igual a la mayoría de las variedades evaluadas. El peso del grano, mostró fluctuación entre 24.9 g/100 semillas (Canario 22) y 48.7 g/100 semillas (Ojo de Pato), lo que influyó en la aceptación comercial de las variedades de peso bajo. El ACP requirió 22 componentes para alcanzar un nivel superior a 99% en la explicación de la varianza observada, para lo cual sobresalió el tipo (ST) y color principal de la semilla (SCP). Los atributos morfo-agronómicos mostraron polimorfismo y facilitaron el estudio de la diversidad genética del frijol común y son útiles en la selección de padres distantes genéticamente para cruzamientos dirigidos en frijol común. Las variedades criollas de frijol mostraron niveles altos de adaptación y tolerancia a patógenos, ya que, a pesar de la incidencia de enfermedades, su rendimiento fue alto. Las variedades criollas de frijol mostraron ciclos biológicos largos (tardíos), tolerancia a las enfermedades y rendimiento alto, aunque algunas tienen grano pequeño y de escaso valor comercial en el mercado mexicano.

Palabras clave. *Phaseolus vulgaris*, conservación, selección, rendimiento, mercado.

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a cultivated plant species with high levels of genetic diversity in México. The objective was to evaluate the yield and genetic diversity in common bean landrace cultivars collected in Northern México. In 2022, twenty-six common bean accessions and four improved cultivars were collected and planted in a Duplicate Rectangular Lattice (6 x 5) experimental design. The experiment was sown on July 1st, 2022, in experimental plots including two rows 5 m long and 0.81 m apart (8.1 m^2). Foliar fertilizer was applied at the pre-flowering stage, with a mixture of Bayfolan® 2 L ha^{-1} and FertigroP® 5 L ha^{-1}. Weed control was achieved with a cultural labor and an application of herbicide (fomesafen). Irrigation was applied once to avoid severe water stress in common bean plants and insecticide was also applied four times, to insect control. Evaluations were performed for the number of days after sowing (DAS) to flowering (DF) and physiological maturity (DPM), disease reaction, yield and weight of 100 seeds; as well as for 55 attributes used to characterize common bean germplasm. Data were analyzed using descriptive statistics, analysis of variance (ANOVA), principal component analysis (PCA) and cluster analysis. Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed among varieties for most

of the variables evaluated. The Pinto landrace variety showed early flowering, with 44 DAS; while the landrace variety Flor de Mayo ½ Oreja was the longest (54 DAS). Most of the landrace varieties showed symptoms of anthracnose, affecting the yield and quality of the grain. Absence of rust symptoms was observed despite the fact that some landraces of pinto grain are susceptible to this plant pathogen. Values from intermediate to intense were observed for common bacterial blight, due to the susceptibility to the pathogen in most of the varieties. In common bean landraces, intermediate to late growth cycles predominated, with 105 to 106 DAS to reach physiological maturity. The highest yield was observed in Querétaro variety (2,902 kg ha^{-1}), although statistically similar values were obtained in most of the varieties. Seed weight varied from 24.9 g/100 seeds (Canario 22) to 48.7 g/100 seeds (Ojo de Pato), influencing market acceptance of landrace cultivars showing lower grain size. The PCA required 22 components to reach a level greater than 99% in the explanation of the observed variance, where seed type (ST) and main color (SMC) resulted outstanding. Most of the evaluated morpho-agronomic attributes showed polymorphism and facilitated the study of the genetic diversity of the common bean germplasm, resulting also useful to select genetically distant parents, to increase efficiency in crossing blocks. The common bean landrace varieties showed high levels of adaptation and tolerance to pathogens, since despite the incidence of diseases, higher seed yield was also observed. The common bean landrace varieties showed full-length growing cycles, disease tolerance and high seed yield, although some showed small grains with low commercial value in the Mexican markets.

Key words. *Phaseolus vulgaris*, conservation, selection, yield, market.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies cultivadas de importancia mayor en el Altiplano Semiárido del Norte de México. El estado de Durango, es considerado uno de los centros más importantes de diversidad genética y domesticación del frijol común, incluyendo varias clases comerciales, como son: pinto (moteado de café), bayo (crema), blanquito y ojo de cabra (café rayado). También, se introdujeron en esta entidad varias clases comerciales, principalmente de la raza Jalisco (negro brillante, flor de mayo y flor de junio). En el periodo comprendido entre 2017 y 2021, se sembraron anualmente un promedio de 219 mil hectáreas con frijol y se produjeron anualmente 92 mil toneladas de grano (SIAP, 2022), con únicamente 2,329 ha cultivadas en condiciones de riego y el resto

se sembró en temporal (secano). Durante el mismo periodo, el rendimiento medio obtenido en temporal fue 430 kg ha^{-1}, mientras que en riego fue de 1,540 kg ha^{-1}.

El avance de la superficie sembrada con variedades mejoradas de frijol, como Pinto Villa y Pinto Saltillo, ha causado pérdida de diversidad de la especie en Durango. Cada vez es menos frecuente observar variedades criollas tradicionales, como es el caso de pinto nacional, negro bola (Negro San Luis), bayo rata, bayo blanco, canario (garbancillo), flor de mayo y ojo de cabra, que fueron cultivadas durante años por los productores de esta entidad. Los sitios donde se encuentran todavía estas variedades son los más alejados de las áreas principales de producción, denominadas como región de "Los Llanos de Durango" y "Llanos de Cabrera"; así como, los valles de Canatlán y Nombre de Dios. En dichas áreas, los productores aumentan y disminuyen la superficie de siembra, de algunas variedades como Negro San Luis, con base en la demanda de mercado y disponibilidad de semilla.

En la actualidad se cuenta con técnicas estadísticas eficientes en el agrupamiento de las variedades más cercanas genéticamente, con base en caracteres morfo-agronómicos. Entre esas técnicas se puede mencionar el análisis de componentes principales (ACP) y la construcción de dendrogramas con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean: Agrupamiento por promedios aritméticos no ponderados). Dichas técnicas han sido utilizadas, con éxito en estudios de diversidad genética, sin necesidad de efectuar procedimientos con marcadores moleculares, que se volvieron complejos y costosos, sin que se haya logrado, con su uso, la generación y liberación de germoplasma mejorado de frijol en el Altiplano Semiárido de México.

Los investigadores consideran que varios cultivares criollos han sido desplazados por las variedades mejoradas (principalmente Pinto Saltillo y Pinto Centauro), por lo que es necesario evaluar su persistencia y diversidad, para establecer la necesidad de fortalecer la actualización de los bancos de germoplasma nacionales (INIFAP-CNRG-Centro Nacional de Recursos Genéticos). El objetivo fue evaluar el rendimiento de semilla y diversidad genética en cultivares criollos de frijol común colectados en el estado de Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2022, se realizaron recorridos de en varias comunidades y mercados locales de varios municipios del estado de Durango (Santana *et al*., 2022). Se colectaron 26 accesiones de frijol criollo, con diferentes clases comerciales de grano, las cuales fueron evaluadas visualmente por personal especializado para descartar la presencia de las variedades más comunes en Durango tanto mejoradas (Pinto Saltillo, Pinto Villa y Pinto Centauro), como

criollas Negro San Luis. En dicho grupo de materiales se anexaron cuatro cultivares mejorados, considerados como testigos y se sembraron bajo un diseño experimental en Látice Rectangular (6 x 5) Duplicado, aunque debido a la ausencia de beneficios durante el análisis de varianza, se decidió realizar el análisis en el diseño de Bloques Completos al Azar.

El experimento de campo se sembró el 1 de julio de 2022 y la parcela experimental consistió de dos surcos de 5 m de longitud y 0.81 m de separación (8.1 m^2). La fertilización se realizó en prefloración (R_5) e incluyó la aspersión aérea (Dron) de fertilizante líquido, con la mezcla de Bayfolan® 2 L ha^{-1} y FertigroP® 5 L ha^{-1}. También, se realizó una labor cultural (escarda) y se aplicó herbicida (fomesafen) en una ocasión para el control de la maleza. Se aplicó un riego de auxilio para evitar un estrés hídrico grave en las plantas durante el periodo de floración (R_6). También, se aplicó insecticida (dimetoato o espinetoram) cuatro veces para controlar la conchuela o borreguillo (*Epilachna varivestis*) y picudo de la vaina (*Apion* spp.). Se evaluó el número de días a primera flor y madurez fisiológica (CIAT, 1987), los cuales se registraron como días después de la siembra (DDS). Además, se evaluó la respuesta a las enfermedades (antracnosis, roya y tizón común), rendimiento de grano y peso de 100 semillas. Los días a primera flor se registraron cuando más del 50% de las plantas de cada parcela mostraron una flor abierta; mientras que la madurez fisiológica se evaluó cuando la mayor parte de las plantas pasaron del color verde, en las hojas, al amarillo típico de la madurez fisiológica. La reacción a la incidencia natural de las enfermedades se evaluó con base en la escala de 1 a 9 (CIAT, 1987), la cual establece valores de tolerancia (1 a 3), intermedios (4 a 6) y susceptibles (7 a 9).

También, se evaluaron 55 atributos fenológicos, morfológicos y agronómicos, incluidos los de la guía de caracterización (SNICS, 2017). Se tomaron muestras de plantas consistentes de dos hileras de 4 m de largo y 0.81 m de ancho (6.48 m^2) para la determinación del rendimiento de grano. Además, se tomó una sub-muestra en el grano cosechado de cada parcela, para determinar el peso de 100 semillas (PCS, g). Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA), análisis de componentes principales (ACP) y estudio de conglomerados (cluster analysis). Los análisis se realizaron con los programas de cómputo SAS ver. 9.4 y R ver. 2.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades para todas las variables evaluadas (Cuadro 1). La variedad Pinto mostró precocidad a floración, con 44 días después de la siembra (DDS); mientras que, la variedad criolla Flor de Mayo ½ Oreja resultó la más tardía (54 DDS) y fue estadísticamente igual a la mayoría de las variedades, tanto criollas como mejoradas incluidas en el estudio. Se observó precocidad a floración en las variedades de frijol pinto y bayo, que pertenecen a la raza Durango, donde es común encontrar materiales de este tipo por su adaptación al ciclo de cultivo de temporal que tiene una duración máxima de 100 días, debido al periodo de lluvias (Julio-Septiembre) y la época libre de heladas.

La mayoría de las variedades criollas de frijol mostraron síntomas de antracnosis, la cual afecta el rendimiento y calidad del grano. Los síntomas variaron entre ausentes (1), hasta intermedios (5) y sobresalieron las variedades mejoradas Pinto Saltillo y Bayo Victoria; así como, las criollas borroso, flor de mayo y Flor de Mayo ½ Oreja que mostraron resistencia, sustentado con la ausencia de los síntomas de la enfermedad. Los resultados corroboraron, la resistencia que muestra el germoplasma mejorado de frijol a la antracnosis, debido a la incorporación de genes que confieren resistencia a una o varias cepas de dicha enfermedad. La resistencia registrada en algunas variedades pudo deberse al escape al ataque de la enfermedad, como fue el caso de Flor de Mayo ½ Oreja, que fue tardía a madurez (106 DDS) y esto permitió que el patógeno se presentara en la etapa vegetativa y el inicio de la reproductiva, cuando la planta presenta fortaleza mayor, en relación con la fase de llenado de grano. Las variedades criollas denominadas borroso y flor de mayo, colectadas en la zona serrana pudieron generar resistencia, por la selección empírica de plantas libres de la enfermedad en un ambiente con presión fuerte del patógeno, relacionado con temperaturas bajas (10-20 ºC) y humedad relativa alta (>80%), durante el ciclo de cultivo del frijol.

En todas las variedades de frijol, se observó ausencia de síntomas en el caso de roya, por lo que puede decirse que, por el momento, dicha enfermedad está ausente de los terrenos de cultivo, ya que a pesar de que algunas variedades criollas de grano pinto son susceptibles, en el presente estudio se comportaron como resistentes. En el caso de la bacteriosis común, se observaron valores desde intermedios (5) hasta intensos (7) en todas las variedades, criollas y mejoradas, debido a la presencia generalizada de la bacteria patógena y las dificultades para encontrar germoplasma de frijol que sirva como fuente confiable de resistencia a esta enfermedad. Se ha demostrado diversidad alta de la bacteria *Xanthomonas campestris* (syn. *axonopodis*) pv. *phaseoli* en las áreas productoras

(Navarrete y Acosta, 2005), la cual ha co-evolucionado de manera conjunta con el frijol y esto dificulta la identificación de genes de resistencia; así como, el uso de éstos para el mejoramiento genético de la especie. Se corroboraron los avances logrados por el mejoramiento genético de frijol, en lo que respecta a la acumulación de genes que confieren resistencia a las enfermedades, especialmente antracnosis.

En el grupo de variedades criollas se observó predominancia de los ciclos biológicos de intermedios a tardíos, con valores entre 100 y 106 DDS. Las variedades tardías para la madurez fueron las pertenecientes a la raza Jalisco, que maduraron entre 105 y 106 DDS (flor de mayo, negro brillante, Querétaro), lo que coincidió con los resultados obtenidos previamente (Rosales *et al*., 2001). Dichas variedades superaron significativamente la duración del ciclo biológico, al compararlas con los pintos y bayos de la raza Durango (93 a 99 DDS). El rendimiento más alto fue obtenido por la variedad Querétaro (2,902 kg ha^{-1}), mientras que flor de mayo (Flor de Mayo 10) y bayo (Bayo 16) resultaron estadísticamente inferiores. Las variedades criollas mostraron niveles altos de adaptación y tolerancia a los patógenos, ya que a pesar de que mostraron incidencia alta de las enfermedades su rendimiento se mantuvo significativamente alto, en algunos casos.

Cuadro 1. Valores promedio para características evaluadas en variedades criollas de frijol cultivadas en Durango, Dgo. 2022.

Variedad	[1]DF	A	R	B	DMF	Rendimiento kg ha^{-1}	Peso de 100 Semillas (g)
Pinto Nacional	45^{cd}	2	1	6	100^{bcdef}	$2,443^{ab}$	30.6
Querétaro	53^{ab}	3	1	5	104^{abc}	$2,902^{a}$	24.4
Sangre de Toro	53^{ab}	5	1	6	101^{abcde}	$1,970^{ab}$	34.6
Pinto Nacional	45^{cd}	4	1	6	104^{abc}	$2,605^{ab}$	30.7
Bayo	49^{abcd}	2	1	6	100^{bcdef}	$2,120^{ab}$	41.0
Bayo Grueso	45^{cd}	4	1	6	101^{abcde}	$1,526^{ab}$	46.6
Pinto	44^{d}	3	1	6	95^{fgh}	$1,836^{ab}$	34.6
Ojo de Cabra	50^{abcd}	5	1	7	97^{efgh}	$1,611^{ab}$	31.1
Bayito	50^{abcd}	3	1	5	98^{defgh}	$2,216^{ab}$	35.7
Flor de Mayo	51^{abcd}	3	1	6	106^{ab}	$1,334^{b}$	29.4
Negro Brillante	53^{ab}	2	1	6	105^{ab}	$1,907^{ab}$	29.0
Bayo	48^{abcd}	5	1	6	97^{efgh}	$1,528^{ab}$	34.4

Bayo	46^{bcd}	5	1	6	95^{fgh}	1,611^{ab}	39.3
Pinto	45^{cd}	4	1	6	93^{h}	1,561^{ab}	32.2
Blanquito	48^{abcd}	3	1	6	100^{bcdef}	1,770^{ab}	37.7
Bayo	52^{abc}	2	1	6	101^{abcde}	1,445^{b}	43.1
Blanquito	50^{abcd}	4	1	6	99^{cdefg}	1,639^{ab}	36.9
Querétaro	53^{ab}	3	1	5	104^{abc}	2,489^{ab}	26.0
FM Media Oreja	53^{ab}	3	1	5	106^{ab}	1,951^{ab}	32.1
Bayo Blanco	51^{abcd}	3	1	6	105^{abc}	2,637^{ab}	45.9
Ojo de Pato	53^{ab}	2	1	6	105^{abc}	1,744^{ab}	48.7
Canario	52^{abc}	4	1	6	103^{abcd}	2,119^{ab}	24.9
Sangre de Toro	53^{ab}	3	1	6	100^{bcdef}	1,828^{ab}	40.1
Flor de Mayo	53^{ab}	1	1	5	106^{ab}	1,600^{ab}	30.0
Garbancillo	52^{abc}	2	1	6	106^{a}	1,610^{ab}	26.1
Borroso	49^{abcd}	1	1	6	100^{bcdef}	1,619^{ab}	40.9
Pinto Saltillo	50^{abcd}	1	1	6	99^{cdefg}	1,870^{ab}	31.6
Negro San Luis	53^{ab}	2	1	5	105^{ab}	1,888^{ab}	34.0
Bayo Victoria	46^{bcd}	1	1	5	97^{efgh}	1,745^{ab}	43.9
F. Mayo 1/2 Oreja	54^{a}	1	1	5	106^{a}	1,744^{ab}	31.2
Promedio	50				101	1,896	34.9
[2]C. V. (%)	3.5				1.4	18.3	4.1

[1]DF= días a floración, A= antracnosis, R= roya, B= bacteriosis, DMF= días a madurez fisiológica y [2]C. V.= coeficiente de variación. [a-h]Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

La variedad Ojo de Pato presentó el valor más alto para el tamaño de grano (48.7 g/100 semillas); mientras que, Querétaro 2 (24.4 g/100 semillas) y Canario 22 (24.9 g/100 semillas) mostraron los valores más bajos. Algunas de las variedades criollas de frijol colectadas en 2022 mostraron ciclos biológicos largos, tolerancia a las enfermedades, rendimiento alto y grano pequeño de escaso valor comercial en el mercado mexicano.

El análisis de componentes principales (ACP) requirió 22 componentes para alcanzar un nivel superior (> 99%) en la explicación de la varianza observada. El tipo (ST) y color principal de la semilla (SCP), fueron las variables morfoagronómicas más importantes en la explicación de la varianza; seguida de, vaina: color secundario (VCS), flor: color del

estandarte (FCE) y ala (FCA), semilla: brillo de la testa (SBT) y la prescencia e intensidad del color antocianínico del hipócotilo. El número de colores, color secundario y distribución de la coloración secundaria de la semilla fueron otro grupo de variables morfo-agronómicas importantes en la explicación de la varianza observada en las variedades bajo estudio (Figura 1). Los atributos morfo-agrónómicos que se incluyeron en la guía para la caracterización de germoplasma de frijol (SNICS, 2017) muestran posibilidades de uso en la determinación de la diversidad genética presente en la especie, aunque se apreciaron discrepancias, con la apreciación visual de algunos caracteres. La mayoría de dichos atributos muestran polimorfismo, lo que favorece la diferenciación individual de las variedades y éstas pueden agruparse, a diferentes niveles, con germoplasma que muestra características similares.

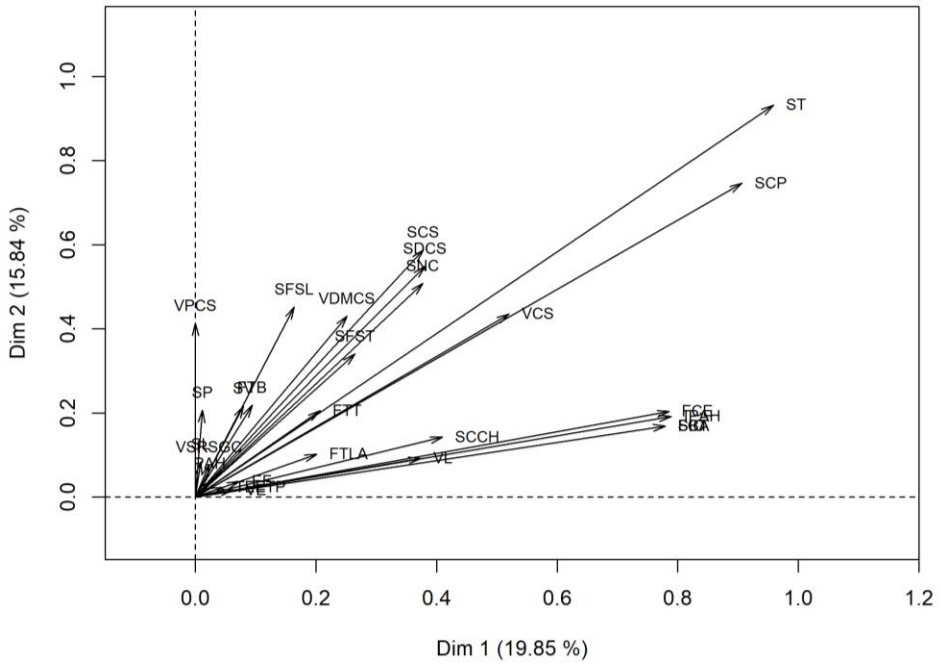


Figura 1. Variables de importancia mayor obtenidas del análisis de componentes principales basados en caracteres morfoagronómicos de 30 variedades criollas y mejoradas de frijol.

Los atributos de la semilla mostraron valores altos de diversidad entre variedades criollas y mejoradas de frijol común. Los grupos de variedades mostraron separación entre el germoplasma provenientes de cada una de las razas genéticas: Durango y Jalisco (Figura 2), especialmente para los cultivares negro brillante (grupo I). El resto de las variedades se

incluyeron en el grupo II y las que tuvieron más de un color, se observaron principalmente en IIa_1, donde se incluyeron las clases pinto, borroso y ojo de cabra y se observó una separación, en un nivel alto, para los cultivares conocidos como Pinto Nacional y Ojo de Pato (IIa_2). Todos esos materiales mostraron un color primario (blanco, crema o gris) y uno o dos colores secundarios (café o gris).

Otro sub-grupo (IIb_1) se subdividió en tres sub-grupos, incluyendo Pinto Saltillo (derivado de una población multiparental) y flor de mayo (rosa) (IIb_{1-1}), así como el grupo blanco, bayo y garbancillo (crema) (IIb_{1-2}). El sub-grupo IIb_2 mostró separación a nivel alto para el cultivar Querétaro (IIb_{2-1}) y otros cultivares criollos, como bayo (crema) y sangre de toro (morado). Se observó un nivel alto de diversidad por un proceso de selección gradual y prolongado, que se realizó bajo condiciones ambientales altamente variables. Dicho proceso, fue realizado en poblaciones heterogéneas y heterocigóticas de frijol común representadas por las variedades criollas cultivadas en Durango y las introducidas de la Raza Jalisco.

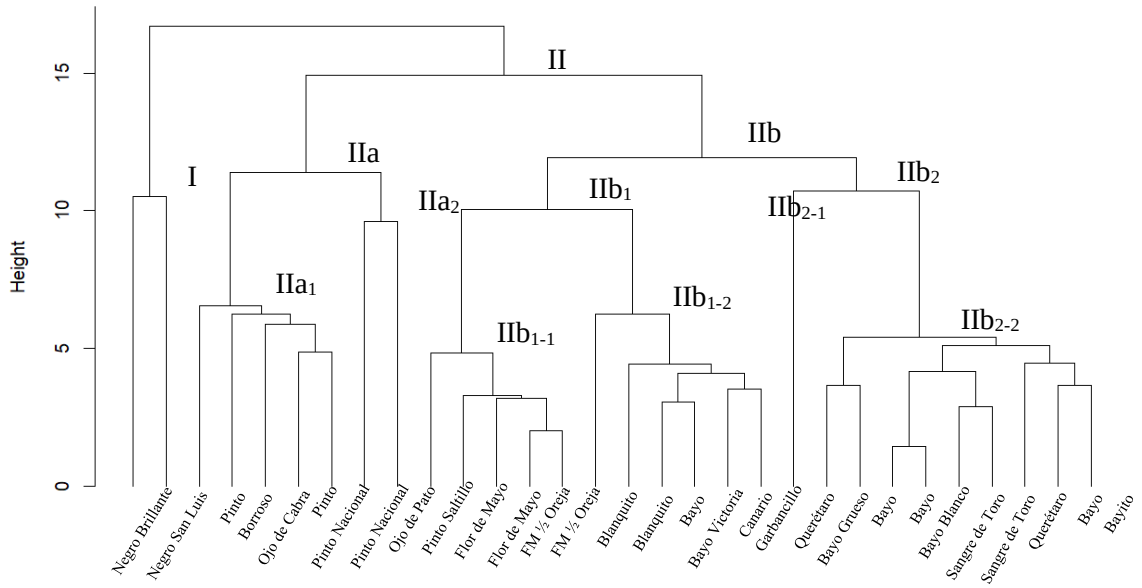


Figura 2. Dendrograma basado en atributos morfo-agronómicos evaluados en variedades criollas de frijol común cultivadas en Durango.

CONCLUSIONES

La mayoría de las variedades criollas y los cultivares mejorados mostraron niveles similares de rendimiento bajo riego y fechas tempranas de siembra. Se observaron niveles altos de diversidad en frijol común cultivado en Durango, donde se recolectaron varias clases comerciales, provenientes de las razas genéticas Durango y Jalisco. El uso de caracteres morfo-agronómicos resultó de utilidad en el estudio de la diversidad genética en frijol común. Se perciben avances significativos para la creación de diversidad genética del frijol mediante la formación de recombinantes genéticos, entre las razas Durango y Jalisco, a pesar de las restricciones impuestas por el gusto de los productores y consumidores en México.

REFERENCIAS

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia. 87 p.

Navarrete, M., and J. A. Acosta G. 2005. Pathogenic diversity of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* strains from Mexico. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 48: 106-107.

Rosales S., R., R. Ochoa M., y J. A. Acosta G. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Agrociencia 35(5):513-523.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. http://www.siap.gob.mx/. Consultado en julio de 2022.

Santana E., S., D. Sierra Z., R. Rosales S., y J. C. Ríos S. 2022. Genetic and productive characterization of landrace cultivars grown in Durango, México. Agrofaz-J. of Environmental and Agroecological Sciences 4: 12-19.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía técnica, para la descripción varietal (2a Edición, 2017). SNICS-SAGARPA. CDMX. México. 41 p.

AGENTES CAUSALES DE LA MARCHITEZ DEL TALLO Y PUDRICIÓN DE LA RAÍZ EN CULTIVOS DE OLEAGINOSAS DE TAMAULIPAS

Melina López Pecina[1], María Genoveva Álvarez-Ojeda*[2], Javier González-Quintero[2], Isidro Humberto Almeyda-León[3]

[1]UAT, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán; [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México; [3]Campo Experimental General Terán, INIFAP-CIRNE, km. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacua, C.P. 67400. General Terán. Autor para correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la identificación y caracterización molecular del agente causal asociado a la marchitez del tallo y pudrición de la raíz que afecta a algunas de las oleaginosas cultivadas en Tamaulipas. Las pruebas morfológicas incluyeron tasa de crecimiento, diámetro, color y tipo de micelio, además de la forma y tamaño de conidios. La caracterización molecular incluyó pruebas de PCR, secuenciación de ITS del ADNr y análisis de variabilidad mediante PCR-RFLP. Además, se realizaron pruebas de patogenicidad en plantas de girasol, canola y ajonjolí de 30 días de edad. Las evaluaciones morfológicas permitieron identificar al hongo como perteneciente al género *Fusarium*. El porcentaje obtenido en relación a la marchitez del tallo y la pudrición de la raíz durante el ciclo agrícola O-I 2019/2020 fueron: Cártamo 17.64 % (n=3/17); canola 20.68 % (n=6/29); girasol 10 % (n=2/20) y ajonjolí 50 % (n=2/4). En la identificación mediante análisis molecular y secuenciación se identificó a *F*. *oxysporum*, *F*. *solani*, *F*. *phaseoli* y *F*. *equiseti*. La resistencia a patógenos como fue el caso del girasol, donde no se logró reproducir la enfermedad, depende de genes con dominancia parcial, y parece ser de tipo horizontal o general. La detección temprana por PCR de los agentes causales de estas enfermedades, es una herramienta útil para su manejo y control.

Palabras clave: Oleaginosas, ITS1-5.8S-ITS2, *Fusarium*

ABSTRACT

The objective of this work was the identification and molecular characterization of the causative agent associated with stem wilt and root rot that affects some of the oilseeds cultivated in Tamaulipas. Morphological tests included growth rate, diameter, color, and mycelium type, in addition to the shape and size of conidia. Molecular characterization included PCR testing, ITS sequencing of rDNA, and variability analysis by PCR-RFLP, pathog. Besides, enicity tests were performed on sunflower, canola and sesame plants aged 30 days. Morphological evaluations allowed to identify the fungus as belonging to the genus *Fusarium*. The percentage obtained in relation to stem wilt and root rot during the O-I 2019/2020 agricultural cycle were: Safflower 17.64 % (n=3/17); canola 20.68 % (n=6/29); sunflower 10 % (n=2/20) and sesame 50 % (n=2/4). Identification by molecular analysis and sequencing identified *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. phaseoli* and *F. equiseti*. Resistance to pathogens such as sunflower, where the disease was not reproduced, depends on partially dominant genes, and appears to be horizontal or general. Early detection by PCR of the causal agents of these diseases is a useful tool for their management and control.

Key words Oilseeds, ITS1-5.8S-ITS2, *Fusarium*

INTRODUCCIÓN

Las oleaginosas son cultivadas en todo el mundo, en diversas situaciones agroclimáticas y son productos básicos vitales en el comercio de muchas economías. La fruta, las semillas y otras partes de estas plantas tienen un alto valor nutritivo y energético. Su contenido de aceite varía entre 20 y 60 % y el contenido de proteína entre 16 y 42 % dependiendo de la especie. Su composición química también es rica en fibra, celulosa, vitaminas y minerales (Chiriac *et al*., 2018). En México la producción de oleaginosas es una actividad importante, debido a que las semillas son la principal materia prima para las industrias de aceites comestibles, jabones y pastas para consumo animal. En el 2020, la superficie sembrada en México de cártamo, soya y ajonjolí fue de 52,767; 165,539 y 84,676 ha, respectivamente; con una producción de 86,491; 186,474 y 43,432 t (SIAP, 2020).

En Tamaulipas, la época de siembra de canola y cártamo es durante los meses de octubre y noviembre, lo que permite aprovechar la humedad residual generada por las lluvias del verano y las acaecidas en el otoño, así como las temperaturas frescas del invierno. Los

cultivos de girasol y ajonjolí, se siembran principalmente el ciclo agrícola primavera-verano (P-V). Las oleaginosas se adaptan a diferentes tipos de ambiente, algunas toleran la sequía, son una alternativa en la rotación de cultivos permitiendo romper ciclos de enfermedades, plagas y maleza. En el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I) 2019/2020, se detectó la marchitez del tallo y pudrición de la raíz en algunas de las oleaginosas cultivadas en este Estado. Por lo tanto, se consideró necesario identificar al agente causal asociado a la sintomatología observada, y establecer un diagnóstico oportuno para llevar a cabo su control de manera eficiente, además de evitar reducción en el rendimiento y calidad de la cosecha. Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue la identificación y caracterización molecular del agente causal asociado a la marchitez del tallo y pudrición de la raíz que afecta a algunas de las oleaginosas cultivadas en Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental Río Bravo, INIFAP-CIRNE, ubicado en el km 61, de la carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Se colectaron 70 muestras biológicas, durante el ciclo agrícola O-I 2019/2020, en etapa de llenado de grano y floración, en diferentes localidades de Río Bravo, San Fernando, Matamoros y Santander Jiménez, Tam. Las muestras fueron transportadas en bolsas de papel previamente identificadas de acuerdo a los datos obtenidos en campo y con la fecha del muestreo para su posterior identificación. Se realizó el aislamiento del patógeno a partir de las muestras colectadas, mediante cultivo monospórico en medio de cultivo agar agua, posteriormente el aislado fue resembrado en agar papa dextrosa (APD) y agar sacarosa levadura para su identificación morfológica mediante observación macroscópica y microscópica.

Extracción de ADN. Para la extracción del ADNr, se recogió el micelio de los aislados, con un asa de poliestireno estéril y se depositó en un tubo Eppendorf de 2 ml que contenía tres perlas de vidrio esterilizadas y 400 µl de amortiguador de lisis (400 mM Tris-HCl, 60 mM de EDTA, 150 mM de NaCl, 1 % SDS y PVP 1 %, pH 8.0), el micelio fue homogenizado mediante vortex, y se incubó por 18 h a 60 °C. Posteriormente la extracción de ADN se realizó mediante el método del CETAB, modificado por Almeyda *et al*. (2001). Para verificar la calidad del ADN, se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 1 %, el cual fue teñido con GelRed™ y se analizó en un transiluminador con luz ultravioleta (BioRad™).

Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Para detectar al patógeno aislado, se usaron los oligonucleótidos ITS1 e ITS4 reportados por White *et al*. (1990). La mezcla para la amplificación se realizó en un volumen de 25 µl, con el kit MyTaq DNA Polymerase (Biobase™), que contenía amortiguador de corrida (1X), $MgCl_2$ (1.5 mM); dNTP´s (0.2 mM), 25 pmol de cada iniciador, 2 U de Taq Polymerase y 20 ng/µl de ADN cromosómico. El programa térmico utilizado fue: Desnaturalización inicial a 95 °C por 4 min, seguido de 34 ciclos a 95 °C por 60 s, alineamiento a 60 °C por 60 s, extensión a 72 °C por 60 s y una extensión final a 72 °C por 10 min. La amplificación se realizó en un termociclador T100™ Thermal Cycler de BioRad™.

Análisis de Polimorfismo de Longitud en los Fragmentos de Restricción amplificados por PCR-RFLP. Los fragmentos amplificados en la reacción de PCR con los oligonucleótidos ITS1 e ITS4, fueron digeridos con cuatro enzimas de restricción (*Alu* I, *Hinf* 1, *Hna*1 y *Hae* III). La digestión se realizó en un volumen final de 20 µl que contenía solución amortiguadora (1X), 2 µl del producto amplificado y 0.5 µl de la enzima correspondiente, la mezcla se incubó a 37 °C durante 18 h. Se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 2 % aplicando 8 µl del volumen de la digestión, se utilizó el amortiguador de corrida TAE 1X, y se aplicó un voltaje de 50 V por 90 min, el gel fue teñido con GelRed™ y se analizó en un transiluminador de luz ultravioleta (BioRad™). Los pesos moleculares de los fragmentos de ADN fraccionados fueron comparados con el marcador de peso molecular DNA-Ladder 100-1000 pb (Promega).

Pruebas de patogenicidad. Las pruebas de patogenicidad, se realizaron en plantas de girasol, canola y ajonjolí de 30 días de edad. Los conidios de los aislados se resuspendieron en diluciones para tal efecto, se frotó suavemente el tejido del cultivo que presentaba los síntomas con un asa esterilizada y la suspensión de esporas se recogió en un vaso esterilizado. Con la ayuda de un hematocitómetro la suspensión se ajustó a una concentración entre 10^5 y 10^8 conidios por ml de agua. Posteriormente, el tallo y la raíz desnuda de las plantas fueron inoculadas con la solución.

Secuenciación. Los productos amplificados correspondientes a la región ITS1-5.8S-ITS2 de los aislados, fueron purificados usando un kit PureLink™ Quick Gel Extracción Kit (invitrogen). La secuenciación en sentido y antisentido de los fragmentos purificados se realizó en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICyT). Las secuencias

obtenidas fueron analizadas y comparadas con las secuencias reportadas en el banco de genes (GenBank).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje obtenido en este estudio en relación a la marchitez del tallo y la pudrición de la raíz en las oleaginosas cultivadas en Tamaulipas durante el ciclo agrícola O-I 2019/2020 fueron: Cártamo 17.64 % (n=3/17); canola 20.68 % (n=6/29); girasol 10 % (n=2/20) y ajonjolí 50 % (n=2/4) (Figura 1). A pesar de los porcentajes presentes en este trabajo, se puede decir que la marchitez del tallo y raíz causado por *Fusarium* en estos cultivos es baja, debido a que no se vieron afectados los predios donde se realizó el muestreo; estos resultados coinciden con lo reportado por Prioletta y Pane (2016) en canola ellos citan una incidencia de un 3 % causada por *Fusarium oxysporum*. Otro estudio realizado por Giayetto *et al*., 1999 observaron la presencia marchitamiento en cultivos de cártamo causado por (*Fusarium oxysporum*), ellos reportan que en ninguno de los casos la incidencia fue significativa y tampoco pudieron identificar comportamientos dispares entre los materiales estudiados.

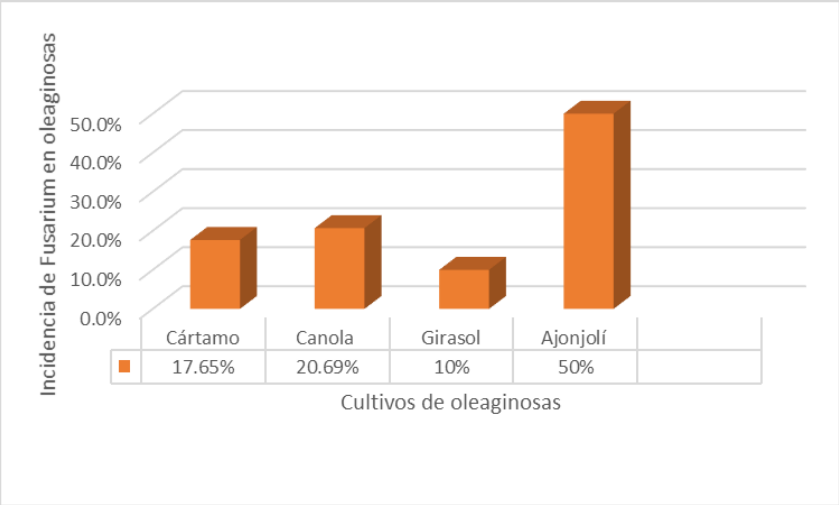


Figura 1. Porcentaje de incidencia de la marchitez del tallo y pudrición de la raíz en oleaginosas cultivadas en Tamaulipas durante el ciclo agrícola O-I (2019/2020).

En la observación macroscópica de los aislamientos obtenidos, se registraron coloraciones desde el blanco a rosa purpura, lila, naranjas o coloración roja, con apariencia polvosa y algodonosa. Al microscopio compuesto, se observaron: células apicales cónicas, curvas en

forma de hoz o media luna, las cuales poseen diferentes septos. Con esta información, se determinó que el patógeno asociado a la marchitez y pudrición del tallo y raíz en las oleaginosas cultivadas en Tamaulipas pertenece al género *Fusarium*. Sin embargo, como en la identificación macroscópica y microscópica se emplean claves taxonómicas, las cuales son difíciles de interpretar debido a la flexibilidad fenotípica del género *Fusarium*, la taxonomía de este hongo está en continua revisión (Knutsen *et al*., 2004) y en ocasiones debe ser apoyada su identificación por medio de otras técnicas como la molecular, la cual fue utilizada en este trabajo.

Detección del agente causal de la marchitez del tallo y pudrición de la raíz en oleaginosas mediante PCR. Se amplificó un fragmento de 600 pb de las regiones internas conservadas ITS1 e ITS4 de los genes ribosomales (ARNr) 18S, de hongos mediante PCR (Desjardins, 2006). Estas regiones están altamente conservadas entre géneros y variables entre especies (Figura 2).

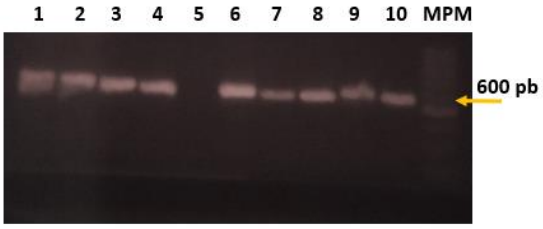


Figura 2. Fragmentos amplificados por PCR a partir del ADN extraído de diferentes oleaginosas cultivadas en Tamaulipas. Carriles 1-2: Canola; Carriles 3-4: Ajonjolí; Carril 5: Blanco sin ADN; Carriles 6-8: Cártamo; Carriles 9-10: Girasol; Carril MPM: Marcador de peso molecular Ladder 100-1000 pb.

Análisis de polimorfismos de longitud de los fragmentos de restricción (RFLP). De los 11 fragmentos amplificados en la PCR, se eligieron ocho con características diferentes, los cuales al ser digeridos con las enzimas *Alu* I, *Hin*f 1, *Hna*1 y *Hae* III, presentaron cortes diferentes. (Figura 3). Con la técnica de PCR-RFLP aplicada a la región ITS1 e ITS4 del ADNr mediante amplificación de los iniciadores ITS1 e ITS4 y su posterior digestión con las enzimas de restricción, se detectó significancia de aislados del género *Fusarium,* concretamente en *Fusarium oxysporum*, identificados posteriormente en base a criterios morfológicos y mediante PCR y secuenciación.

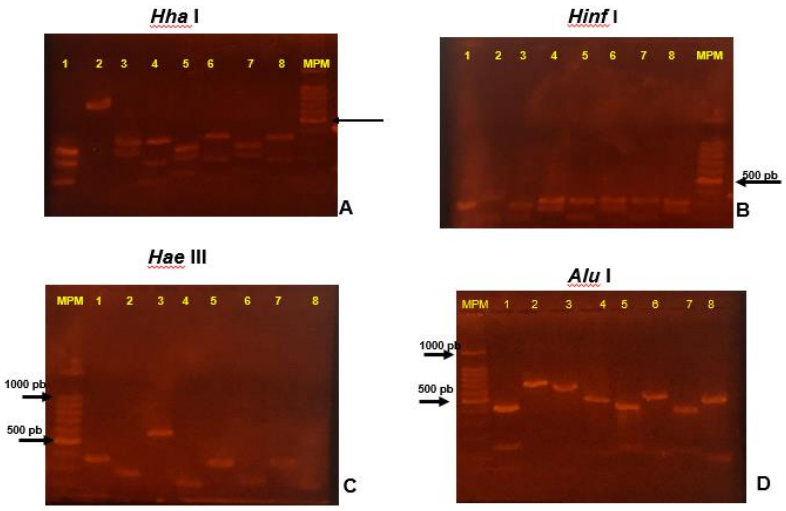


Figura 3. Perfil electroforético de fragmentos correspondientes a la región ITS1-ITS4 de *Fusarium* spp, amplificados por PCR a partir del DNA extraído de diferentes oleaginosas y digeridos con enzimas de restricción (*Hha* I y *Hinf* I, *Hae* III y *Alu* I). En todas las figuras (A, B, C y D): Carril 1-3 Canola; Carril 4: Cártamo; Carril 5 y 6 Girasol; Carril 7 y 8: Ajonjolí; carril MPM: Marcador de peso molecular Ladder 100-1000 pb.

Secuenciación. Con el análisis de las secuencias generadas en este trabajo y su comparación con las secuencias reportadas en el banco de genes (GenBank), se determinó que los patógenos asociados a la marchitez y pudrición del tallo y raíz de las oleaginosas cultivadas en Tamaulipas pertenecen a diferentes especies del género *Fusarium*; *F. oxysporum, F. solani, F. phaseoli y F. equiseti* (Cuadro 1), corroborando los resultados obtenidos mediante la observación macro y microscópica. La diversidad del genoma de *F. oxysporum* tal vez sea debido a elementos transposones que actúan como generadores de la diversidad, ya que su actividad produce mutaciones espontáneas y, por consiguiente, variabilidad en el genoma (Daboussi *et al*., 1992).

Cuadro 1. Especies de *Fusarium* asociados a la marchitez del tallo y pudrición de la raíz en oleaginosas cultivadas en Tamaulipas.

Cultivo	Agente etiológico	Homología GenBank (%)	No. de acceso GenBank
Canola	*F. oxysporum*	97.2	MH665483.1
Canola	*F. solani*	100	MF174967.1
Cártamo	*F. phaseoli*	99.82	KY965401.1
Ajonjolí	*F. equiseti*	100	MT123026.1

Pruebas de patogenicidad. Respecto a las pruebas de patogenicidad realizadas en los cultivos de canola y ajonjolí, se observó marchitez de la planta y pudrición de raíz y corona, ocasionando la marchitez en toda la planta. Además, se logró reproducir la enfermedad, aislando la cepa que fue inoculada. En el girasol no se reprodujo la enfermedad, esto pudo deberse a diferentes factores, la defensa bioquímica que tienen las plantas para responder al ataque de patógenos a través de una gran cantidad de mecanismos para resistir a la colonización (Durrant y Dong, 2004). La respuesta de resistencia a las enfermedades por las plantas es compleja y contiene múltiples capas de interacción entre genes, proteínas y metabolitos (Burganos, 2020). Para que la infección se logre con éxito, la interacción entre patógeno-planta debe responder a un proceso donde se deben movilizar diferentes conjuntos de genes para la señalización temprana en el hospedero, la adhesión a la superficie de éste, la descomposición enzimática de barreras físicas, la defensa contra los compuestos antifúngicos del anfitrión, así como la inactivación y muerte de las células huésped por micotoxinas segregadas. (Agrios, 2005).

CONCLUSIONES

Los patógenos asociados a la marchitez del tallo y pudrición de la raíz en los cultivos de cártamo, canola, girasol y ajonjolí en Tamaulipas durante el ciclo agrícola O-I 2019/2020 fueron: *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. phaseoli* y *F. equiseti*. La resistencia a patógenos como fue el caso del girasol, donde no se logró reproducir la enfermedad, depende de genes con dominancia parcial, y parece ser de tipo horizontal o general. La detección temprana por

PCR de los agentes causales de estas enfermedades, es una herramienta útil para su manejo y control.

REFERENCIAS

Agrios G. (2005). Plant Pathology. 5ed. Nueva York. Elsevier Academic Press. 922 p.

Almeyda LIH; Rocha PMA; Piña RJ; Martínez SJP (2001). The use of polymerase chain reaction molecular hibridization for detection of phytoplasmas in different plant species in México. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 19: (1) 1-9.

Burganos FO. (2020). Resistencia de plantas a patógenos: una revisión sobre los conceptos de resistencia vertical y horizontal. Revista Argentina de Microbiología. [online] 52 (3). 245-255. http://crossmark.crossref.org/dialog/?doi=10.1016/j.ram.2020.04.006&domain=pdf. Consultado el 11 de septiembre de 2021.

Chiriac AR; Cristea S; Popescu M; Rîşnoveanu L. (2018). The evolution of sunflower crop in Romania in the context of the pre- and postaccession to the European Union, In: Agrarian Economy and Rural Development - Realities and Perspectives for Romania. 9th Edition of the International Symposium, Bucharest, The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR), Bucharest, pp. 156-162.

Desjardins AE. (2006). *Fusarium*. Micotoxins: Chemistry, Genetics and Biology. The American. Phytopathological Society. ST. Paul Minnesota. U. S. A., 260 p.

Durrant WE; Dong X. (2004). Systemic acquired resistance. Annual Review Phytopathology. 42, 185-209.

Daboussi MJ; Langin T; Brygoo Y (1992). Fot1, a new family of fungal transposable elements. Mol. Gen. Genet. 232: 12-16. doi:10.1007/BF00299131.

Giayetto O; Fernández EM; Asnal WE; Cerioni GA; Cholaky L. (1999). Comportamiento de cultivares de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región de Río Cuarto, Córdoba (Argentina). Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 14, 1-2.

Knutsen AK; Torp M; Holst-Jensen, A. (2004). Phylogenetic analyses of the *Fusarium poae*, *Fusarium sporotrichioides* and *Fusarium langsethiae* species complex base dan partial

sequences of the translation elongation factor-1 alpha gene. Int. J. Food Microbiology., Vol. 95, 287-295.

Prioletta S; Pane FD: (2016). Identificación e incidencia de patógenos en granos de colza *(Brassica napus* L.). Informe técnico. Cultivos de fina 2016/17 – CEI Barrow. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-carpeta_fina_2016-17.pdf#page=68-69. Consultado 5 octubre 2021

Servicio de Información Agrícola y Pesquera. SIAP (2020). https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ fecha de consulta 30 julio 2021.

White TJ; Bruns TD; Lee SB; Taylor JW (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, eds. Innis, MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ. Academic Press, Inc., New York. 315-322.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD BIOLÓGICA DE SUELOS SEMIÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO

Erika Nava-Reyna[1], Kassandra Santellanez-Arreola[2], Miguel Angel Martínez-Gamiño[3], Vicenta Constente-García[1], Ignacio Sánchez-Cohen[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, Gómez Palacio, Dgo., México. [2]Universidad Autónoma Chapingo, URUZA, Bermejillo, Dgo., México. [3]INIFAP, CIRNE, CE San Luis, San Luis Potosí, S.L.P., México

nava.erika@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las prácticas de manejo impactan las características del suelo, donde las prácticas de manejo convencional suelen afectar la calidad y equilibrio del mismo, generando procesos de erosión y degradación del suelo. Así, la agricultura de conservación representa una alternativa que permite reducir los efectos negativos de la agricultura convencional en el suelo. Por otro lado, los microorganismos del suelo juegan un papel primordial en la descomposición de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes y la emisión y captura de carbono en el suelo. En este sentido, los indicadores biológicos son excepcionales para evaluar el impacto de la gestión del suelo desde el corto plazo. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de prácticas de agricultura de conservación para mejorar la calidad de suelos de zonas semiáridas del norte de México, a través de la alteración de distintos indicadores químicos y biológicos del suelo. Los resultados demostraron la eficiencia a largo plazo de la agricultura de conservación para mejorar la calidad y fertilidad del suelo, aún desde el corto plazo (2 años de conversión).

Palabras Clave: labranza cero, labranza convencional, salud del suelo, bioindicadores del suelo

ABSTRACT

Management practices impact the characteristics of the soil, where conventional management practices often affect its quality and balance, resulting in soil erosion and degradation processes. Thus, conservation agriculture represents an alternative to reduce the negative-effects of conventional agriculture on the soil. On the other hand, soil

microorganisms play a key-role in the decomposition of organic matter, nutrient cycling, and the emission and capture of carbon in the soil. Thus, the biological indicators are exceptional evaluating the impact of the direction of land management from the short term. Therefore, this research aimed to evaluate the efficiency of conservation agriculture practices to improve soil quality in semi-arid areas of northern Mexico, through the manifestations of different chemical and biological soil indicators. The results demonstrated the efficiency of conservation agriculture to improve soil quality and fertility, even from the short term (2 years of conversion).

Key words: zero tillage, conventional tillage, soil health, soil bioindicators

INTRODUCCION

Las prácticas de manejo influyen en las características del suelo, incluyendo las biológicas, donde la descomposición de la materia orgánica del suelo (MOS) tiene un papel importante, ya que propicia el ciclaje de nutrientes para la formación y fertilidad del suelo (Martín *et al.*, 2007; Escobar *et al.*, 2008). Mas aún, el tipo de labranza influencia en gran medida la calidad y la degradación del suelo (Liebig et al., 2004). Las prácticas convencionales de manejo del suelo tienen efectos negativos sobre la calidad y el equilibrio del mismo, entre los cuales, se encuentran la erosión, la perdida de MOS y nutrientes, la degradación de la estructura del suelo y la influencia en la existencia de microorganismos del suelo, e incluso la emisión de dióxido de carbono (CO_2) (Abdalla *et al*., 2016; Zuber & Villamil, 2016).

La perturbación del suelo, además de modificar su estabilidad, repercute en los microorganismos, los cuales tienen un rol indispensable en los ciclos biogeoquímicos, como el del carbono (C) y nitrógeno (N), lo que provoca la modificación de la biomasa microbiana en el suelo, que posee efectos sobre la disposición y descomposición de residuos vegetales, la tasa de mineralización de la MOS y los procesos de humificación (Cheng *et al.,* 2017). Así, los indicadores biológicos explican procesos microbianos que ocurren en el suelo en forma global o a través de actividades específicas, lo cual permite evaluar la actividad metabólica y, de esta forma, entender la funcionalidad del suelo.

Por otro lado, la agricultura de conservación se basa en actividades como la labranza cero, la labranza reducida y la adición de enmiendas vegetales. Tales actividades son realizadas con el objetivo principal de reducir los efectos negativos de las prácticas convencionales del uso de suelo (Willekens *et al*., 2014). Este tipo de agricultura no sólo contribuye al secuestro de carbono en el suelo, sino que además mejora a la estructura del suelo,

incrementa su fertilidad y conservan su humedad (Cueto *et al*. 2005). Además de su influencia en los componentes del suelo, las técnicas de conservación basadas en los diferentes actividades de labranza y cobertura vegetal, funcionan como estrategias para aumentar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (FAO, 2015).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de prácticas de agricultura de conservación para mejorar la calidad del suelo, a través de la alteración de distintos indicadores químicos y biológicos del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio de estudio. El experimentó se llevó a cabo en el lote experimental en el Campo Experimental INIFAP, ubicado en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. Se realizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones de seis tratamientos en el ciclo primavera-verano del 2020 (Tabla 1). Se establecieron parcelas de 10 surcos a 0.80 m entre sí o cinco camas de 1.60 m por 30.0 m de largo para cada tratamiento. Los distintos métodos de labranza se habían seguido por 25 años al momento del muestreo, a excepción del T3, el cual paso de barbecho + rastra a labranza cero desde 2018. Se utilizó maíz forrajero Ceres XR-45 con una densidad de 69,000 plantas/ha, el cual se fertilizó con la fórmula 200-100 00. Además, se aplicó el 50% del nitrógeno y 100% del fósforo en la siembra y el 50% restante de nitrógeno en la primera escarda.

Tabla 1. Descripción de tratamientos. LC – labranza cero

Clave	Tratamiento	Descripción
T1	Barbecho+ rastra	Es el tratamiento tradicional de preparación del suelo (25 a 30 cm de profundidad).
T2	Rastra	Rastra (12 cm de profundidad).
T3	T3. Multiarado.	De 1995 a 2018 se trabajó con rastra y labranza vertical. Su manejo actual es de labranza cero.
T4	LC + 0% cobertura	LC sin cobertura de rastrojo. Siembra directa.
T5	LC + 33% cobertura	LC+ 33% de cobertura (1.3 t/ha de rastrojo anual).

T6	LC + 66% cobertura	LC+ 66% de cobertura (2.6 t/ha de rastrojo anual).

Toma y manejo de las muestras. Se tomaron 4 muestras de suelo al azar de 0-10 cm de cada tratamiento al final del ciclo agrícola, y se formó una muestra compuesta del suelo por tratamiento. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por 2.0 y 0.5 mm para los diferentes análisis fisicoquímicos y biológicos del suelo.

Análisis de variables químicas y biológicas del suelo. El pH se midió con una relación de suelo:agua 1: 2 (p/v) (Jackson, 1982). La Conductividad eléctrica (CE) se analizó con una relación 1:2.5 (Sonmez et al., 2008). Asimismo, se determinó el porcentaje de materia orgánica del suelo (MOS) y el carbono orgánico (COS) (Walkley & Black, 1934), mientras que el carbono total (CT) se obtuvo utilizando un analizador elemental (TOC). Además, como parte de las proteínas de suelo relacionadas con la glomalina (PSRG), se evaluó la glomalina total (T-PSRG), glomalina difícilmente extraíble (DE-PSRG) y fácilmente extraíble (FE-PSRG) (Rillig et al., 2003). así como las unidades formadoras de colonias (UFC) mediante recuento en placa (agar tripticasa de soja para bacterias aeróbicas totales y agar papa dextrosa (PDA) para hongos filamentosos y levaduras). Adicionalmente, las emisiones de CO_2 del suelo se midieron a las 48 horas en condiciones controladas de humedad y temperatura (Anderson, 1982). Asimismo, se evaluó la actividad enzimática del suelo para peroxidasa (POX), polifenol oxidasa (PPO) (Saiy-Cork K. R, Sinsabaugh R. L, 2002) y B-galactosidasa (B-gal) (Eivazi & Tabatabai, 1988). Paralelamente, se evaluó el rendimiento de materia vegetal en peso seco del cultivo.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa IBM SPSS Statistics y MedCalc. Después de verificar la normalidad y homogeneidad de la varianza, se emplearon pruebas de medias paramétricas y no paramétricas según el caso de la variable de interés, tales como ANOVA y Kuskal Wallis ($p < 0.05$). Además de Tukey y CONVAC al 95 % de confianza para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Esto se aplicó para comparar las variables químicas y biológicas entre las diferentes labranzas. Finalmente, se utilizó un análisis de componentes principales (PCA) para observar asociaciones entre los tratamientos y las variables fisicoquímicas de suelo de los seis tipos de labranzas agronómicas en el programa R y así determinar los indicadores del suelo más representativos de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

La mayoría de las variables químicas y biológicas del suelo mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Las variables MOS, COS, CT, Hongos, Bacterias y POX fueron significativamente más altas en el suelo basado en labranza cero y 33% de cobertura vegetal (T5). Por su parte, las variables de T-PSRG, DE-PSRG, FE-PSRG y rendimiento peso seco fueron mayores en el de labranza cero con 66% de cobertura vegetal (T6). Así mismo, las actividades de PPO y β-gal fueron más representativas en el tratamiento basado en Labranza cero (T4). Finalmente, las variables de pH y CE fueron mayores en el T1, que corresponde al barbecho y rastra.

Tabla 2. Características químicas y biológicas de suelo, bajo diferentes labranzas. valores medios y la desviación estándar (±) gl= grados de libertad, los números en negritas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Variable	***T1***	***T2***	***T3***	***T4***	***T5***	***T6***	***F/Ht***	***df***	***p***
pH	8.09± 0.14^{a}	7.97± 0.00^{b}	7.99± 0.04^{b}	7.85± 0.03^{d}	7.94± 0.01^{c}	7.90± 0.01^{cd}	15.550	5	**0.008**
Conductividad eléctrica ms/cm3	531.87± 15.20^{a}	443.77± 2.87^{ab}	427.80± 30.94^{b}	448.70± 59.73^{ab}	318.80± 36.17^{c}	353.47± 52.65^{c}	11.653	5	**0.000**
Materia orgánica %	2.24± 0.08^{d}	2.29± 0.04^{d}	2.42± 0.04^{c}	3.05± 0.00^{a}	3.12± 0.07^{a}	2.88± 0.04^{b}	16.186	5	**0.006**
Carbono orgánico %	1.30± 0.04^{d}	1.33± 0.02^{d}	1.40± 0.02^{c}	1.77± 0.00^{a}	1.81± 0.04^{a}	1.67± 0.02^{b}	16.186	5	**0.006**
Carbono total %	2.06± 0.03^{c}	2.08± 0.03^{c}	2.38± 0.09^{b}	2.63± 0.07^{a}	2.68± 0.23^{a}	2.39± 0.07^{b}	14.530	5	**0.013**
Glomalina total mg mg^{-1}	0.63± 0.03^{d}	0.60± 0.03^{d}	0.84± 0.01^{c}	0.87± 0.02^{b}	0.90± 0.05^{b}	1.65± 0.03^{a}	15.503	5	**0.008**
Glomalina difícilmente extraíble mg ml^{-1}	0.60± 0.03^{c}	0.57± 0.03^{c}	0.81± 0.01^{b}	0.82± 0.02^{b}	0.84± 0.04^{b}	1.58± 0.03^{a}	14.848	5	**0.011**
Glomalina fácilmente extraíble mg g^{-1}	0.03± 0.00^{d}	0.03± 0.00^{d}	0.03± 0.00^{c}	0.05± 0.00^{b}	0.05± 0.00^{b}	0.07± 0.00^{a}	15.700	5	**0.008**
Hongos UFC g^{-1}	2.7E+06± 5.8E+05^{bc}	2.0E+06± 0.0E+00^{c}	3.3E+06± 5.8E+05^{b}	4.3E+06± 2.1E+06^{b}	9.0E+06± 3.5E+06^{a}	8.0E+06± 3.0E+06^{a}	13.293	5	**0.021**
Bacterias, UFC g^{-1}	7.4E+06± 2.8E+06^{bc}	7.1E+06± 2.9E+06^{b}	4.0E+06± 3.5E+05^{c}	1.1E+07± 1.0E+06^{a}	1.2E+07± 2.7E+06^{a}	3.9E+06± 9.5E+05^{c}	13.655	5	**0.018**
Actinomicetos UFC g^{-1}	5.5E+06± 7.0E+05^{a}	1.7E+06± 4.9E+05^{bc}	4.5E+06± 2.2E+06^{a}	1.9E+06± 1.5E+05^{b}	3.6E+06± 1.7E+06^{ab}	4.5E+06± 1.3E+06^{a}	11.039	5	0.051

Peroxidasa µmol g-¹ h-¹	11.79± 0.58^{a}	10.21± 1.09^{b}	10.45± 0.17^{b}	9.26± 1.72^{b}	12.23± 1.50^{a}	10.84± 0.28^{b}	12.556	5	**0.028**
Polifenol oxidasa µmol g-¹ h-¹	10.75± 0.70^{bc}	12.39± 0.99^{a}	12.11± 0.09^{a}	13.43± 1.70^{a}	10.55± 1.46^{b}	11.89± 0.26^{ab}	11.661	5	**0.040**
B-galactosidasa mg pNP g-¹	24.10± 0.34^{d}	22.99± 1.30^{d}	28.08± 1.73^{c}	34.12± 0.44^{a}	33.49± 1.57^{ab}	32.32± 0.88	15.342	5	**0.009**
Rendimiento P seco kg ha-¹	5924.70± 410.56^{bc}	5695.21± 148.96^{c}	6884.75± 813.05^{b}	8337.21± 978.85^{ab}	8575.22± 160.21^{a}	8806.41± 826.37^{a}	13.983	5	**0.016**

Valores medios de ANOVA y Kruskal Wallis y su desviación estándar (±). Diferentes letras indican las diferencias significativas entre las medias de grupo de los parámetros medidos por la prueba de Tukey y Convac (p <0.05). *T1 – barbecho + rastra; T2 – rastra; T3 – multiarado; T4 – cero labranza; T5 – cero labranza + 33% de cobertura con residuos de la cosecha; T6 - cero labranza + 66% de cobertura con residuos de la cosecha; SOM – materia orgánica del suelo; SOC – carbono orgánico del suelo; TC – carbono total; BAC – bacterias aeróbicas totales; FUN – hongos; POX – actividad peroxidasa; PPO – actividad polifenol oxidasa; β-gal – actividad β -galactosidasa; YLD – rendimiento; EC – conductividad eléctrica; pH –potencial de hidrógeno; T-GRSP – proteínas del suelo relacionadas con glomalina (GRSP) total; EE-GRSP – GRSP fácilmente extraíbles; DE-GRSP – GRSP difícilmente extraíbles.*

El análisis de componentes principales (PCA) demostró diferencia en los tratamientos con agricultura de conservación (T4, T5 y T6) y los de labranza convencional (T1, T2) (Figura 1). Cabe destacar que el T3 muestra una tendencia a separarse de los tratamientos de labranza convencional y unirse con los de agricultura de conservación, por lo que el efecto a corto plazo del paso de barbecho más rastra a labranza cero es evidente (Figura 1).

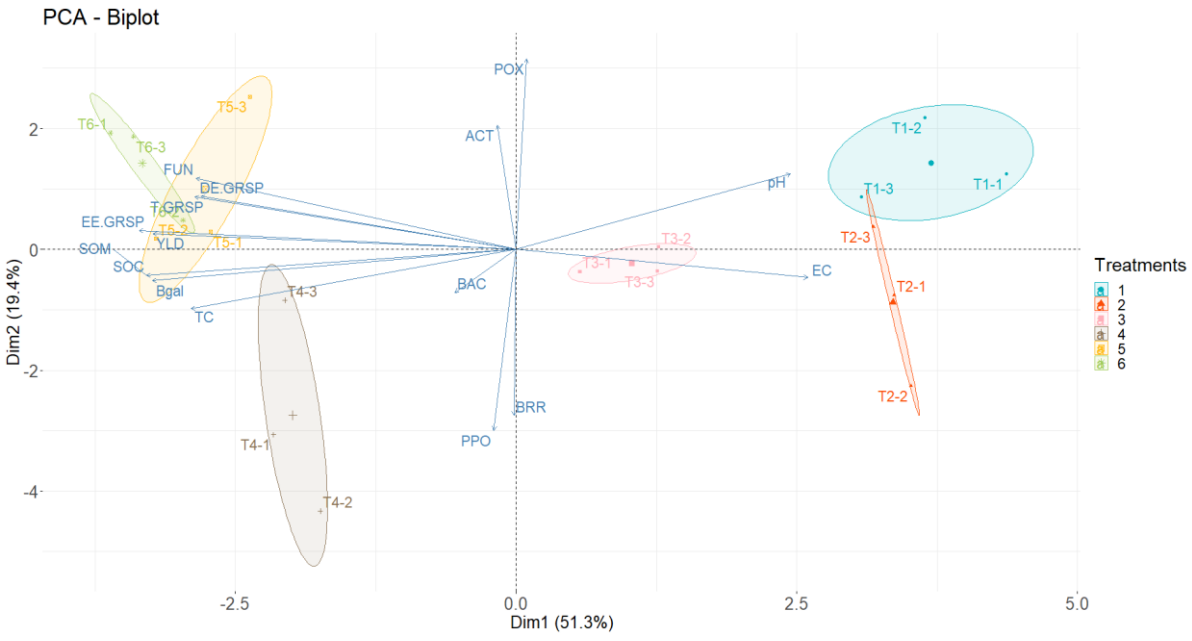


Figura 1. Análisis de componentes principales (PCA) de las propiedades del suelo bajo seis tipos de labranza.: T1 – barbecho + rastra; T2 – rastra; T3 – multiarado; T4 – cero labranza; T5 – cero labranza + 33% de cobertura con residuos de la cosecha; T6 - cero labranza + 66% de cobertura con residuos de la cosecha; SOM – materia orgánica del suelo; SOC – carbono orgánico del suelo; TC – carbono total; BAC – bacterias aeróbicas totales; FUN – hongos; POX – actividad peroxidasa; PPO – actividad polifenol oxidasa; β-gal – actividad β -galactosidasa; YLD – rendimiento; EC – conductividad eléctrica; pH –potencial de hidrógeno; T-GRSP – proteínas del suelo relacionadas con glomalina (GRSP) total; EE-GRSP – GRSP fácilmente extraíbles; DE-GRSP – GRSP difícilmente extraíbles.

De acuerdo con el PCA, se explica un 70.76% de la varianza con 2 componentes. Además, las muestras de diferentes grupos mostraron una distribución descentralizada y agregada. A partir de los resultados, se seleccionaron las variables de pH, C.E., T-PSRG, DE-PSRG, FE-PSRG, REN y HON como las principales variables ambientales y biológicas relacionadas con los tratamientos.

El menor pH en los tratamientos bajo agricultura de conservación puede estar relacionado con la acumulación de MOS en los centímetros superiores del suelo, la mineralización de MOS y la exudación de las raíces, provocando un aumento en la concentración de electrolitos, tal como lo encontraron Limousin y Tessier (2007). Por el contrario, Chatterjee y Lal (2009) señalaron que la CE fue menor en suelos bajo labranza cero, mejorando el movimiento del agua en el suelo y el desarrollo de los agregados del suelo, lo que también podría estar relacionado con los niveles más bajos de CE (Yu et al., 2016), coincidiendo con este estudio. Por otro lado, los GRSP en sus tres derivados fueron mayores en los tratamientos de labranza de conservación, lo que puede deberse a la formación de complejos proteicos, beneficiando la formación de agregados del suelo. Es fundamental mencionar que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) producen GRSP; por lo tanto, el nivel de GRSP está relacionado con las comunidades fúngicas. Muchas investigaciones han demostrado un aumento en la población de hongos cuando se utiliza labranza cero (Dai et al., 2015; Wang et al., 2016), principalmente HMA; aunque, otros han informado que no hay efecto de la labranza sobre las comunidades fúngicas, excepto los HMA que son más abundantes en la agricultura de conservación y los hongos fitopatógenos en suelos arados (Detheridge et al., 2016). Además, la descomposición de la glomalina también puede verse alterada por las características del suelo, como su eliminación y la disponibilidad de nutrientes, que influyen en la actividad microbiana(Wu et al., 2014).

Galazka et al. (2017) obtuvieron un mayor contenido de GRSP en tratamientos bajo labranza de conservación que en labranza convencional, demostrando que los grupos GRSP son sensibles a las prácticas de manejo. Tales diferencias en el aporte de glomalina parecen estar relacionadas con los diferentes orígenes del suelo y la diferente estabilización según la naturaleza de la MOS (Staunton et al., 2020). La descomposición de la MOS es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, lo que se traduce en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de la calidad del suelo y del rendimiento de los cultivos.

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron la eficiencia a largo plazo de la agricultura de conservación para mejorar la calidad y fertilidad del suelo, al incrementar factores como la concentración de MOS y COS, incrementa el metabolismo microbiano para la mineralización de dicha materia orgánica, favorece la presencia de microorganismos benéficos como los hongos micorrízicos arbusculares, los cuales a su vez incrementan el contenido de PSRG que se relacionan directamente con la agregación del suelo, e incrementar el rendimiento del cultivo. En contraste, la labranza convencional como el barbecho más rastra presentó un mayor nivel de pH y CE, lo cual puede verse reflejado en el menor rendimiento y salud del suelo. Mas aún, el efecto benéfico de la labranza cero en el mejoramiento del suelo pudo observarse desde el mediano plazo (2 años).

REFERENCIAS

Anderson, J. P. E. (1982). *Soil Respiration*. *9*(9), 831–871. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41

Chatterjee, A., & Lal, R. (2009). On farm assessment of tillage impact on soil carbon and associated soil quality parameters. *Soil and Tillage Research*, *104*(2), 270–277. https://doi.org/10.1016/j.still.2009.03.006

Dai, J., Hu, J., Zhu, A., Bai, J., Wang, J., & Lin, X. (2015). No tillage enhances arbuscular mycorrhizal fungal population, glomalin-related soil protein content, and organic carbon accumulation in soil macroaggregates. *Journal of Soils and Sediments*, *15*(5), 1055–1062. https://doi.org/10.1007/s11368-015-1091-9

Detheridge, A. P., Brand, G., Fychan, R., Crotty, F. V., Sanderson, R., Griffith, G. W., & Marley, C. L. (2016). The legacy effect of cover crops on soil fungal populations in a

cereal rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *228*, 49–61. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.022

Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *20*(5), 601–606. https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90141-1

Galazka, A., Gawryjolek, K., Grzadziel, J., & Ksiezak, J. (2017). Effect of different agricultural management practices on soil biological parameters including glomalin fraction. *Plant, Soil and Environment*, *63*(7), 300–306. https://doi.org/10.17221/207/2017-PSE

Jackson, M. L. (1982). *Análisis Químico de Suelos* (O. Barcelona, Ed.; 4 ta).

Limousin, G., & Tessier, D. (2007). Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. *Soil and Tillage Research*, *92*(1–2), 167–174. https://doi.org/10.1016/j.still.2006.02.003

Rillig, M. C., Ramsey, P. W., Morris, S., & Paul, E. A. (2003). Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. *Plant and Soil*, *253*(2), 293–299. https://doi.org/10.1023/A:1024807820579

Saiy-Cork K. R, Sinsabaugh R. L, Z. D. R. (2002). The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an Acer saccharum forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*(9), 1309–1315. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00074-3

Sonmez, S., Buyuktas, D., Okturen, F., & Citak, S. (2008). Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma*, *144*(1–2), 361–369. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.12.005

Staunton, S., Saby, N. P. A., Arrouays, D., & Quiquampoix, H. (2020). Can soil properties and land use explain glomalin-related soil protein (GRSP) accumulation? A nationwide survey in France. *Catena*, *193*(October 2019), 104620. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104620

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Wang, Z., Liu, L., Chen, Q., Wen, X., & Liao, Y. (2016). Conservation tillage increases soil bacterial diversity in the dryland of northern China. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*(2), 1–9. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0366-x

Wu, Z., McGrouther, K., Huang, J., Wu, P., Wu, W., & Wang, H. (2014). Decomposition and the contribution of glomalin-related soil protein (GRSP) in heavy metal sequestration: Field experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, *68*, 283–290. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.010

Yu, Z. H., Liu, X. M., Xu, C. Y., Xiong, H. L., & Li, H. (2016). Specific ion effects on soil water movement. *Soil and Tillage Research*, *161*, 63–70. https://doi.org/10.1016/j.still.2016.03.004

ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MAÍZ EN MÉXICO

CORN PRICE ANALISYS IN MEXICO

MC. Erick Baltazar Brenes

INIFAP, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, Jalisco, México.
baltazar.erick@inifap.gob.mx

RESUMEN

En este trabajo se analiza el precio medio rural de maíz blanco de temporal y de riego, el precio nacional al mayoreo y el precio de importación para identificar su comportamiento. Se calculó la desviación estándar de la tasa de crecimiento continua de cada tipo de precio para determinar el nivel de volatilidad. Todos los precios tienen una tendencia a la alza. El precio con mayor volatilidad es el de importación, seguido del precio del maíz de riego y al mayoreo, mientras que el precio medio rural de maíz de temporal presentó menor variación. De 2012 a 2019 los precios de la tonelada de maíz disminuyeron más de 20% no obstante, desde 2020 tuvieron un incremento constante. Se esperaría que durante 2023 los precios del maíz nacional de riego y de temporal se estabilicen por el incremento de la producción mundial de este grano.

Palabras clave: Fluctuación de precios, precio de importación, precios del maíz nacional.

ABSTRACT

In this study, the average rural prices of rainfed and irrigated white corn, the national wholesale price, and the import price are analyzed to identify their behavior. The standard deviation of the continuous growth rate was calculated for each price type to determine the level of volatility. All prices show an upward trend. The import price exhibited the highest volatility, followed by the price of irrigated corn and wholesale, while the average rural price of rainfed corn showed the lowest variation. From 2012 to 2019, corn prices decreased by more than 20%; however, since 2020, they have been steadily increasing. It is expected that during 2023, the prices of national irrigated and rainfed corn will stabilize due to the increase in global production of this grain.

Key words: Price fluctuations, import price, national corn prices.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un producto de consumo básico en México, cultivado en la mayor parte del territorio nacional, con un consumo estimado para 2023 de 44.2 millones de toneladas. Esto representa un incremento del 0.5% respecto al ciclo anterior (FIRA, 2023). Con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), se calculó que la producción de maíz de grano blanco en México creció un 14.81%, pasando de 20,179,483 a 23,168,582 toneladas de 2012 a 2022. Este aumento se debió, en parte, al aumento de los precios, ya que los productores suelen conducirse con base en las expectativas (Araujo, 2022).

Los principales productores de maíz blanco a nivel nacional son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Guanajuato, Guerrero, Veracruz y Chiapas, que en conjunto producen el 75.53% del total. En 2022, el rendimiento promedio nacional (t/ha) fue de 6.57 en riego y de 2.15 en temporal. Para ese mismo año, los rendimientos estatales más altos en riego se reportaron en Sinaloa (12.21), Baja California (11.2), Sonora (11.05) y Guanajuato (10.2), y en temporal en Jalisco (7.02), Morelos (4.96) y Nayarit (4.0).

México no es autosuficiente en la producción de maíz (Reyes *et al*., 2022). De acuerdo con datos de la Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT, 2023), las importaciones de maíz en México se incrementaron en un 82.82%, pasando de 9,515,074 a 17,396,066.36 toneladas, principalmente provenientes de Estados Unidos de América (EUA) de 2012 a 2021.

La producción mundial de maíz creció en un 38.22%, alcanzando 1,210,235,135 toneladas del 2012 al 2021. Los principales productores de maíz a nivel mundial son Estados Unidos de América, China, Brasil, Argentina, Ucrania, India, México e Indonesia. Los principales exportadores de maíz son Estados Unidos, Argentina, Ucrania y Brasil.

En este trabajo se realizó un análisis del precio medio rural en temporal y de riego de maíz blanco grano, del precio nacional al mayoreo y del precio de importación. El objetivo fue identificar el comportamiento de los precios de los mercados del maíz y su tendencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), del Banco de México (BANXICO), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

La información del precio medio rural (PMR) del maíz blanco grano se obtuvo del SIAP. Los precios nacionales al mayoreo fueron los promedios anuales de los precios diarios frecuentes del maíz blanco producido en México en todos los puntos de venta, en presentación de bulto de 50 kg, publicados por el Sistema Nacional de Información de Mercados (SNIIM). Los precios de importación se calcularon a partir de la información de importaciones publicada por la FAO.

Los precios se deflactaron a diciembre de 2022 empleando los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), base julio de 2018, publicados por el Banco de México. Para calcular el precio de importación en pesos se tomó el tipo de cambio promedio mensual FIX determinado por el Banco de México.

Se calculó la desviación estándar de la tasa de crecimiento continua de cada tipo de precio para determinar el nivel de volatilidad. A menor valor de la desviación estándar, menor nivel de volatilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periodo analizado, en términos reales, el precio al mayoreo tuvo un aumento del 30.9% y el de riego del 7.7%, mientras que el precio de temporal disminuyó un 2.4% y el de importación un 0.8%. El cultivo de maíz, principalmente aquel con sistemas de producción de baja tecnificación y a pequeña escala, se ha caracterizado por ser una opción con bajas tasas de rentabilidad. La diferencia de los márgenes de comercialización entre los productores y los mayoristas deja en claro la necesidad de que los productores hagan llegar su producto al consumidor final con la participación de menos intermediarios (Maximiliano-Martínez *et al*., 2011).

Se identificó que todos los precios tienen una tendencia alcista y una correlación positiva entre 0.869 y 0.959. Este comportamiento corresponde con los resultados de los estudios de Moreno-Sáenz *et al*. (2016) y De los Santos-Ramos *et al*., (2017), lo que indica que los precios nacionales son afectados por las fluctuaciones del precio internacional.

El precio con mayor volatilidad es el de importación (**σ** = 0.0611), seguido del precio del maíz de riego (**σ** = 0.0583) y al mayoreo (**σ** = 0.0545), mientras que el precio medio rural de maíz de temporal presentó menor variación (**σ** = 0.0415). En promedio, el precio al mayoreo es un 61.9% mayor al resto de los precios, esta diferencia entre el precio al mayoreo y los demás se incrementó en promedio un 2.78% de forma anual. Las fluctuaciones en el precio de importación pueden presentarse por diversos factores, algunos de ellos son cambios en la superficie sembrada y en los rendimientos, en las condiciones agroclimáticas y en los usos del maíz, así como en la oferta y demanda mundial (López-García *et al*., 2022).

De 2012 a 2019, los precios de la tonelada de maíz disminuyeron entre un 21% y un 32%; sin embargo, desde 2020 tuvieron un incremento constante. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los precios del maíz, su tendencia y el nivel de volatilidad.

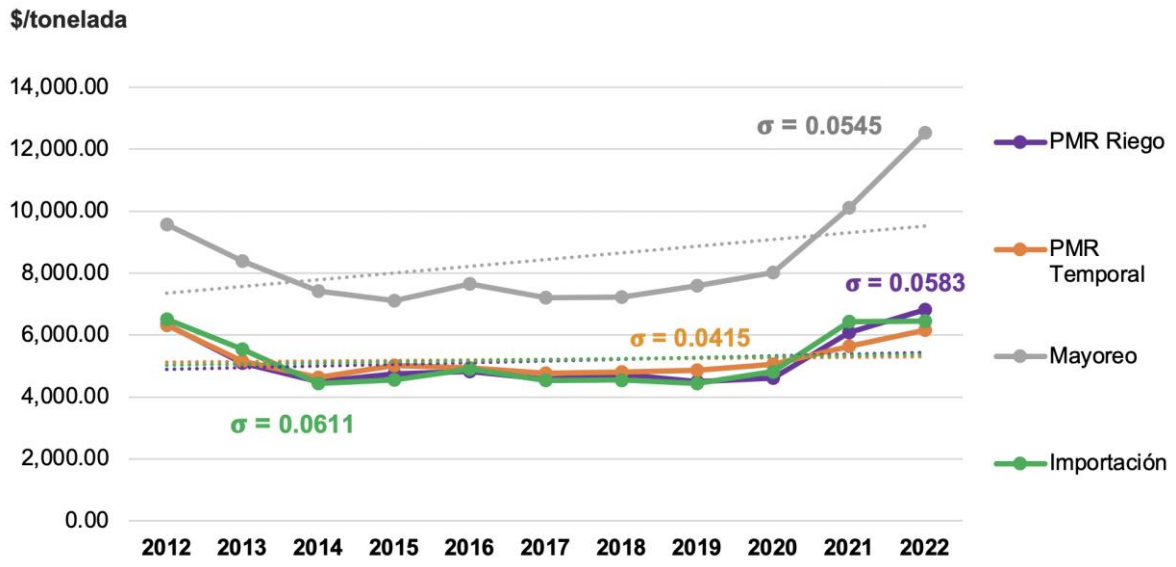


Figura 1. Precios del maíz, tendencia y volatilidad.

CONCLUSIONES

El maíz es uno de los productos de mayor importancia y consumo en México, y su producción ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. El aumento en los precios del maíz ha sido uno de los factores que han impulsado este crecimiento, ya que los productores se guían por las expectativas económicas.

A pesar del aumento en la producción, México no es autosuficiente en la producción de maíz, lo que ha llevado al país a depender en gran medida de las importaciones, principalmente provenientes de Estados Unidos. Esta dependencia de las importaciones ha hecho que el precio de importación del maíz tenga una mayor volatilidad en comparación con los precios nacionales.

El análisis de los precios de diferentes tipos de maíz mostró que todos los precios han experimentado una tendencia alcista y una correlación positiva, lo que indica que los precios nacionales están influenciados por las fluctuaciones del precio internacional. Además, se observó que el precio al mayoreo es el que presenta mayor volatilidad, seguido por el precio del maíz de riego, mientras que el precio medio rural de maíz de temporal es el que muestra menor variación.

En términos generales, los precios de la tonelada de maíz han tenido altibajos, pero a partir de 2020 han experimentado un aumento constante debido a la escasez de grano a nivel mundial como consecuencia de la pandemia de COVID-19.

REFERENCIAS

Araujo, A., L.A., (2022). Demanda, oferta y precio del maíz amarillo en México 2012-2021. Revista Mexicana de Agronegocios 50(1345-2022-757): 197-208. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14173239008

BANXICO, sistema de Información Económica (2023). Tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en dólares de los EE.UU.A., pagaderas en la República Mexicana. https://www.banxico.org.mx/tipcamb/tipCamMIAction.do?idioma=sp

BANXICO, sistema de Información Económica (2023). Índices de Precios al Consumidor y UDIS. https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=8&accion=consultarCuadro&idCuadro=CP154&locale=es

De los Santos-Ramos, M., Romero-Rosales, T. y Bobadilla-Soto, E.E. (2017). Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. Agronomía Mesoamericana 28(2): 439-453. Doi: 10.15517/ma.v28i2.23608

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA (2023). Perspectivas. https://www.fira.gob.mx/InvYEvalEcon/EvaluacionIF

Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, FAOSTAT (2023). Comercio – Cultivos y Productos de Ganadería. https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL

López-García, M. del R., Martínez-Damián, M.A. y Arana-Coronado, J.J. (2022). Predictores del maíz blanco en Jalisco y Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13(2): 261-272. Disponible en: http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2740/4711

Maximiliano-Martínez, G., Rivera-Herrejón, M.G., Franco-Malvaíz, A.L. y Soria-Ruiz, J. (2011). Economía, Sociedad y Territorio 11(35): 197-224. Doi.org/10.22136/est002011124

Moreno-Sáenz, LI., González-Andrade, S., Matus-Gardea, J.A. (2016). Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(1): 115-126. Doi.org/10.29312/remexca.v7i1.375

Reyes Santiago, E., Bautista Mayorga, F. y García Salazar J.A. (2022). Análisis del mercado de maíz en México desde la perspectiva de precios. Acta universitaria 32E3265. Doi http://doi.org/10.15174.au.2022.3265

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Sistema Nacional de Información de Mercados, SNIIM (2023). Mercados nacionales – granos básicos. http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaGranos.aspx?SubOpcion=6|0

USDA - Foreing Agricultural Service (2023). Global Agriculture Trade System (GATS). https://apps.fas.usda.gov/gats/default.aspx

ANÁLISIS SENSORIAL DE PANQUÉ ELABORADO CON HARINA DE SORGO

Sánchez-Toledano, Blanca Isabel [1]*; Figueroa González, Juan José[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km. 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500.

* Autor de correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx, toledano.blancaisabel@gmail.com

RESUMEN

El sorgo es un cereal utilizado como forraje, principalmente. A pesar de ser un producto benéfico para la salud humana, su consumo es poco o nulo en México. La industria alimentaria podría ser una alternativa para diversificar este cereal en productos compatibles con personas celíacas. El estudio se enfocó en la evaluar sensorialmente un panqué elaborado con harina de sorgo. Un cuestionario, previamente diseñado y validado, fue administrado a 58 consumidores donde se exploraron las características demográficas de los participantes y el análisis sensorial de nueve panqués (P). Estos últimos fueron preparados con las siguientes proporciones de GX/MTG: P1 (0/0 %), P2 (0/0,25 %), P3 (0/0,5 %), P4 (0,25/0 %), P5 (0,25/0,25 %), P6 (0,25/0,5 %), P7 (0,5/0 %), P8 (0,5/0,25 %), P9 (0,5/0,5 %) y un panqué comercial (testigo). Los panqués de mayor preferencia y aceptación fueron el P9 y P7 seguido por el testigo, P5 y P8. Sin embargo, el panqué de mayor aceptación fue el testigo seguido por el P7 y P9. Se concluye que los panqués de sorgo representan una alternativa con beneficios para la salud de personas celíacas.

Palabras clave: Segmentación de consumidores, aceptación, pacientes celíacos.

ABSTRACT

Sorghum is a cereal used mainly as fodder. Despite being a beneficial product for human health, its consumption is little or non-existent in Mexico. The food industry could be an alternative to diversify this cereal into products compatible with people with celiac disease. The study focused on the sensory evaluation of a pancake made with sorghum flour. A previously designed and validated questionnaire was

administered to 58 consumers where the demographic characteristics of the participants and the sensory analysis of nine pancakes (P) were explored. The latter were prepared with the following proportions of GX/MTG: P1 (0/0 %), P2 (0/0.25 %), P3 (0/0.5 %), P4 (0.25/0 %), P5 (0.25/0.25 %), P6 (0.25/0.5 %), P7 (0.5/0 %), P8 (0.5/0.25 %), P9 (0.5/0.5 %) and a commercial pancake (control). The most preferred and accepted pancakes were P9 and P7 followed by the control, P5 and P8. However, the most accepted pancake was the control followed by P7 and P9. It is concluded that sorghum pancakes represent an alternative with health benefits for people with celiac disease.

Keywords: Consumer segmentation, acceptance, celiac patients.

INTRODUCCIÓN

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) indicó que México es uno de los principales países latinoamericanos en consumo de alimentos ultraprocesados, cuyo consumo promedio anual *per cápita* es de 214 kg (OPS, 2022). Esto último ha derivado que, entre la población mexicana, el 1 % padezca la enfermedad celíaca y 0,7 % alergia al trigo; mientras que la sensibilidad al gluten no celíaca varía entre el 1 y 25 % en poblaciones específicas (Cobos-Quevedo *et al.,* 2017).

El sorgo, es un cereal rico en proteínas (entre 10.9 y 12.0 %) que puede ayudar a la población intolerante al gluten (Marchini *et al.,* 2021). Además, diferentes estudios han comprobado que el sorgo contiene altos niveles de compuestos fenólicos (Awika *et al.,* 2005) entre 0,46 y 20 mg por g equivalentes de ácido gálico (Li *et al.,* 2021) y, por ende, rico en propiedades antioxidantes (Awika *et al.,* 2005). Contiene ácidos grasos como el linoleico (35,7 %), oleico (37,6 %), palmítico (18,6 %) y 2,1 % de ácido linolénico (Pontieri *et al.,* 2022). Lo anterior, se asocia con efectos protectores contra varias enfermedades crónico-degenerativas (Wu *et al.,* 2018). También, ha sido demostrado que su consumo, reduce los niveles de colesterol y triglicéridos hasta un 50 % cuando este cereal es ingerido por pacientes con hipercolesteterolemia (Treviño-Salinas *et al.,* 2021).

La importancia del sorgo en México radica en la superficie destinada para el cultivo, la cual asciende a 1.621.971,88 ha y generó una producción de 4.370.064 t (SIAP,

2022). A nivel mundial, México participa con el 10 % de la producción de sorgo (FAOSTAT, 2020). No obstante, la producción se destinó al consumo animal, principalmente (Cuevas *et al.,* 2020). Por lo anterior, generar valor agregado a través de la harina de sorgo ofrece una ventana de oportunidad con el propósito de desarrollar alimentos sin gluten como una opción para un nicho de consumidores en particular. Sin embargo, la eliminación del gluten tiene efectos desagradables tales como mala textura, sabor, aroma, color y corta vida útil de los productos elaborados. Así, la producción de pan sin gluten, con una calidad aceptable, ha llegado a ser un gran reto en la cadena alimentaria. En consecuencia, el objetivo del trabajo fue evaluar sensorialmente un panqué elaborado con harina de sorgo con diferentes proporciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se obtuvo mediante una encuesta por conveniencia elaborada de manera presencial a consumidores que visitaron centros comerciales de la ciudad de Querétaro, Querétaro (Centro) y Reynosa, Tamaulipas (Noreste) de México en enero de 2014. Se seleccionó un muestreo probabilístico aleatorio simple para una población infinita con afijación proporcional por edad (personas mayores de 20 años) y hábitos de consumo de algún tipo de harina. Se estableció un error del 10 %, un nivel de confianza del 95 % (Sánchez-Toledano *et al.,* 2013), y con ello se estimó el número de encuestas a aplicar (n = 58).

La evaluación sensorial se hizo al siguiente día de la elaboración de los diferentes prototipos de panqués junto con el panqué testigo. El panqué testigo fue elaborado con 100 % harina de trigo y éste es ampliamente vendido en establecimientos comerciales distribuidos en las ciudades evaluadas. Los panqués se rebanaron en cubos de 4 × 4 x 1 cm. Los consumidores evaluaron, en una condición ciega, la preferencia de los panqués elaborados con harina de sorgo y el panqué comercial elaborado con trigo. La preferencia de los panelistas hacia las diferentes muestras de panqués se evaluó con base en el olfato (aroma), vista (color), tacto (suavidad) y gusto (resabio amargo, humedad y adhesividad). Las muestras se presentaron de forma monódica (Di Monaco *et al.,* 2004) y se ofreció agua entre cada muestra. Los

panelistas calificaron la aceptación de los prototipos con la escala Hedónica (1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta moderadamente, 4 = me disgusta un poco, 5 = no me gusta ni me disgusta, 6 = me gusta poco, 7 = me gusta moderadamente, 8 = me gusta mucho, 9 = me gusta extremadamente) (Abdelghafor *et al.,* 2011).

El cuestionario fue validado y aprobado por un comité de ética de las ciencias sociales y se llevó a cabo de acuerdo a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki con especial atención en el resguardo de la información personal, según las normas mexicanas. La información se analizó con un modelo completamente aleatorio y se obtuvo el mapa de preferencias interno (MDPREF) (Hair *et al.,* 1998). La información se analizó en el programa software SPSS 27.0 para Windows (IBM, 2022) y en el sistema de análisis estadístico (SAS ver. 9,4 2002-2010) (Ferrán-Aranaz, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la experiencia sensorial, los atributos más importantes para el panel de consumidores fueron el color, aroma y dulzor, cuyos valores medios en la escala hedónica fueron de 6.8, 6.7 y 6.7, respectivamente. Mientras que los atributos como el resabio amargo (6.2) y adhesividad (6.0) gustaron moderadamente. En contraste, los valores medios de humedad (5.5) y suavidad del producto (5.8) tendieron hacia gustar ligeramente.

Asimismo, los prototipos con mejor preferencia y aceptación por los consumidores fueron el testigo (comercial) y los prototipos 5 (0.25/0.25 %), 7 (0.5/0 %), 8 (0.5/0.25 %) y 9 (0.5/0.5 %). En contraste, las puntaciones más bajas fueron dadas a los prototipos 1 (0/0 %), 2 (0/0.25 %) y 3 (0/0.5 %) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Preferencia y aceptación de los consumidores hacia los prototipos de panqué elaborados con de harina de sorgo y distintas proporciones de goma xantana y transglutaminasa microbiana.

Prototipos de panqué	*n**	Preferencia†	Aceptación del consumidor (%)		
			Gusto	Ni le gusta ni disgusta	Disgusta
P1	58	2,96[b]	84,48	3,45	12,07
P2	58	2,94[c]	68,97	10,34	20,69
P3	58	3,00[b]	77,59	3,45	18,96
P4	58	3,04[b]	79,31	5,17	15,52
P5	58	3,14[c]	84,48	1,73	13,79
P6	58	3,00[b]	74,14	12,07	13,79
P7	58	3,23[a]	89,66	3,44	6,90
P8	58	3,12[a]	77,59	12,07	10,34
P9	58	3,24[a]	86,21	5,17	8,62
Testigo	58	3,14[a]	91,38	3,45	5,17

*Tamaño de la muestra

† 1 = me disgusta, 2 = no me gusta ni me disgusta, 3= me gusta.

[a, b, c] Diferencias estadísticas entre los diferentes grupos consumidores al 95 % (Tukey).

Los resultados mostraron que los consumidores no se distribuyeron de forma equitativa a lo largo de los cuadrantes del mapa, reflejando la existencia de preferencias heterogéneas. Sin embargo, la mayoría (60 %) de los consumidores se posicionan en la parte derecha del mapa (Cuadrante I, Figura 1), en la dirección de los prototipos 5, 7, 8, y 9 donde los atributos intrínsecos y extrínsecos son mejor valorados.

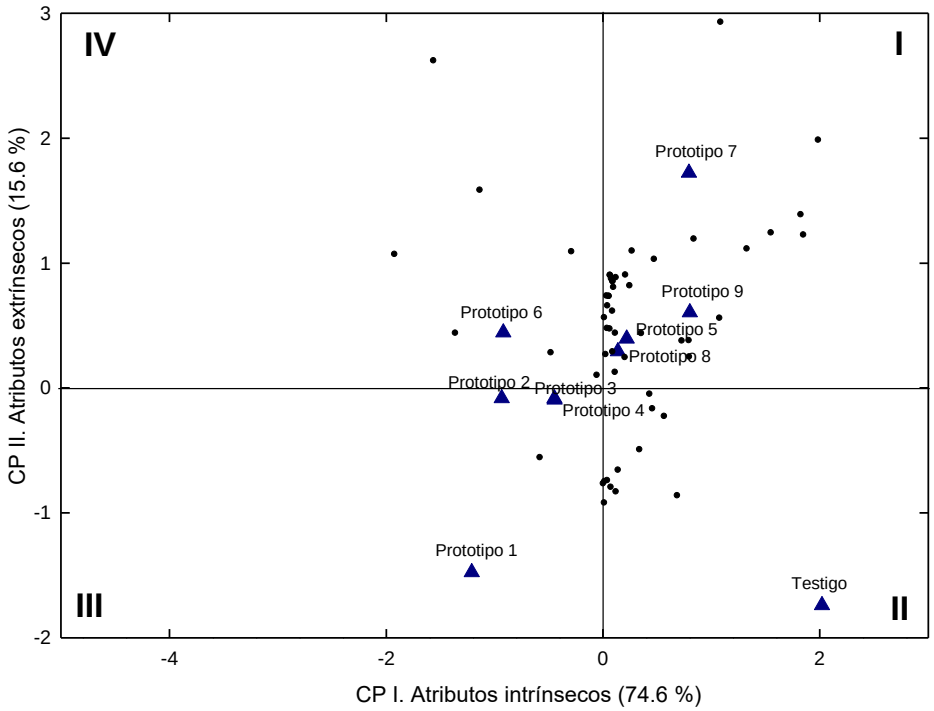


Figura 1. Mapa de preferencias interno basado en nueve prototipos de panqué elaborado con harina de sorgo y un panqué comercial como testigo

Entonces, la elaboración de panqué sin gluten con mejores características organolépticas, así como funcionales, utilizando ingredientes innovadores y mejores precios es un reto para la industria panadera (Molina-Rosell, 2013). Por el contrario, el prototipo 1 se posicionó en la parte izquierda (Cuadrante III, Figura 1), donde la densidad de los consumidores disminuyó considerablemente. Lo anterior, se atribuye a que los hidrocoloides utilizados inciden sensorialmente en los atributos del panqué. Los panes libres de gluten se caracterizan por el uso de aditivos específicos para mejorarlos, dentro de los cuales se encuentran los almidones, proteínas, fibras, grasas, hidrocoloides y enzimas específicas (Turkut *et al.,* 2016). Sin embargo, al prototipo 1, no se le agregó ningún aditivo para mejorar tanto el desarrollo de la masa como la retención de gases a través de un aumento de la viscosidad, produciendo así, un pan con bajas propiedades de horneado y calidad. Por otro lado, el panqué testigo se posicionó en el cuadrante II (Figura 1) donde los consumidores lo asocian con atributos intrínsecos favorables, pero los atributos extrínsecos tienen un valor negativo. El color del panqué comercial fue opaco y

marrón; mientras que los panqués elaborados con harina de sorgo se caracterizaron por tener una corteza amarilla brillante y una textura crujiente, por lo que este atributo atrajo a los consumidores. La apariencia del producto induce a que aumente o disminuya compras repetidas del producto. Estudios señalan que los factores que influyen en la elección de un producto son el sabor, la calidad y la apariencia (García *et al.*, 2019). En consecuencia, los consumidores de panqués buscan, independientemente del precio, un producto con buena apariencia, bajo en grasas, alto en proteínas y con una durabilidad media (Meyerding *et al.,* 2018). Sin embargo, estos últimos parámetros, no fueron evaluaron en este estudio.

CONCLUSIONES

El análisis sensorial de la composición del panqué elaborado con sorgo indicó, en promedio, que los atributos más importantes que determinan las preferencias de compra del panqué fueron el color, aroma y dulzura. Desde el punto de vista empresarial, estos resultados generan un área de oportunidad para este producto con estos atributos.

El estudio demostró que los prototipos de panqué con potencial de mercado fueron el 7, 9, 5 y 8 con proporciones de GX y MTG de (0.5 %/0 %), (0.5 %/0.5 %), (0.25 %/0.25 %) y (0.5 %/0.25 %), respetivamente. Por esta razón, se debe analizar las diferentes estrategias de mercadotecnia (promoción, plaza y precio) con el fin de lograr posicionarlos en el mercado.

REFERENCIAS

Abdelghafor, F., Mustafa, I., Ibrahim, H. & Krishnan, G. (2011). Quality of bread from composite flour of sorghum and hard White Winter wheat. Adv*. Journal of Food Science and Technology,* 3(1), 9-15.

Awika, M., McDonough, M. & Rooney, W. (2005). Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*, 6230-6234. https://doi.org/10.1021/jf0510384.

Cobos-Quevedo, O., Hernández-Hernández, A. & Remes-Troche, M. (2017). Trastornos relacionados con el gluten: panorama actual. *Medicina interna de México, 33*(4), 487-502.

Cuevas, V., Sánchez-Toledano, B.I., Servín, R., Reyes, E., Loaiza, A. y Moreno, T. (2020). Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *11*(4), 1113-1125. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5292.

Di Monaco, R., Cavella, S. Di Marzo & Masi, P. (2004). The effect of expectations generated by brand name on the acceptability of dried semolina pasta. *Food Quality and Preference*, *15*, 429-437. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2003.07.003.

FAOSTAT (2020). *Estadísticas de cultivos a nivel mundial de la Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO)*. http://faostat.fao.org.

Ferrán–Aranaz, M. (2001). SPSS para Windows. Análisis estadístico. México: McGraw–Hill. IBM Corporation. 2022. SPSS software. https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statisticssoftware.

García, V., Zavala, M. y Cruz, I. (2019). Factores que influyen en la decisión de compra del consumidor de los Food Trucks. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Infomática* ,*8*(22), 34-48. https://doi.org/10.36677/recai.v8i22.12322.

Hair, J., Anderson, E., Tatham, R. & Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis.* Prentice-Hall International, Inc. New Jersey, USA.

Marchini, M., Marti, A., Folli, C., Prandi, B., Ganino, T., Conte, P. & Carini, E. (2021). Sprouting of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): Effect of drying treatment on protein and starch features. *Foods*, *10*(2), 407. https://doi.org/10.3390/foods10020407

Meyerding, G., Kürzdörfer, A. & Gassler, B. (2018). Consumer preferences for superfood ingredients—The case of bread in Germany. *Sustainability, 10*(12), 4667. https://doi.org/10.3390/su10124667.

Molina-Rosell, C. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca. En Rodrigo L y Peña AS, editores. Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca. Barcelona, España: *OmniaScience*, 447-461. https://doi.org/10.3926/oms.27.

OPS. (2022). *Organización Panamericana de la Salud*. https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-894288.

Pontieri, P., Troisi, J., Calcagnile, M., Bean, R., Tilley, M., Aramouni, F. & Del Giudice, L. (2022). Chemical composition, fatty acid, and mineral content of food-grade white,

red and black sorghum varieties grown in the mediterranean environment. *Foods*, *11*(3), 436. https://doi.org/10.3390/foods11030436.

Sánchez-Toledano, B.I., Zegbe, J., Rumayor, A. y Moctezuma, G. (2013). Estructura económica competitiva del sector agropecuario de Zacatecas: un análisis por agrocadenas. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *33*,552-563.

SIAP. (2022). *Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.* https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Turkut, M., Cakmak, H., Kumcuo-glu, S. & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science, 69*,174-181. http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005.

Treviño-Salinas, M., Perales-Torres, A., Castillo-Ruíz, O., Montes-García, N., Lizarazo-Ortega, C., Navarro-Cortez, R. & Rodríguez-Castillejos, G. (2021). Proximal analysis and profile of fatty acids on six varieties of white grain sorghum with potential use in human consumption. *CyTA-Journal of Food*, *19*(1), 547-551. https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1928757.

Wu, G., Shen, Y., Qi, Y., Zhang, H., Wang, I., Qian, H. & Johnson, K. (2018). Improvement of in vitro and cellular antioxidant properties of Chinese steamed bread through sorghum addition. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 91*, 77-83. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.074.

ANTAGONISMO *in vitro* DE *Trichoderma* spp. SOBRE *Sclerotinia sclerotiorum* EN AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.) EN EL NORTE DE SINALOA

Víctor Hugo Aguilar Pérez[1*], Alma Rosa Solano Báez[2], Elizabeth García León[3], Guillermo Márquez Licona[2] y Rosa María Longoria Espinoza[4]

[1]Maestría en Fitopatología y Medio ambiente, Universidad Autónoma de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México. [2]Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Yautepec, Morelos, CP 62731, México [3]Campo experimental valle del Fuerte-INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, C.P. 81110, México. [4]Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia: hugoapp1804@gmail.com

RESUMEN

En el ciclo primavera-verano 2020 se observó sintomatología de prudrición en la base del tallo en cultivos de ajonjolí con incidencias del 15%. Por lo que, el objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antagónica de aislados de *Trichoderma* spp. sobre el agente causal de la pudrición basal del ajonjolí. Se recolectaron muestras de plantas de ajonjolí con síntomas asociados a la pudrición basal en lotes comerciales en el municipio de El Fuerte, Sinaloa. La caracterización morfológica de los aislados puros se realizó de acuerdo con claves taxonómicas especializadas, mientras que la patogenicidad se probó en plantas de la variedad regional Dormilon a través de inoculación directa de esclerocios en en plantas de ajonjolí. Las pruebas de antagonismo se hicieron en placas Petri con la técnica de cultivo dual, con aislados nativos en medio de cultivo selectivo para *Trichoderma* spp. Adicionalmente se utilizaron cepas con antagonismo probado en otros hongos patogénicos. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó con un ANOVA de una vía y comparación de medias de Tukey con el programa SAS v9.4. Los resultados en la morfología de los aislados determinaron estructuras características del género *Sclerotinia*. Los postulados de Koch determinaron la patogenicidad de los aislados. Los aislamientos de *Trichoderma* spp. L1 y L2 presentaron una inhibición micelial del 63.99% y 62.18%, respectivamente, con lo que se determinó que los aislados endémicos tienen un potencial

como agentes de control biológico en el manejo de la enfermedad en campo, considerándose el manejo biológico como una alternativa viable.

Palabras clave: *Sesamum indicum*, *Sclerotinia*, *Trichoderma*, antagonismo.

ABSTRACT

During crop cycle spring-summer 2020 a symptom of root and collar rot observed in sesame crop with 15 % of incidence. The objective of this research was evaluating the antagonistic activity of *Trichoderma* spp. isolates on the causal agent of the collar rot in sesame. Samples of sesame plants with symptoms associated to collar rot collected in commercial orchards of the municipality of El Fuerte, Sinaloa. Morphological characterization of the purified isolates made with specialized taxonomical keys, meanwhile pathogenicity test demonstrated in the regional cultivar Dormilon with an inoculation of direct application of sclerotia in the sesame plants pots. Antagonism was assessed in Petri dishes with the dual culture technique, using native isolates in *Trichoderma* selective media. In addition, strains of antagonism probed in other pathogenic fungal isolates used. Statistical analysis of obtained data was performed with an ANOVA of one way and a comparison of means Tukeys with SAS v9.4 program. The results in the morphology of the isolates determined characteristics structures of the genus *Sclerotinia*. Koch's postulates demonstrate the pathogenicity of the isolates. The strains L1 and L2 of *Trichoderma* spp. show and mycelial inhibition of 63.99 and 62.18 %, respectively, with that, endemic isolates present a potential activity as biological control agent in the management of the disease in field, considering biological control as a viable alternative.

Keywords: *Sesamum indicum*, *Sclerotinia*, *Trichoderma*, antagonism.

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) de la familia Pedaliacea, es la segunda oleaginosa más sembrada en México con 72,742 ha (SIAP, 2021). Sinaloa es el estado con mayor producción a nivel nacional con 18,827 t, con rendimientos de 0.6 a 1.3 t ha^{-1}. El ajonjolí es afectado desde la etapa de germinación hasta madurez por diversas enfermedades. La presencia de fitopatógenos causa pérdidas en el rendimiento del cultivo y en la calidad de la semilla (Sarr *et al*., 2014; Machado *et al*., 2019). Los patógenos infectan raíz, tallo, hojas, flores o cápsulas, lo que se manifiesta con síntomas de pudrición, muerte descendente,

manchas foliares, marchitez y damping-off (Peraza y Laurentin, 2013). Las enfermedades con origen en el suelo son consideradas la limitante más importante en la producción agrícola. Patógenos como *Fusarium* spp., *Macrophomina* spp., *Rhizoctonia* spp., *Sclerotinia* spp., *Pythium* spp., y *Phytophthora* spp. pueden causar pérdidas en el rendimiento de 50 a 75% en diversos cultivos como trigo, algodón, maíz, hortalizas, frutales y ornamentales (Lewis y Papavizas, 1991; Mihajlovic *et al*., 2017; Baysal-Gurel y Kabir, 2019). Los fungicidas químicos son la primera opción para el manejo de enfermedades con origen en el suelo, entre los que se encuentran diferentes ingredientes activos y grupos químicos como el tiofanato metil (Methyl Benzimidazole Carbamates, BMC), pyraclostrobin (Quinone outside Inhibitors, QoI), prochloraz y tebuconazol (DeMethylation inhibitors, DMI). Sin embargo, en años recientes la preocupación por los daños al medio ambiente, riesgos a la salud, y el incremento de los costos de producción por el uso de fungicidas ha despertado el interés por alternativas para el manejo de enfermedades.

Los agentes de control biológico de enfermedades se han implementado como alternativa para encontrar un balance entre la producción, se han incorporado conocimientos de las interacciones en el ecosistema, la economía y el ambiente (Chellemi et al., 2015). En ajonjolí se han aplicado agentes de control biológico como *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis* para el manejo de *F. oxysporum* y *M. phaseolina* en India y Egipto (Elewa et al., 2011; Mahmoud y Abdalla, 2018). Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento micelial del agente causal de la pudrición basal del ajonjolí.

MATERIALES Y MÉTODOS

En lotes comerciales de ajonjolí en El Fuerte, Sinaloa se observaron síntomas de pudrición basal, inicialmente manchas pequeñas de color café, que al avanzar la enfermedad se presentó en el tallo tejido necrótico y esporulación de micelio blanco que se extendió hasta las raíces. Para el aislamiento del hongo, se tomaron muestras sintomáticas, se realizaron cortes de raíz y tallo de aproximadamente 5 mm^2 de la zona de avance de la pudrición, considerando tejido vegetal sano y enfermo. Para desinfestar de manera superficial, los tejidos se introdujeron en solución de hipoclorito de sodio al 1.2% durante dos minutos, posteriormente se realizaron tres lavados consecutivos con agua destilada estéril, con la finalidad de eliminar el hipoclorito de sodio y ser transferidos bajo condiciones estériles a cajas Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA) BIOXON®. Las cuales se

incubaron bajo condiciones de oscuridad durante 72 h a 25 °C; pasado el tiempo se tomaron discos miceliales (5 mm de diámetro) del extremo de los crecimientos con características propias del género *Sclerotinia*. Las colonias se transfirieron a nuevas placas Petri en medio PDA para posteriormente purificarse utilizando la técnica de transferencia de puntas de hifa desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA). Los cultivos purificados se transfirieron a medio de cultivo PDA y agua-agar (AA), para posteriormente realizar de manera preliminar la caracterización cultural y morfológica según el protocolo de Smith *et al.,* (1996).

La patogenicidad de los aislados se determinó en plantas de ajonjolí de la variedad regional Dormilón de 25 días de edad sembradas en sustrato estéril, como se indica a continuación: se sembraron cuatro macetas con tres plantas cada maceta (12 plantas para cada aislado), las plantas se inocularon colocando tres esclerocios en la base de cada planta. Para mantener la humedad relativa alta, las plantas fueron cubiertas con una bolsa transparente de polietileno por 48 horas y se monitorearon diariamente. Un grupo de doce plantas sin inocular fungieron como testigos, se regaron con agua y también se usaron bolsas transparentes de polietileno para mantener la humedad relativa.

De manera simultánea, hongos del género *Trichoderma* spp. se aislaron en los suelos donde se presentaron síntomas de pudrición basal, utilizando el medio selectivo para favorecer el crecimiento de *Trichoderma* (TSM) y PDA, siguiendo el protocolo de Harman y Kubicek, 2005; como se indica a continuación: de los lotes de recolecta del ajonjolí se tomaron muestras compuestas de suelo de 500 g, realizando un muestreo en cinco de oros a una profundidad de entre 10 a 15 cm, las muestras se trasladaron al laboratorio para su procesamiento. De la muestra de suelo extraída de campo se tomaron 25 g. los cuales se colocaron en un matraz Erlenmeyer adicionando 250 mL de agua destilada estéril, para posteriormente mezclarlo durante 30 minutos; obteniendo la que denominamos suspensión madre; para la realización de diluciones seriadas (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3},10^{-4},10^{-5}), de las cuales se colocaron 30 µL de cada dilución en placas Petri con medio de cultivo TSM y PDA, para posteriormente incubarse a 26 °C en oscuridad durante 72 h (Samuels y Hebbar, 2015). Los cultivos fúngicos se purificaron con la técnica de punta de hifa desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA) y transfiriéndolas a PDA. Asimismo, se incorporaron al experimento 3 aislados previamente caracterizadas como *T. harzianum,* con antagonismo probado sobre otros aislados.

La evaluación antagónica se realizó *in vitro* con la técnica de cultivo dual en placas Petri de 90 mm con PDA, de la siguiente manera: en un extremo de la placa Petri se colocó un disco de agar de 4 mm de diámetro con micelio caracterizado como *Sclerotinia sclerotiorum* y en el extremo opuesto otro disco de 4mm con micelio de *Trichoderma* spp. se realizaron 5 repeticiones por aislado. Los testigos consistieron en 5 placas Petri de 90 mm con PDA, en un extremo se colocaron discos con micelio de los aislado de *Sclerotinia sclerotiorum* sin el antagonista. Las placas Petri se incubaron a 25 °C con fotoperiodo de 12 h, en un diseño completamente al azar (Howell, 2003).

El crecimiento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* se marcó cada 24 h en la base de la placa Petri y se evaluaron una vez que los aislados que fungieron como control cubrieron el 95% de la superficie del medio de cultivo. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) se calculó de acuerdo con la formula: PICM= (C-T) ·100/C, donde C= crecimiento en cm de *S. sclerotiorum* del testigo (sin confrontación), T= crecimiento en mm de *Sclerotinia sclerotiorum* en confrontación con *Trichoderma* spp. (Rini and Sulochana, 2008). La tasa de crecimiento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* se analizó con un ANOVA de una vía y la comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey (α=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuatro aislados obtenidos presentaron características culturales y morfológicas típicas del género *Sclerotinia* reportadas por Bolton *et al., 2006;* Zanatta *et al., 2019*. Las colonias presentaron micelio blanco compacto, su tasa de crecimiento micelial fue de 26.67 mm por día, la disposición de esclerocios fue en el margen de la placa Petri a los 6 días después de la inoculación en medio PDA.

La patogenicidad se comprobó en las plantas ajonjoli variedad Dormilón. Las plantas inoculadas mostraron lesiones necróticas color café en la base del tallo, desarrollo de micelio blanco que avanzó a síntomas de amarillamiento y marchitez característicos de *Sclerotinia sclerotiorum* reportados por Boland y Hall, 1994; Xia *et al*., 2020, mientras que las plantas testigos permanecieron sin síntomas. La sintomatología se presentó 7 días después de la inoculación. Para cumplir con los postulados de Koch´s el hongo se reaisló de todas las plantas que presentaron síntomas.

Las pruebas de antagonismo por cultivo dual *Trichoderma* spp. mostró porcentajes de inhibición del crecimiento micelial (PICM) de sobre *Sclerotinia sclerotiorum* del 52 al 64 % con diferencias significativas P>0.05 (Cuadro 1). Las cepas endémicas presentaron los

porcentajes más altos. Hernández-Castillo *et al*., 2006; Zhang *et al*., 2016. En pruebas de antagonismo de *T. harzianum* contra *S. sclerotiorum* obtuvieron porcentajes de inhibición del crecimiento micelial del 50.9 y 56.3 %. Los resultados encontrados indican que los aislados nativos de *Trichoderma* spp. L1 y L2 tienen potencial como controladores biológicos.

Cuadro 1. Actividad antagónica de *Trichoderma* spp. contra *Sclerotinia sclerotiorum*

Cepa	Tasa de crecimiento (mm·día)	PICM (%)
FAVF654 (Testigo)	26.67	0.00
L1 (*Trichoderma asperellum*)	17.06	63.99 a
L2 (*Trichoderma asperellum*)	16.58	62.18 a
H7 (*Trichoderma harzianum*)	13.93	52.24 c
H21 (*Trichoderma harzianum*)	15.53	58.26 b
H27 (*Trichoderma harzianum*)	15.82	59.35 b

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa (P>0.05) de acuerdo con la prueba de Tukey. PICM= Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial.

CONCLUSIONES

Loa aislados obtenidos en la zona de El Fuerte, Sinaloa fueron patogénicos y mostraron características de *Sclerotinia sclerotiorum*

Los aislados endémicos de *Trichoderma* spp. representan un potencial antagonista ante la problemática emergente de la pudrición basal causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en el ajonjolí, además se sugiere estudiar otros mecanismos de antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *S. sclerotiorum*.

REFERENCIAS

Baysal-Gurel F and Kabir MN. 2019. Evaluation of fungicides and biocontrol products for the control of Phytophthora root rot of hydrangeas. Archives of Phytopathology and Crop Protection 52:481-496. DOI: 10.1080/03235408.2019.1648023

Boland, G.J. and Hall, R. 1994. Index of plant hosts of Sclerotinia sclerotiorum. Canadian Journal of Plant Pathology. 16, 93–108.

Bolton MD, Thomma BP and Nelson BD. 2006. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. Molecular Plant Pathology 7:1-16. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2005.00316.X

Chellemi DO, Gamliel A, Katan J and Subbarao KV. 2015. Development and deployment of systems-based approaches for the management of soilborne plant pathogens. Phytopathology 106:216-313. DOI: https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-15-0204-RVW

Elewa IS, Mostafa MH, Sahab AF and Ziedan EH. 2011.Direct effect of biocontrol agents on wilt and root-rot diseases of sesame. Archives of Phytopathology and Plant Protection 44:493- 504. DOI: 10.1080/03235400903187279

Howell C. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases the history and evolution of current concepts. Plant diseases, 87:4-10.

Lewis JA and Papavizas GC. 1991. Biocontrol of cotton damping-off caused by Rhizoctonia solani in the field with formulations of Trichoderma spp. and Gliocladium virens. Crop Protection 10:396-402. DOI: https://doi.org/10.1016/S0261-2194(06)80031-1

Machado AR, Pinho DB, Soares DJ, Gomes AA and Pereira OL. 2019. Bayesian analyses of dive gene regions reveal a new phylogenetic species of Macrophomina associated with charcoal rot on oilseed crops in Brazil. European Journal of Plant Pathology 153:89-100. DOI:10.1007/s10658-018-1545-1.

Mahmoud A and Abdalla O. 2018. Biocontrol efficacy of Trichoderma spp. against sesame wilt caused by Fusarium oxysporum f.sp. sesami. Archives of Phytopathology and Plant Protection 51:277-287. DOI: 10.1080/03235408.2018.1471837

Mihajlovic M, Rekanovic E, Hrustic J, Grahovac M and Tanovic B. 2017. Methods for management of soilborne plant pathogens. Pesticides and Phytomedicine 32: 9-24. DOI: 10.2298/PIF1701009M

Peraza D and Laurentin H. 2013. Evaluación de tres metodologías de inoculación de Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid. en germoplasma de ajonjolí (Sesamum

indicum L.). 133 Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 31:65-72. https://www.researchgate.net/publication/274070601

Sarr MP, Ndiaye MB, Groenewald JZ and Crous P. 2014. Genetic diversity in Macrophomina phaseolina, the causal agent of charcoal rot. Phytopathologia Mediterranea 53:250-268. DOI:10.14601/Phytopathol_Mediterr-13736

SIAP. 2021. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola 2020 en México. El cultivo de ajonjolí (consultado en julio del 2023).

Smith WH. 1996. Germination of Macrophomina phaseoli sclerotia as affected by Pinus lambertiana root exudate. Canadian Journal of Microbiology 15: 1387-1391. DOI:10.1139/M69-250

Xia S, Xu Y, Hoy R, Zhang J, Qin L and Li X. The notorious soilborne pathogenic fungus Sclerotinia sclerotiorum: An update on genes studied with mutant analysis. Pathogens 9:2- 22. DOI: 10.3390/pathogens9010027

Xia S, Xu Y, Hoy R, Zhang J, Qin L and Li X. 2016. The notorious soilborne pathogenic fungus Sclerotinia sclerotiorum: An update on genes studied with mutant analysis. Pathogens 9:2- 22. DOI: 10.3390/pathogens9010027

Zanatta TP, Kulczynki SM, Guterres CW, Fontana DC, Meira D, Ceolin EL, Balem E, Trevisan M, Paraginski JA and Buffon PA. 2019. Morphological and pathogenic characterization of Sclerotinia sclerotiorum. Journal of Agricultural Science 11:302-313. DOI: 10.5539/jas.v11n8p302

APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE ZINC EN VID

Reyna Roxana Guillén-Enríquez[1], Leticia Alfaro-Hernández[1], José Luis Galarza Mendoza[1], Manuel Fortis Hernández[1], Pablo Preciado-Rangel[1]

[1]Tecnológico Nacional de México-Campus Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. ppreciador@yahoo.com.mx

RESUMEN

La composición del suelo es vital para la nutrición de las plantas, en las zonas áridas y semiáridas las limitan la disponibilidad de los micronutrimentos, especialmente de zinc, lo que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos y en consecuencia a la población que pre4senta deficiencia de este oligoelemento. Aproximadamente 3,000 millones de personas en todo el mundo están afectadas por la deficiencia de zinc, lo que contribuye a numerosos problemas de salud. La biofortificación es una alternativa para tratar de disminuir este problema de desnutrición en la población. El experimento consistió en la aplicación foliar de diferentes concentraciones de NPs-ZnO en plantas de vid. Se utilizaron plantas de vid "Merlot" de ocho años de edad. La aspersión foliar de NPs-ZnO mejoro significativamente el número de racimo, peso de racimo, rendimiento, pH, solidos solubles totales y acidez titulable. La biofortificación agronómica con NPs-ZnO, es una buena estrategia para mejorar el rendimiento y mejorar la calidad de las bayas de vid.

Palabras clave: *Vitis vinífera;* bioestimulacion; Nanotecnologia

ABSTRACT

The composition of the soil is vital for the nutrition of plants, in arid and semi-arid zones the availability of micronutrients is limited, especially zinc, which affects the growth and development of crops and consequently the population that presents deficiency of this trace element. Approximately 3 billion people worldwide are affected by zinc deficiency, which contributes to numerous health problems. Biofortification is an alternative to try to reduce this problem of malnutrition in the population. The experiment consisted in the foliar application of different

concentrations of NPs-ZnO in vine plants. Eight-year-old "Merlot" vine plants were used. Foliar spraying of NPs-ZnO significantly improved bunch number, bunch weight, yield, pH, total soluble solids, and titratable acidity. Agronomic biofortification with NPs-ZnO is a good strategy to improve the yield and improve the quality of vine berries.

Key words: Vitis vinifera; biostimulation; nanotechnology

INTRODUCCIÓN

Es esencial considerar la composición del suelo para garantizar una nutrición adecuada de las plantas, dado que las deficiencias de nutrientes representan un problema global (Daccak *et al.*, 2022). Estas deficiencias de nutrimentos interfieren con las funciones metabólicas, resultando en alteraciones negativas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Kumar *et al*., 2021)., La deficiencia de zinc (Zn) es una situación habitual en las zonas áridas caracterizadas por poseer suelos calcáreos y un pH alcalino, causando una baja disponibilidad de este micronutriente para los cultivos (Mekawy, 2021). Lo anterior provoca una disminución del crecimiento y del rendimiento (Khan *et al*., 2019). El zinc desempeña funciones cruciales en aspectos como la expresión genética, la fotosíntesis, la estructura enzimática, el metabolismo de las auxinas, la permeabilidad de las membranas y la creación de proteínas (Amirjani *et al*., 2016). En el mundo, aproximadamente 3.000 millones de personas presentan algún grado de deficiencia de zinc (Daccak *et al*., 2021). Esta carencia contribuye a la manifestación de diversos problemas de salud, incluyendo trastornos neurológicos, enfermedades autoinmunes y degenerativas asociadas con la vejez, la enfermedad de Wilson, complicaciones cardiovasculares y diabetes mellitus, entre otros trastornos (Chasapis *et al*., 2011). Además, de acuerdo a las proyecciones, el 17.3% de la población global se encuentra en riesgo de no consumir suficiente Zn, con las consecuencias anteriormente descritas (Ramalho et al., 2022). Una de las alternativas para atenuar esta deficiencias es la biofortificación de cultivos para producir alimentos con mayor contenido de oligoelementos (Betancur *et al.*, 2020). La biofortificación ha demostrado ser el método más eficaz para incrementar el contenido de zinc y otros oligoelementos en las partes comestibles de las plantas, siendo la aplicación foliar muy superior en comparación con aplicación edáfica (Poblaciones *et al*., 2016; Singh y Velu, 2017). Por otro lado el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) es de una gran relevancia económica, siendo uno de los cultivos

perennes más significativos a nivel global (Ramírez-Gottfried *et al.*, 2023). Siendo un cultivo muy apto para la biofortificación. Por lo anteriormente mencionado, el presente objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de nanopartículas de zinc vía foliar en el rendimiento y parámetros etnológicos en el cultivo de vid.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El experimento se realizó en un huerto comercial ubicado en Monterrey, Durango, México, en las coordenadas 25°29'20"N, 103°37'37'O. El clima de la zona de estudio es estepario seco; la temperatura promedio es de 21 °C y la precipitación anual es de 253 mm. La textura del suelo es franco arenoso (81% arena, 14% limo y 5% arcilla); densidad aparente 1.67 g cm^{-3}; pH 8.37; capacidad de retención de agua 25.2%; conductividad eléctrica 1.28 dS m^{-1}; contenido de materia orgánica 1.18 mg kg^{-1}; nitrógeno total 32.8 mg kg-^{1}; fósforo disponible 24.4 mg kg^{-1} y potasio removible 90.43 mg kg^{-1}.

Material de plantación

Se utilizaron plantas de vid cv "Merlot" de ocho años de edad. El sistema de plantación fue de 1 m entre plantas y 3 m entre filas, con una densidad de plantación de 3.333 plantas ha^{-1}.

Nanopartículas de Zinc

Las nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO), fueron donadas por la Compañía Mexicana Investigación y Desarrollo de Nanomateriales S.A. de C.V (Gutiérrez-Ruela, et al. 2021). El tamaño de las nanopartículas tiene un promedio menor a 50 nm, un nivel de pureza de 99.7% y una densidad de 5.61 g cm^{-3} (Bautista-Diaz et al., 2021).

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizaron 4 concentraciones de nanopartículas de Zinc (NPsZnO): 25, 50, 75, 100 mg L^{-1} y un tratamiento control (0 mg L^{-1}), utilizando agua destilada y un tensioactivo comercial no tóxico (INEX-A®, 0,02% v:v). La distribución de los tratamientos fue bajo un diseño completamente al azar, cada tratamiento consistió de 10 plantas, cada una representando una unidad experimental (UE). Los tratamientos se aplicaron por aspersión foliar en la formación del fruto, en envero y 15 días antes de la cosecha.

Componentes del rendimiento

La cosecha se realizó el mismo día para todos los tratamientos, cuando los sólidos solubles totales (°Brix) de las bayas cosechadas al azar se mantuvieron constantes durante unos días. El rendimiento por planta y el peso medio del racimo se registraron para cada planta utilizando una balanza colgante (Truper® BAS-10C). El peso del racimo se calculó dividiendo el rendimiento por planta por el número de racimos cosechados.

Parámetros enológicos

El peso de las bayas se cuantificó en 100 bayas recogidas al azar de todas las plantas de cada tratamiento y repetición utilizando una balanza de precisión (Taurus®, España), para obtener el peso medio de las bayas. Los sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT) se midieron en el zumo de 50 bayas por tratamiento y repetición. Los SST se midieron con un refractómetro manual de 0-32 % (Sper Scientific® 30001, Sper Scientific LTD, Scottsdale Az, EE.UU.) a 20 °C y se expresaron en °Brix. El AT se determinó siguiendo la metodología de la AOAC (AOAC, 1990), utilizando NaOH (0,1 N) y fenolftaleína (1 %) como indicador; los resultados se expresaron como porcentaje de ácido tartárico por 100 g. El pH se midió con un pH-metro electrónico (Thermo Scientific®, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento

La aspersión foliar de NPs-ZnO afectó significativamente el número de racimo, peso de racimo y rendimiento (Cuadro 1). Con la aplicación de 75 mg L^{-1}, obtuvo la mayor concentración superando un 17.42% al control. Similares resultados se han reportado con la aplicación foliar de ZnO y ZnSO4 en Grapevine *Vitis vinífera* incrementando el rendimiento (Daccak *et al*., 2021). Es posible que la aplicación de zinc mejore la capacidad fotosintética de la planta, aumentando en el vigor, abundancia de vegetación, salud y crecimiento afectando el rendimiento (Umair *et a*l., 2020).

Cuadro 1. Rendimiento y sus componentes en el cultivo de la vid.

*Diferentes letras en cada columna indican una diferencia significativa (p ≤ 0.05).

NPs ZnO (mg L^{-1})	Número de Racimo	Peso de Racimo (g)	Rendimiento (kg)
0	28.667a	166.000a*	4.70a
25	27.333a	144.000d	3.96b
50	28.667a	154.000bc	4.43a
75	33.667a*	159.000b	5.40a*
100	22.667a	150.000cd	3.43b

Parámetros enológicos

Los índices de madurez para determinar el momento ideal de cosecha se definen utilizando parámetros tales como el pH, TSS y TA (Daccak *et al*., 2022). Se observa una diferencia significativa en los parámetros enológicos entre los distintos tratamientos (Tabla 2). Con la aplicación de 50 mg L^{-1}, se incrementó un 4.09% el pH y 10.91% los °Brix. Mientras qué, en acidez titulable con la misma concentracion se obtuvo una disminución de un 29.25% a comparación del control. Similares resultados fueron reportados por Song *et al.* (2015) en todos sus tratamientos con la aplicación de Zinc en *Vitis vinifera* se obtuvo menores concentraciones de AT en comparación al grupo control. De acuerdo a estos resultados, el zinc retarda la maduración y regula la acumulación de sustancias como los ácidos orgánicos.

Cuadro 2. Parámetros etnológicos en el cultivo de la vid.

NPs ZnO (mg L^{-1})	pH	TSS (°Brix)	Acidez titulable (AT%)
0	3.91a	18.33b	8.00a*
25	4.03a	20.33a	5.66b
50	4.07a*	20.33a*	5.66b
75	3.80ab	18.66b	6.33b
100	3.44b	17.66b	6.33b

*Diferentes letras en cada columna indican una diferencia significativa (p ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar con las dosis de 50 y 75 mg L^{-1} NPs-ZnO causo un incremento significativo en el rendimiento y los parámetros enológicos como el pH y °Brix, mientras que disminuyo la AT, destacando el papel relevante del zinc en la madurez del cultivo.

REFERENCIAS

Amirjani, M.; M. Askary and F. Askari (2016). Investigation of change pigment level, metal uptake and growth characteristics of Madagascar periwinkle (Catharantus roseus) by nano zinc oxide. J. Plant Proc. Func., 14:17- 30.

Bautista-Diaz, J., Cruz-Alvarez, O., Hernández-Rodríguez, O. A., Sánchez-Chávez, E., Jacobo-Cuellar, J. L., Preciado-Rangel, P., Avila-Quezada, G. D., & Ojeda-Barrios, D. L. (2021). Zinc sulphate or zinc nanoparticle applications to leaves of green beans. Folia Horticulturae, 33(2), 365–375. https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0028

Betancur, L. F. R., Espinoza, M. T. G., & Marín, B. E. L. (2020). Biofortification of tomato (Solanum lycopersicum L.) with cyanocobalamin and amino-chelated micronutrients (Zn, Fe). Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica, 24(3), 247–255. https://doi.org/10.14306/renhyd.24.3.1011

Chasapis, C.T.; Loutsidou, A.C.; Spiliopoulou, C.A.; Srefanidou, M.E. Zinc and human health: An update. Arch. Toxicol. 2011, 86, 521–534.

Khan, I.; K. Saeed and I. Khan (2019). Nanoparticles: properties, applications, and toxicities. Arabian J. Chem. 12:908 – 931

Daccak, D., Coelho, A. R. F., Pessoa, C. C., Luís, I. C., Marques, A. C., Ramalho, J. C., Campos, P. S., Pais, I. P., Semedo, J. N., Silva, M. M., Legoinha, P., Simões, M., Reboredo, F. H., Pessoa, M. F., & Lidon, F. C. (2022). Fertilization with ZnO and ZnSO4: Mineral Analyses in Vitis vinifera Grapes cv. Fernão Pires. 11. https://doi.org/10.3390/iecho2022-12512

Daccak, D., Marques, A. C., Coelho, A. R. F., Silva, M. M., Sim, M., Reboredo, F. H., Pessoa, M. F., Legoinha, P., Brito, M. G., Kullberg, C., Campos, P. S., & Ramalho, J. C. (2021). A Case Study about the Use of Precision Agriculture Technology Applied to a Zn Biofortification Workflow for Grapevine Vitis vinifera cv Moscatel †. 1–6.

Gutiérrez, R. N. J.; Palacio, M. A.; Sánchez, Ch. E.; Muñoz, M. E.; Chávez, M. C.; Ojeda, B. D. L. and Flores, C. M. A. 2021. Impact of the foliar application of nanoparticles, sulfate and iron chelate on the growth, yield and nitrogen assimilation in green beans. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 49(3):12437-12437.

Kumar, S.; Kumar, S.; Mohapatra, T. Interaction between macro- and micronutrientes in plants. Front. Plant Sci. 2021, 12, 753.

Mekawy, A. (2021). Effect of Foliar Spraying with Zinc Oxide Nanoparticles on Vegetative Growth and Cluster Development of Flame Seedless Grapevine. Journal of Plant Production, 12(3), 345–351. https://doi.org/10.21608/jpp.2021.163484

Poblaciones, M.J.; Rengel, Z. Soil and foliar zinc biofortification in field pea (Pisum sativum L.): Grain accumulation and bioavailability in raw and cooked grains. Food Chem. 2016, 212, 427–433. [CrossRef]

Ramalho, J. C., Leit, E., Jos, M., Rodrigues, A. P., Guerra, M., Leit, R. G., Campos, P. S., Pais, I. P., Semedo, J. N., Alvarenga, N., Gonçalves, E. M., Silva, M. M., Legoinha, P., Galhano, C., Kullberg, C., Brito, M., Sim, M., Pessoa, M. F., & Reboredo, F. H. (2022). Zinc Biofortification in Vitis vinifera : Implications for Quality and Wine Production.

Ramírez-Gottfried, V. B., Fortis-Hernández, M., González-Avalos, R., & Preciado-Rangel, P. (2023). Iodine application in Vitis vinifera L. cv. 'Cabernet Sauvignon' improve bioactive compounds and enzymatic activity in berries. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51(1), 1–11. https://doi.org/10.15835/nbha51113074

Singh, R.P.; Velu, G. Zinc-Biofortified Wheat: Harnessing Genetic Diversity for Improved Nutritional Quality. Science Brief: Biofortification No. 1 (May 2017), CIMMYT, HarvestPlus, and the Global Crop Diversity Trust.

Song, C. Z., Liu, M. Y., Meng, J. F., Chi, M., Xi, Z. M., & Zhang, Z. W. (2015). Promoting effect of foliage sprayed zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of Vitis vinifera cv. Merlot growing on zinc deficient soil. Molecules, 20(2), 2536–2554. https://doi.org/10.3390/molecules20022536

Umair Hassan, M., Aamer, M., Umer Chattha, M., Haiying, T., Shahzad, B., Barbanti, L., ... & Guoqin, H. (2020). The critical role of zinc in plants facing the drought stress. Agriculture, 10(9), 396.

Vivier, M.A.; Pretorius, I.S. Genetically tailored grapevines for the wine industry. Trends Biotechnol. 2002, 20, 472–478.

APLICACIÓN MÓVIL Y WEB: JUNTA DE AGUAS OPERACIÓN

Autores

Mario P. Narváez Mendoza[1]*, Sergio Alejandro Juárez Torres[1], Arturo Corrales Suastegui[1], Miguel Ángel González González[1] y Carlos Rojas Santillan[1] .

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Km 32.5 Carretera Panamericana Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

narvaez.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

La aplicación constituye una herramienta para los regadores y gestionadores de agua del Distrito de Riego 001 (DR 001) en Aguascalientes. En ella, se captura el gasto que el usuario consume en cada riego, así como la actualización inmediata de los consumos en la base de datos del DR 001. Como medida de control, monitorea que los usuarios no rebasen los derechos de agua de la presa, por lo que el gestionador puede visualizar, por medio de una página web de control, el estado de cuenta de cada parcela por corte. Los datos que se visualizan en dicha página de control son: volumen consumido y volumen comprado. Lo anterior, servirá para aprovechar al máximo en un futuro cercano los procesos de cobro automatizado hacia los usuarios.

Distrito, Riego, Aplicación móvil

ABSTRACT

The application is a tool for technical personnel and water managers of the Irrigation District 001 (DR 001) in Aguascalientes. In the App, the cost that the user consumes in each irrigation is captured, as well as the immediate update of the consumption in the DR 001 database. As a control measure, it monitors that the users do not exceed the water rights of the dam , so that the administrator can view, through a control web page, the account status of each plot by section. The data displayed on said control page are: volume consumed and volume purchased. The foregoing served to make the most of the automated collection processes for users in the near future.

District , irrigation, App

INTRODUCCIÓN

Distrito de Riego 001 (DR 001) de Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, está conformado por usuarios, áreas de cultivo, una fuente de abastecimiento y la infraestructura de riego, compuesta a su vez de canales de riego, drenes estructuras reguladoras, de seguridad, auxiliares de conducción y drenaje, y edificios que permiten la administración de agua. El DR 001 tiene como fuente de abastecimiento la presa Calles, construida en junio de 1928. El agua de la presa es llevada a las zonas de cultivo de los productores por medio de la infraestructura de riego.

Los principales objetivos del DR 001 son regularizar el gasto del agua por productor, cobrar la cantidad de agua suministrada según los derechos de agua de cada productor y llevar a cabo los mantenimientos preventivos y correctivos a las líneas de suministro de agua desde la presa hasta la parcela. El DR 001 cuenta con 2439 hidrantes instalados en las 11,800 ha de parcelas de los productores y cada hidrante cuenta con su propio medidor de consumo de agua. El ahorro de agua se ha convertido en un tema de vital importancia en el Estado de Aguascalientes, por lo que el uso de sistemas de Información que permitan visualizar al momento el gasto de agua por productor del DR 001, es una necesidad que debe ser resuelta para evitar que el productor rebase los derechos que tiene de agua por parcela.

Junta de Aguas Operación es una aplicación móvil y web que constituye una herramienta para gestionar el agua destinada al riego del Distrito de Riego 001 (DR 001) en Aguascalientes. En ella, se captura el gasto que el usuario consume en cada riego que aplica, así como la actualización inmediata del consumo en la base de datos del DR 001. La área de recursos humanos que opera la parte técnica del Distrito puede visualizar, por medio de una página web de control, el estado de cuenta de cada parcela por corte. Los datos que se visualizan en dicha página de control son: volumen consumido y volumen comprado. Lo anterior, servirá para programar en un futuro cercano los procesos de cobro automatizado hacia los usuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

La contrucción de Junta de Aguas Operación consistió en la codificación del algoritmo y los procedimientos en el servidor web y la aplicación móvil dentro de la infraestructura tecnológica del DR 001. Además que se utilizó el concepto de capas de ingeniería de sofware. Estás capas que son: herramientas, métodos, proceso y compromiso con la calidad (Pressman,2010). Las cuales sirvieron para dar un marco de trabajo, actividades técnicas para la creación de procesos independientes para su automatización, asegurando el funcionamiento de la plataforma (Baker, 1972). Las tecnologías de información utilizadas fueron JavaServer Pages (JSP) y Android Studio (James y James, 1994). Mediante la capa de vista, la aplicación móvil y web interactúan y transfieren los datos cada vez que exista señal wi-fi o bien de celular (EDGE, 3G, 4G o 5G). Si no es posible establecer la comunicación con la base de datos central (Premerlani, 1994). estos serán almacenados en la base de datos interna del dispositivo móvil hasta que exista comunicación, y se inicien los procesos de registro en la base de datos central (Figura 1).

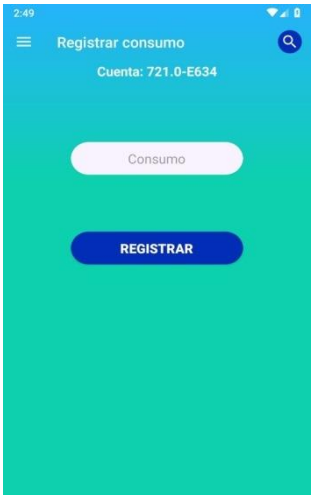


Figura 1 .- Aplicación móvil Junta de Aguas Operación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación Junta de Aguas Operación, opera en modo intranet (Plataforma móvil y web), la cual ha permitido conocer de forma casi inmediata los consumos de agua por usuario. El supervisor técnico dispone notificaciones de consumo de agua por sección, lo que permite tomar acciones para el consumo responsable del agua. Para el personal operativo, ha resultado útil la información de los consumos de los hidrantes de forma continua,

digitalizada y sistematizada; ya que, mediante el volumen de agua programado y el volumen consumido en la sección de riego, se puede identificar y localizar con buena precisión las fugas de agua naturales y/o provocadas. Esta aplicación móvil, tiene las siguientes ventajas, en comparación con la forma tradicional del registro de consumo de agua, como: a) información oportuna, con al menos tres semanas de anticipación, b) registro del consumo en la Base de Datos en 5 segundos, promedio, que representa ahorro de tiempo de al menos 7 días que se empleaba para el registro y recursos humanos para la captura en la base de datos, c) portabilidad y seguridad de almacenamiento de datos en dispositivo móvil, ya que se tenía el riesgo de pérdida de información, d) la App dispone del módulo de reporte de fugas de agua en la infraestructura de riego, lo que permitió mapear las incidencias, en un promedio tres siniestros por semana, con atención oportuna gracias a las notificaciones registradas en la Aplicación.

CONCLUSIONES

Junta de Aguas Operación es una aplicación que apoya al personal operativo del DR 001 en concentrar la lectura de los medidores de consumo de agua. Por lo que, los principales objetivos del DR 001 son regularizar el gasto del agua por productor, cobrar la cantidad de agua suministrada según los derechos de agua de cada productor, y apoyar en la planificación del mantenimiento preventivo y correctivo a las líneas de suministro de agua desde la presa Plutarco Elías Calles hasta la parcela. El ahorro de agua se ha convertido en un tema de vital importancia en el Estado de Aguascalientes, por lo que el uso de sistemas automatizados de información que permitan visualizar al momento el gasto de agua por productor del DR 001, es una necesidad que debe ser resuelta para evitar que el productor rebase los derechos que tiene de agua por parcela (Figura 2).

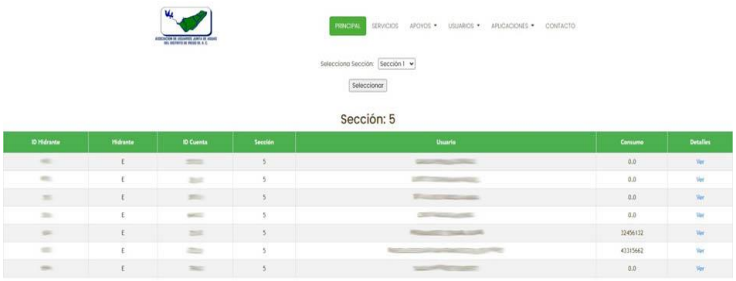


Figura 2 .- Reporte de los consumos por sección.

REFERENCIAS

Baker, F. T. (1972). “Chief Programmer Team Management of Production Programming”, IBM Systems Journal., vol. 11, núm. 1, pp. 56-73.

James M., y James O. (1994). “Análisis y Diseño Orientado a Objetos”. Prentice Hall. México.

Premerlani, W. y M. Blaha (1994), “An Approach for Reverse Engineering of Relational Databases”, CACM, vol. 37, núm. 5, pp. 42-49.

Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software: Un enfoque práctico (7a. ed.). México:mcgraw- hill interamericana.

Shayya, W. H., Bralts, V. F., & and Olmstead, T. R. (1990). A General Irrigation Scheduling Package for Microcomputers. Computers and Electronics in Agriculture, 5:197-212. https://doi.org/10.1016/0168-1699(90)90011-D.Smith, M., R.G. Allen, J.L. Monteith, A.

Perrier, L. Pereira, and A. Segeren (1991). “Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements.” Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 54. pp.

APOYO A POLÍTICAS PÚBLICAS PARA AGROECOLOGÍA EN MÉXICO

Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa; Lozano Jiménez, Luz María; García-Graciano, Ericka; Espinoza-López, Estela Mayela, Ramírez-Benavides, Elizabeth

Tecnológico Nacional de México campus La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.

RESUMEN

La agroecología es una propuesta de transformación de los sistemas agroalimentarios que cuestiona el modelo convencional basado en la producción intensiva y el uso de insumos externos. En México, la agroecología ha sido impulsada por movimientos sociales que han logrado incidir en las políticas públicas a través de la formación de coaliciones con diversos actores. Estas políticas incluyen una variedad de instrumentos que buscan apoyar la transición agroecológica, aunque a veces se confunden o se mezclan con otros enfoques como la agricultura orgánica o la agricultura sostenible, que tienen objetivos y principios diferentes. La implementación de estos instrumentos depende en gran medida del contexto político y de la voluntad del gobierno. En este artículo se analizan las características y los desafíos de las políticas públicas para la agroecología en México, así como su impacto en el desarrollo de este enfoque. Se concluye que estas políticas aún son frágiles y minoritarias frente al apoyo predominante a la agricultura convencional a gran escala, y que se requiere una mayor sensibilización y movilización de los agricultores, los consumidores y los legisladores sobre la importancia de la agroecología para la salud pública y la seguridad alimentaria.

Palabras clave: Transición agroecológica, políticas públicas, agroecología

ABASTRACT

Agroecology is a proposal for the transformation of agri-food systems that challenges the conventional model based on intensive production and the use of external inputs. In Mexico, agroecology has been promoted by social movements that have managed to influence public policies through the formation of coalitions with various actors. These policies include a variety of instruments that seek to support the agroecological transition, although sometimes they are confused or mixed with other approaches such as organic agriculture

or sustainable agriculture, which have different objectives and principles. The implementation of these instruments depends largely on the political context and the government's will. This article analyzes the characteristics and challenges of public policies for agroecology in Mexico, as well as their impact on the development of this approach. It concludes that these policies are still fragile and minority compared to the predominant support for conventional large-scale agriculture, and that greater awareness and mobilization of farmers, consumers and legislators is required on the importance of agroecology for public health and food security.

Keywords: Agroecological transition, public policies, agroecology.

INTRODUCCION

México tiene condiciones favorables para desarrollar modelos alternativos de producción y alimentación que aborden los problemas ambientales, sociales, económicos y de salud pública. Sin embargo, también enfrenta las contradicciones y los excesos de la agricultura convencional, basada en la Revolución Verde y en modelos de producción agroindustrial que dañan el medio ambiente y la salud humana con el uso intensivo de insumos químicos y agua (Mehta, Oweis, Ringler, Schreiner, & Varghese, 2019; Segrelles, 2001; Serna, Barrera, Montiel, & innovation, 2011). Además, estos modelos se imponen a menudo sobre tierras que fueron despojadas a los pueblos indígenas y rurales (Soto Baquero & Gómez, 2014). Ante este escenario de explotación, surgen propuestas de modelos alternativos de agricultura y agroalimentación por parte de productores, investigadores y movimientos sociales, y en algunos casos cuentan con el apoyo de las políticas públicas. Así, la transición agroecológica se plantea como una opción viable y necesaria(Sabourin, Patrouilleau, Le Coq, Vásquez, & Niederle, 2017). Este artículo examina y evalúa las políticas que favorecen la transición agroecológica en México. Analiza cómo y en qué contextos han surgido estas políticas, y ofrece una crítica constructiva de sus aportes.

MATERIALES Y METODOS

La agroecología es una ciencia que estudia la relación entre los sistemas agrícolas y su entorno ecosistémico, buscando una producción sostenible y justa que respete la biodiversidad y los recursos naturales. Frente al modelo convencional de agricultura intensiva y exportadora, basado en los principios de la Revolución Verde, la agroecología

propone una transformación radical de los sistemas agrícolas y alimentarios en México, donde se ha popularizado gracias al trabajo de un grupo de investigadores, y al impulso de organizaciones sociales que han logrado su inclusión en las políticas públicas. Estas políticas se expresan en diferentes instrumentos y programas que apoyan la agricultura orgánica, la agricultura sostenible y la agroecología como principales modelos de una agricultura amigable con el medio ambiente (M. A. J. B. S. C. L. d. A. Altieri, 2017).

La agricultura orgánica se originó en la década de 1920 como una alternativa a la agricultura convencional (Lockeretz, 2007). El movimiento de la agricultura orgánica busca crear sistemas de producción que respeten el suelo y los ecosistemas, protejan la salud humana y se fundamenten en procesos ecológicos, el mantenimiento de la biodiversidad y la adaptación a las condiciones locales (Codex, 1999). Este modelo agrícola se rige por normas nacionales e internacionales que implican procesos de certificación. En México, los productos de la agricultura orgánica se orientan principalmente al mercado de exportación. Las normas que regulan la agricultura orgánica prohíben el uso de insumos no orgánicos (fertilizantes químicos, productos fitosanitarios sintéticos y organismos genéticamente modificados). Sin embargo, al permitir el uso de insumos orgánicos certificados, este modelo de producción puede asociarse a una simple sustitución de los insumos químicos por los no químicos, sin cuestionar el modelo de producción ni el comercio globalizado.

La institucionalización de la agricultura orgánica comenzó en los años 80 con la promulgación de normas regulatorias impulsadas por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica. Sin embargo, no fue hasta los años 90 cuando esta modalidad agrícola se incorporó a las políticas públicas de los países de América Latina y el Caribe. Esto se reflejó en la creación de un marco normativo regulatorio: el régimen de agricultura orgánica de 1992 en Argentina; la norma de agricultura orgánica de 1999 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento de Brasil; la norma de producción orgánica de 2003 en Nicaragua; el esquema de certificación orgánica de 2004 en El Salvador; la norma de producción orgánica de 2010 en Cuba, etc. Además, algunos países también cuentan con políticas específicas para el fomento de la producción orgánica, como las leyes sobre agricultura orgánica en Chile (2006), México (2007) y Costa Rica (2007).

La agroecología

La agroecología latinoamericana es una propuesta que surge en la década de 1970, basada en la premisa de que los problemas ambientales deben ser resueltos para lograr una

transformación significativa del sistema agroalimentario. La agroecología comparte con la agricultura orgánica el rechazo a los insumos no orgánicos y la defensa de los sistemas de producción que preservan los ecosistemas, pero va más allá al promover una mayor autonomía de los productores frente a los mercados y al enfatizar el principio del reciclaje dentro de los sistemas agrícolas (M. A. Altieri & Toledo, 2011; Bohlen & House, 2009). Así, plantea un cambio profundo del sistema agroalimentario y de la relación entre agricultores y consumidores, al impulsar el establecimiento de circuitos cortos (venta directa, mercados locales) y la seguridad y soberanía alimentaria a nivel territorial. De esta forma, la agroecología propone una visión integral que articula aspectos sociales, ambientales, económicos y culturales, definiendo un nuevo modelo de desarrollo rural sostenible. Se contrapone así al modelo empresarial orientado principalmente a la exportación y basado en los principios de la Revolución Verde(Astier et al., 2015).

La agroecología es un concepto que ha cobrado relevancia en América Latina en las últimas décadas, pero que no ha tenido una institucionalización homogénea en los diferentes países de la región. En este artículo se analizan las distintas formas en que la agroecología se ha integrado en las políticas públicas de algunos países latinoamericanos, y se identifican los factores que han favorecido o dificultado este proceso. Se distinguen tres casos principales: el de Cuba, donde la agroecología surgió como una alternativa ante la crisis de la agricultura convencional y se consolidó como un sistema proactivo apoyado por diversos actores sociales y académicos; el de Brasil y Nicaragua, donde se crearon políticas nacionales específicas para promover la agroecología y la producción orgánica; y el de otros países como México, Argentina, Chile y Costa Rica, donde la agroecología se vincula con la revalorización de la agricultura campesina y las tradiciones indígenas, pero no cuenta con un marco normativo propio. Se concluye que la agroecología latinoamericana tiene un gran potencial para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, la nutrición y la salud, y el buen vivir de las poblaciones rurales y urbanas, pero que se requiere de una mayor articulación entre los diferentes niveles de gobierno, los movimientos sociales y el sector académico para lograr su plena implementación.

Agricultura sostenible

La agricultura sostenible es una propuesta que busca mejorar el sistema de producción convencional, incorporando técnicas que favorezcan o mantengan los servicios ambientales. Esta propuesta no implica renunciar al uso de insumos químicos o

transgénicos, sino usarlos de manera responsable y eficiente. Tampoco cuestiona el modelo agroalimentario o comercial vigente, sino que se adapta a él. El concepto de agricultura sostenible surge a partir de la mayor conciencia sobre los problemas ambientales que se generaron después de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992 y de los riesgos del uso indiscriminado de insumos químicos en la agricultura convencional. Este concepto se difunde principalmente en tres países de América Latina y el Caribe (Costa Rica, Chile y México) desde la década del 2000 y da origen a políticas que promueven la agricultura sostenible, reconociendo los servicios ambientales y ofreciendo incentivos financieros para estimular a los agricultores convencionales a adoptar prácticas más amigables con el medio ambiente.

Procesos para la formulación de políticas que favorezcan la agroecología

Tres principales procesos complementarios, a menudo opuestos y/o o en conflicto, permitió fijar agendas y formular políticas favorables a la agroecología.

Movilización social

La agroecología es una propuesta alternativa al modelo agroindustrial dominante, que busca promover sistemas agrícolas más sostenibles y equitativos. Sin embargo, su implementación requiere de políticas públicas que la apoyen y la legitimen. En este artículo se analizan los procesos que han permitido formular políticas favorables a la agroecología en algunos países de América Latina, con el fin de identificar los factores que facilitan o dificultan su desarrollo. Se distinguen tres procesos principales: la movilización de los movimientos sociales, la articulación de actores institucionales y la generación de conocimiento científico. Estos procesos se complementan, se oponen y/o se entrelazan, dando lugar a diferentes escenarios y resultados. Se concluye que la formulación de políticas agroecológicas requiere de una visión integral que reconozca la diversidad de actores, intereses y saberes involucrados, así como la necesidad de fortalecer la participación social y el diálogo intersectorial.

Respuesta a un problema geopolítico, económico o crisis ambiental

La transición agroecológica surge como una alternativa ante las crisis geopolíticas, económicas o ambientales que afectan a la agricultura convencional. Algunos países han adoptado políticas favorables a esta transición, como se muestra en los siguientes ejemplos. En Cuba, después de la crisis geopolítica de 1993, se promovieron las prácticas

agroecológicas. En Argentina, tras la hiperinflación de finales de los años ochenta, se apoyó a las personas pobres y rurales con el programa Prohuerta. Este programa, iniciado en 1990, fomentaba la producción de hortalizas para el autoconsumo con un enfoque participativo. Se facilitaba el acceso a las semillas, el agua y los mercados para los productores urbanos y periurbanos. El programa se extendió a las zonas rurales después de la crisis financiera de 2000-2001 (Patrouilleau, Martínez, Cittadini, & Cittadini, 2015)

La agroecología surgió en Nicaragua y Cuba como una respuesta a la escasez de insumos químicos durante el conflicto de los años 80 y como una alternativa al modelo capitalista agroindustrial que dominó entre 1960 y 1970. Este modelo también se promovió para enfrentar las crisis ambientales que afectaron la producción agroexportadora de algodón y las crisis climáticas, como la del huracán Mitch en 1998, que aisló muchas regiones del país e impidió el acceso a los insumos químicos de muchos agricultores (Fréguin-Gresh, 2017).

Iniciativas públicas

El tercer proceso se refiere a las iniciativas lanzadas por las autoridades públicas en algunos países de América Latina para promover la transición agroecológica. Estas iniciativas responden principalmente a las demandas sociales e internacionales sobre los estándares ambientales en la agricultura y se plasman en leyes o políticas públicas que apoyan la agricultura sostenible u orgánica o que incentivan las prácticas agroecológicas. Por ejemplo, en México se aprobó la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en 2001, en Costa Rica se formuló una ley que promueve la agricultura orgánica en 2007 y se estableció un programa para reconocer los beneficios ambientales en 2013, y en Chile se incorporó un sistema alternativo de certificación en la ley de agricultura orgánica y se integró la agroecología en los programas de asistencia técnica y subsidios a la inversión del Instituto de Desarrollo Agropecuario. Estas políticas públicas permiten a los pequeños agricultores familiares acceder a mercados diferenciados y obtener mejores ingresos por sus productos orgánicos o agroecológicos (Torres, Namdar-Iraní, & Isamit, 2017) .

RESULTADOS

Un análisis de la evolución de las formas alternativas de agricultura y las políticas que favorecen su extensión muestra algunos buenos avances. En primer lugar, se ha producido una consolidación marcada y progresiva en la última década de una red de grupos de agricultores, organizaciones de apoyo (ONG, sindicatos), académicos y funcionarios públicos que son sensibles a las dinámicas ambientales. Juntos han sido capaces de

incorporar instrumentos de transición agroambiental en las agendas de políticas agrícolas y en políticas específicas o generales. De hecho, hay un reconocimiento creciente por parte de un sector de la administración pública de los actores de la agroecología y la agricultura orgánica, que resulta en la apertura de espacios para la participación institucionalizada, la consulta y la negociación (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua). Además, se observa la incorporación de los principios de la agroecología en las políticas relativas a la soberanía alimentaria, la seguridad alimentaria y el apoyo a la agricultura familiar. Además, se incluye la importancia de la agroecología en instrumentos que ayudan a enfrentar nuevos desafíos, como los que surgen del cambio climático.

CONCLUSIONES

La agroecología y la agricultura orgánica son dos enfoques que buscan promover una producción agrícola más sostenible y resiliente, respetando los principios ecológicos y sociales. En América Latina y el Caribe, estos enfoques han ganado terreno en las últimas décadas, gracias al apoyo de diversas políticas públicas específicas o transversales, que responden a diferentes contextos y demandas de los actores involucrados. Sin embargo, el proceso de transición agroecológica no está exento de desafíos y tensiones, tanto a nivel político como técnico y social. En este artículo, se analiza la evolución histórica de las políticas públicas que apoyan la agroecología y la agricultura orgánica en la región, destacando los factores que han favorecido o dificultado su implementación y efectividad. Asimismo, se identifican algunas oportunidades y retos para el futuro de la agroecología como alternativa viable frente a los problemas ambientales, sociales y económicos que enfrenta el sector agrícola.

La transición agroecológica es un proceso de transformación de los sistemas agrarios hacia una mayor sostenibilidad ecológica, social y económica. Para lograr este objetivo, se requiere de una investigación que analice los diferentes enfoques y políticas que promueven la agroecología en América Latina y el Caribe, así como de una recopilación de datos que permita evaluar sus impactos y beneficios. Además, se necesita de una participación e innovación de los actores involucrados en la producción, circulación y consumo de alimentos, que superen las diferencias y creen coaliciones que influyan en las decisiones políticas. Finalmente, se debe considerar la diversidad y especificidad de los territorios donde se implementa la agroecología, aprovechando sus condiciones físicas y humanas para diseñar e integrar políticas públicas adecuadas a cada contexto. Las

transiciones son difíciles de efectuar sin la participación de las autoridades locales y los actores locales a través de la implementación de políticas adecuadas.

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. J. J. o. p. s. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *38*(3), 587-612.

Altieri, M. A. J. B. S. C. L. d. A. (2017). Historia de la agroecología en América Latina y España.

Astier, C., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S., Morales, H., Gerritsen, P. R., . . . Martínez, T. J. A. (2015). Historia de la agroecología en México. *10*(2), 9-17.

Bohlen, P. J., & House, G. (2009). *Sustainable agroecosystem management: integrating ecology, economics, and society*: CRC Press.

Codex, S. J. I. F. S. (1999). Codex alimentarius. 33-191.

Fréguin-Gresh, S. (2017). Agroecología y agricultura orgánica en Nicaragua. Génesis, institucionalización y desafíos.

Lockeretz, W. (2007). *Organic farming. An international history*: CAB International.

Mehta, L., Oweis, T., Ringler, C., Schreiner, B., & Varghese, S. (2019). *Water for food security, nutrition and social justice*: Routledge.

Patrouilleau, M. M., Martínez, L., Cittadini, E., & Cittadini, R. (2015). Políticas públicas y desarrollo de la agroecología en Argentina.

Sabourin, E., Patrouilleau, M., Le Coq, J., Vásquez, L., & Niederle, P. (2017). Políticas Públicas en favor de la agroecología en América Latina y el Caribe, Red PP-AL, FAO, Porto Alegre, 412 p. In.

Segrelles, J. A. J. S. N. (2001). Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina. *18*(92), 1.

Serna, F., Barrera, L., Montiel, H. J. J. o. t. m., & innovation. (2011). Impacto social y económico en el uso de biocombustibles. *6*(1), 100-114.

Soto Baquero, F., & Gómez, S. (2014). Reflexiones sobre la concentración y extranjerización de la tierra en América Latina y el Caribe (Rome: FAO). In.

Torres, H. M., Namdar-Iraní, M., & Isamit, C. S. J. P. P. A. F. (2017). Las Políticas de Fomento a la Agroecología en Chile.

ARQUITECTURA IoT DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA PARA EL MONITOREO DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS EN AGRICULTURA PROTEGIDA

Marín-Amaya, Mónica Graciela[1]; Palomares-Adame, Alma Verónica[3]; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa[1]; Cuellar-Vázquez, José Enrique[1]; Hernández-Antúnez, Aleida[2]

[1]Tecnológico Nacional de México campus La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.
[2]Tecnológico Nacional de México campus Torreón. Torreón - San Pedro De las Colonias KM 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah.
[3]Tecnológico Nacional de México campus El Salto. Mesa del Tecnológico SN, Forestal, 34942 El Salto, Dgo.

RESUMEN

El presente trabajo presenta una arquitectura IoT de bajo consumo de energía basada en el paradigma del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés, Internet of Things) con el propósito de medir diversos parámetros climáticos, humedad del suelo y la planta que inciden en la producción agrícola en el marco de la agricultura protegida. Esta arquitectura utiliza componentes de hardware, como la placa ESP32 y una variedad de sensores, incluyendo aquellos para la medición de luz, temperatura del aire, temperatura de la planta, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, humedad del suelo. Un aspecto destacado de la arquitectura presentada es su capacidad de establecer conexiones inalámbricas, lo que simplifica la comunicación con Internet para la publicación de datos recopilados. Para asegurar la fiabilidad de los datos obtenidos, se llevaron a cabo calibraciones de los sensores utilizando dispositivos especializados diseñados para medir cada una de las variables involucradas. El punto de partida de este proyecto fue una investigación exhaustiva de las arquitecturas existentes similares. Posteriormente, se describe detalladamente la metodología empleada en el desarrollo de la arquitectura propuesta. La contribución principal de esta arquitectura radica en ofrecer una solución asequible y accesible para los agricultores, desarrolladores e investigadores interesados en el ámbito del Internet de las Cosas y la agricultura protegida.

ABSTRACT

This paper presents a low-power IoT architecture based on the Internet of Things (IoT) paradigm to measure various climatic parameters, soil moisture, and plant conditions that impact agricultural production in the context of protected agriculture. This architecture utilizes hardware components such as the ESP32 board and a variety of sensors, including those for light measurement, air temperature, plant temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, and soil moisture. An outstanding feature of the presented architecture is its capability to establish wireless connections, simplifying communication with the internet for data publication. To ensure the reliability of the obtained data, sensor calibrations were carried out using specialized devices designed to measure each of the variables involved. The starting point for this project was an exhaustive investigation of similar existing architectures. Subsequently, the methodology employed in the development of the proposed architecture is described in detail. The main contribution of this architecture lies in providing an affordable and accessible solution for farmers, developers, and researchers interested in the Internet of Things and protected agriculture.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la agricultura enfrenta el desafío de garantizar el suministro de alimentos para la creciente población mundial. Sin embargo, la magnitud de este desafío varía según factores como la tasa de crecimiento demográfico, la situación económica, la infraestructura agrícola y los recursos naturales de cada país. México no escapa a esta realidad, ya que, a pesar de contar con una superficie cultivable de 27.8 millones de hectáreas en 2015 (Baldivia & Ibarra; INEGI, 2015) , se prevé que esta área pueda reducirse debido al cambio de uso de suelo para la construcción de viviendas. Dada esta situación, en lugar de enfocarse en ampliar la superficie de cultivo, los productores agrícolas se encuentran cada vez más preocupados por mejorar el rendimiento de cada unidad de producción como una estrategia para incrementar la producción agrícola. Un elemento clave para lograrlo, es la adopción de tecnologías de vanguardia y de bajo consumo de energia que permitan un mejor control de los elementos involucrados en el proceso productivo (clima, plagas, enfermedades, nutrientes, y suministro de agua). Esta adopción, se refiere a la migración tecnológica y las nuevas tendencias, que ofrecen un conjunto de aplicaciones que integran tecnologías del internet de las cosas, computación en la nube, computación en la niebla, sistemas embebidos, sensores inalámbricos, inteligencia artificial y sistemas de monitoreo y predicción (Campoverde Marca, Hernández Rojas, & Mazón Olivo, 2015). Existen muchas investigaciones en las que el uso de la tecnología del internet de las cosas (IoT del inglés, *Internet of Things*) ha mostrado resultados prometedores, tal es el caso de la denominada “agricultura inteligente” (Babu Loganathan, 2021), (Cicioğlu, Çalhan, & Engineering, 2021), (Friha, Ferrag, Shu, Maglaras, & Wang, 2021). A pesar de los buenos resultados, implementar las soluciones propuestas, requiere del uso de equipos costosos y difíciles de conseguir en el medio regional limitando su uso para investigación. El objetivo principal, es el diseño de una arquitectura de bajo consumo de energía basada en el internet de las cosas para el monitoreo de invernaderos, la cual puede ser considerada como alternativa de implementación, especialmente para los pequeños productores que están interesados en incrementar sus rendimientos a partir de un mejor aprovechamiento de los recursos y comprometidos con el medio ambiente, desarrollando una producción sustentable.

MATERIALES Y METODOS

Arquitectura propuesta IoT

El paradigma IoT es tan amplio y cubre tantos aspectos que no existe una homogeneidad acerca de cuál debería ser el modelo a seguir. Con el IoT han surgido diferentes propuestas arquitectónicas entre las que podemos encontrar: la arquitectura de 3 capas, la arquitectura de 5 capas, la arquitectura de nube, la arquitectura de niebla y la arquitectura de computación de borde entre muchas otras.

En esta sección, se describe la arquitectura implementada para el monitoreo en agricultura protegida, la cual utiliza como fuente de energía un panel solar 50 Watt 12v como se ilustra en la Figura 1.

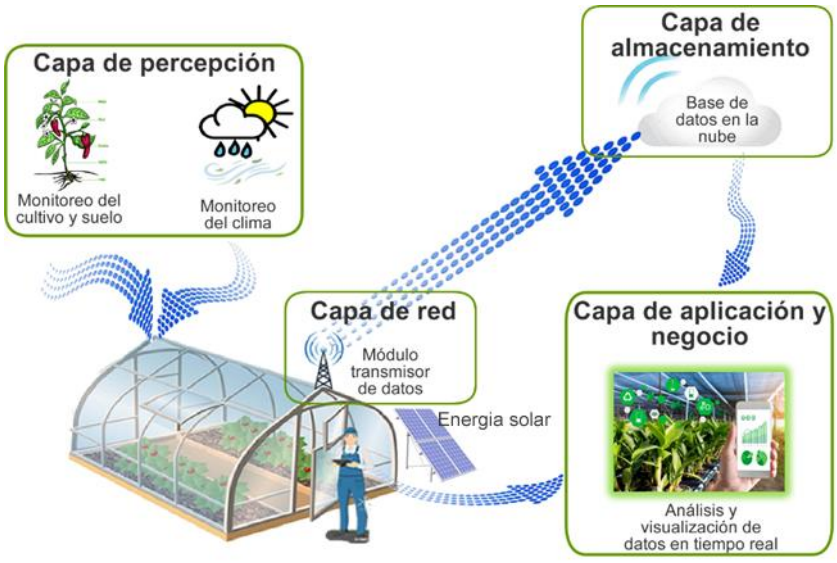


Figura 1. Arquitectura IoT de bajo consumo de energía para el monitoreo de variables climáticas, suelo y cultivo.

Capa de percepción

La capa de percepción integra diversos sensores encargados de adquirir datos del entorno incluso puede contener otros dispositivos inteligentes que se pueden comunicar para compartir información dentro del entorno IoT con el objetivo de mejorar el rendimiento de la producción. El diagrama de conexión de la capa de percepción se encuentra representado en la Figura 2, y está compuesto por una serie de sensores y actuadores, que incluyen mediciones de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, temperatura de la planta, intensidad de luz, así como una bomba de agua. Todo esto está conectado a una placa ESP32 y es alimentado por un panel solar.

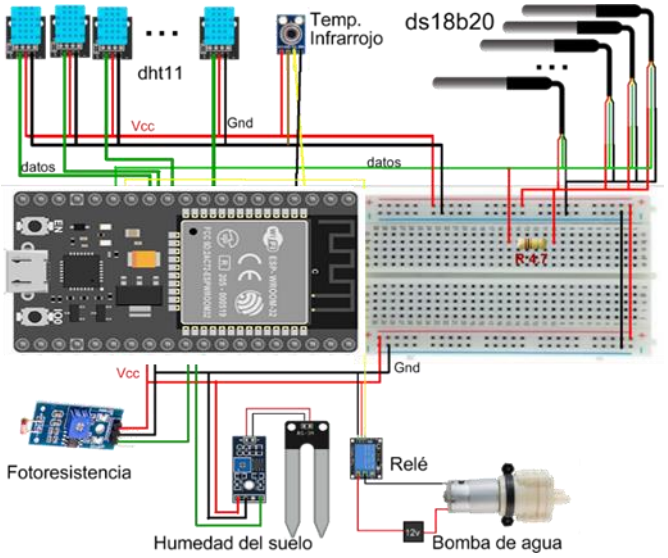


Figura 2.- Diagrama de conexión de la capa de percepción

Los datos son obtenidos a intervalos de un minuto y al momento de ser capturados se les aplica el filtro de Kalman para suavizar la señal ya que los sensores utilizados son de bajo costo y generan errores de medición. Con la totalidad de los datos capturados y filtrados, estos son ordenados de acuerdo al protocolo de comunicación https a través del método GET que será utilizado para su envió al servidor a través de un servicio web.

Monitoreo del suelo y planta

Para el monitoreo del suelo y planta se cuenta con el sensor de humedad en suelo HL-69 Higrómetro perfecto para detectar humedad en el sustrato, por medio de la conductividad del agua a través de sus terminales, puede ayudar a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como el determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicar. Sensor infrarrojo MLX90614, utilizado para medir la temperatura de la planta sin contacto, esta es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Junto con los niveles de luz, dióxido de carbono, humedad del aire, agua y nutrientes, la temperatura influye en el crecimiento de la planta y su productividad.

Monitoreo de variables climáticas

El monitoreo de variables meteorológicas es muy importante para la toma de decisiones en la agricultura para orientar los procesos de producción. Los parámetros meteorológicos pueden obtenerse a través de estaciones meteorológicas o sistemas dedicados al monitoreo ambiental con precisión y en tiempo real. Con este tipo de herramientas se puede hacer un monitoreo de la variación de la temperatura, del aire, radiación solar, dirección y velocidad del viento, lluvia, humedad relativa, temperatura del suelo, presión atmosférica, entre otras.

Temperatura

Para medir la temperatura se utiliza el sensor DS18B20 que es resistente al agua, se encuentra encapsulado en una sonda de metal, al final de un cable de 1 m. El sensor digital proporciona mediciones de temperatura en grados centígrados con una resolución de 9 a 12 bits y tiene una función de alarma con puntos de activación superiores e inferiores no volátiles programables por el usuario. Cuenta con la característica de poder comunicarse a través de un bus de 1 cable que, por definición, sólo requiere una línea de datos (y tierra) para la comunicación con un microprocesador central. Tiene un rango de temperatura de funcionamiento de –55 ° C a + 125 ° C y una precisión de ± 0.5 °C en el rango de –10 ° C a + 85 ° C (Factory, 2019).

Humedad relativa

La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, y está relacionada con la humedad absoluta (cantidad de vapor de agua por m^3 de aire) y el punto de saturación (cantidad máxima de vapor de agua que admite el aire a una determinada temperatura).

Para medir la humedad relativa dentro del invernadero se utiliza el sensor (DHT22) Sensor de humedad y temperatura con interfaz digital. Usa un protocolo de comunicación serial propio que ocupa sólo una conexión en uno de sus pines, bajo consumo de energía, compensación de temperatura de rango completo, señal digital calibrada, estabilidad sobresaliente a largo plazo, no se necesitan componentes adicionales, larga distancia de transmisión 20 [m], humedad de 0 – 100 [%] RH, voltaje de alimentación mínimo: 3.3 [V] y

máximo: 6 [V], corriente durante medición mínima: 1 [mA], corriente durante medición máxima: 1.5 [mA], corriente en modo de espera mínima: 40 [µA], corriente en modo de espera máxima: 50 [µA], rango de temperatura -40 ~ 80 [°C] (Datasheets.es, 2020).

Radiación solar

La radiación solar se puede considerar el factor ambiental más importante en los cultivos bajo invernadero, pues influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, los balances de agua y energía, y el crecimiento y desarrollo del cultivo. Para medir la radiación solar se utiliza el sensor (RS-RA-N01-JT) el cual tiene instalado una cubierta antipolvo con una transmitancia de hasta el 95 [%], reduce la absorción de polvo y previene eficazmente que los factores ambientales interfieran con los componentes internos, adopta un sensor de alta precisión, absorción de amplio espectro, alta absorción dentro de todo el espectro y buena estabilidad, usa el protocolo estándar Modbus-RTU y el rango espectral es de 0.3 ~ 3 [µm].(Co., 2021)

Velocidad del viento

El proceso de remoción de vapor depende en alto grado del viento y de la turbulencia del aire, los cuales transfieren grandes cantidades de aire hacia la superficie evaporante. Para medir la velocidad del viento se utilizó un sensor modelo *YGC-FS,* con las siguientes características: Rango de medición: 0 a 45 [m/s], Precisión: ± (0.4 + 0.03V) [m/s], Resolución: 0.1 [m/s], Velocidad de inicio del viento: ≤0.5 [m/s], Fuente de alimentación: DC 9 – 30 [V] (S.L., 2021).

Capa de red

La capa de red, es donde se realizan las negociaciones de conexión a la red local, para tener acceso a internet, esta capa es la responsable del envío de datos y la recepción de comandos para ser ejecutados en la capa de percepción.

Módulo ESP32

ESP32 es la denominación de una familia de chips SoC de bajo costo y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada. El ESP32 emplea un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 en sus variantes de simple y doble núcleo e incluye interruptores de antena, balun de radiofrecuencia, amplificador de potencia, amplificador receptor de bajo ruido, filtros, y módulos de administración de energía. El ESP32 fue creado y desarrollado por Espressif Systems y es fabricado por TSMC utilizando su proceso de 40 nm. Es un sucesor del SoC, ESP8266.(GitHub, 2021).

Configuración del módulo ESP32 como cliente

Configurar el módulo ESP32 como cliente significa que la placa debe conectarse a un servidor web, por ejemplo: www.google.com o cualquier otro, existen varias formas de comunicarse entre cliente y servidor, en este trabajo utilizamos el protocolo de comunicación http. Para la comunicación con el servidor, existen dos métodos para el envío de datos junto con una petición http, estos son los métodos GET y POST, La diferencia principal entre estos dos métodos es que al utilizar el método GET los datos son enviados en la URL, quedando visibles para el usuario, mientras que con el método POST los datos van encapsulados en el navegador y quedan ocultos al usuario (Mechatronics, 2016)

Capa de almacenamiento

La capa de almacenamiento, se encuentra en un servidor web en la nube el cual cuenta con soporte para las siguientes tecnologías: lenguaje de programación del lado del servidor php y un manejador de base de datos MySQL. Para el almacenamiento de los datos provenientes de la capa de red, se desarrolló una base de datos MySQL con una tabla. Así mismo, se implementó un servicio web programado con el lenguaje de programación php quién recibe los datos enviados por la capa de red, realiza la conexión a la base de datos, e inserta los datos en la tabla.

Capa de aplicación y negocio

Por último, la capa de aplicación y negocio, es la encargada de la administración y desarrollo de la solución completa de IoT, su aplicación y la generación de casos de negocios, buscan proveer valor tanto para el negocio como para el usuario final, conocer el mercado de los competidores y mejorar rentabilidad. Esta capa puede entenderse como la convergencia entre IoT y el productor o usuario final.

RESULTADOS

Como resultados presentamos una arquitectura IoT de cuatro capas de bajo costo y bajo consumo de energía fácil de implementar para el monitoreo de parámetros climáticos, del suelo y la planta.

Instalación de sensores y modulo transmisor de datos

Los sensores usados para medir parámetros meteorológicos se instalaron dentro de un invernadero montados en un tubo de PVC de 4 pulgadas a una altura de 2 [m] del suelo. Dentro del invernadero se implementó un cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo*) en cinco macetas con sustrato de 50% de arena y 50% de perlita. El sensor de temperatura de la planta se instaló en una maceta seleccionada al azar junto con el sensor de luminosidad, el sensor de humedad del suelo se instalado en otra maceta para medir el porcentaje de humedad del suelo. Cuando el sensor de humedad del suelo reporta un umbral mínimo de humedad, el módulo ESP32 envía una señal al sistema de bombeo indicando la necesidad de riego. la distribución de los diferentes sensores se puede ver en la figura 4.

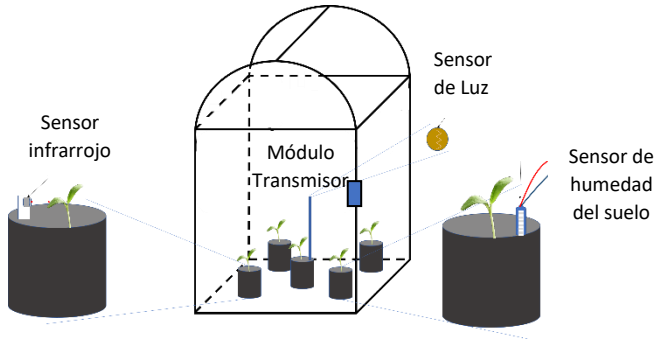


Figura 4.- Distribución de sensores dentro del invernadero

Dentro de las lecciones aprendidas se pudo observar que los sensores deben ser calibrados tomando como referencia una medición manual realizada con algún dispositivo especializado para tal propósito; aunque la hoja de datos menciona que los dispositivos de

medición fueron calibrados bajo estrictas normas de calidad, estos por su condición de bajo costo pueden presentar en algunos casos un significativo margen de error, por eso se considera de gran importancia realizar el procedimiento de calibración. Un dato importante es que el cableado utilizado para la conexión de sensores o actuadores sea de buena calidad ya que a mayor distancia puede existir pérdida de información, se recomienda utilizar cable blindado. Dentro de las variables más importantes para generar un ambiente controlado o semi controlado, se consideran la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Las organizaciones modernas ya no dependen únicamente de sus activos tangibles, dependen cada vez más de sus activos intangibles como la información y el conocimiento, y por ello, necesitan trabajar continuamente en su estrategia basada en el conocimiento como fuente de ventaja competitiva.

La FAO a través de su plataforma TECA plantea que abordar conjuntamente la seguridad alimentaria y el cambio climático es posible, si se transforma la agricultura y se adoptan prácticas “climáticamente inteligentes” (TECA, 2021)

En la presente investigación se ha desarrollado una arquitectura de bajo costo y bajo consumo de energía de fácil implementación con materiales que fácilmente se pueden adquirir e implementar. Actualmente se generan datos a cada minuto y al final de la redacción de este artículo se cuenta con una base de datos con 328281 registros aproximadamente, cada uno de ellos está formado con los principales parámetros meteorológicos.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Aprovechando la oportunidad que ofrece la combinación de herramientas hardware de bajo costo y software libre, se ha conseguido el diseño, implementación y despliegue de una arquitectura de bajo costo y bajo consumo de energía soportada en IoT. Esta cuenta con cuatro capas de operación comprendiendo la capa de percepción, capa de red, capa de almacenamiento y capa de aplicación y negocio; sirviendo como referencia para los agricultores e investigadores y la comunidad interesada en aprovechar las tecnologías emergentes basadas en IoT con la finalidad de buscar mejorar la productividad agrícola.

La implementación de esta arquitectura, en primera instancia pretende servir de referencia para que investigadores de distintas disciplinas puedan implementarla, ya que son arquitecturas fáciles de implementar de bajo costo y bajo consumo de energía.

Aunque el caso de estudio fue un invernadero, estas arquitecturas son muy versátiles para su implementación en distintas áreas del conocimiento.

Como trabajo futuro, se pretende complementar la capa de aplicación y negocio de la arquitectura propuesta, mediante la inclusión de técnicas para el procesamiento de datos para identificar patrones de comportamiento. Así mismo, implementar algoritmos de aprendizaje automático para una mejor toma de decisiones basadas en conocimiento.

Otro punto de interés es implementar la arquitectura propuesta utilizando tecnología GSM, para aquellos casos donde no se cuenta con una red inalámbrica, pero si señal de telefonía celular.

REFERENCIAS

Babu Loganathan, G. J. I. J. o. M. A. (2021). Smart Agriculture System With E–Carbage Using Iot. *10*(1), 928-931.

Baldivia, A. S., & Ibarra, G. R. La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050.

Calaza, G. T. (2015). *Taller de arduino: Un enfoque práctico para principiantes*: Marcombo Ediciones Técnicas.

Campoverde Marca, A. M., Hernández Rojas, D. L., & Mazón Olivo, B. E. (2015). Cloud Computing para el internet de las cosas. Caso de estudio orientado a la agricultura de precisión.

Cicioğlu, M., Çalhan, A. J. C., & Engineering, E. (2021). Smart agriculture with internet of things in cornfields. *90*, 106982.

Co., S. R. M. C. T. (2021). RS-RA-N01-JT. Retrieved from http://save.jnrsmcu.com/%E4%BA%A7%E5%93%81%E4%BD%BF%E7%94%A8%E8%AF%B4%E6%98%8E%E4%B9%A6/%E6%99%AE%E9%80%9A%E5%9E%8B%E4%BA%A7%E5%93%81/%E6%A8%A1%E5%9D%97%E5%8F%8A%E6%B0%94%E8%B1%A1/RS-RA-N01-JT%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%BE%90%E5%B0%84%E7%94%A8%E6%88%B7%E6%89%8B%E5%86%8C485%E5%9E%8B.pdf

Datasheets.es. (2020). Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22. Retrieved from http://www.datasheet.es/PDF/792210/DHT11-pdf.html

Factory, G. (2019). Datasheet de DS18B20 sensor de temperatura. Retrieved from https://www.geekfactory.mx/download/hoja-de-datos-o-datasheet-de-ds18b20-sensor-de-temperatura/

Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L. A., & Wang, X. J. I. C. J. A. S. (2021). Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *8*(4), 718-752.

GitHub. (2021). esp8266/Arduino. Retrieved from https://github.com/esp8266/Arduino

Halder, S., & Sivakumar, G. (2017). *Embedded based remote monitoring station for live streaming of temperature and humidity.* Paper presented at the 2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT).

Hoste, R., Suh, H., & Kortstee, H. (2017). *Smart farming in pig production and greenhouse horticulture: An inventory in the Netherlands*: Wageningen Economic Research.

INEGI. (2015). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. In: nstituto Nacional de Estadística Guatemala.

Khattab, A., Abdelgawad, A., & Yelmarthi, K. (2016). *Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precision agriculture.* Paper presented at the 2016 28th International Conference on Microelectronics (ICM).

Math, R. K., & Dharwadkar, N. V. (2017). *A wireless sensor network based low cost and energy efficient frame work for precision agriculture.* Paper presented at the 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE).

Mechatronics, N. (2016). ESP8266 cliente Web. Retrieved from https://naylampmechatronics.com/blog/54_arduino-y-esp8266-como-cliente-web.html

Novillo-Vicuña, J., Rojas, D. H., Olivo, B. M., Ríos, J. M., & Villavicencio, O. C. (2018). *Arduino y el internet de las cosas* (Vol. 45): 3Ciencias.

Rosales-Soto, A., & Ricardo, A.-V. (2020). Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad.

S.L., P. I. (2021). Sensor de velocidad de viento PCE-FST-200-201. Retrieved from https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-fst-200-201.pdf

Soumyalatha, S. G. H. (2016). *Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges.* Paper presented at the 1st International Conference on Innovations in Computing & Net-working (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking & Applications.

TECA. (2021). Technologies and Practices for Small Agricultural Producers. Retrieved from http://www.fao.org/teca/en

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. J. A. s. (2017). Big data in smart farming–a review. *153*, 69-80.

ATRIBUTOS PREFERIDOS DE LOS CONSUMIDORES MEXICANOS DE CHILE JALAPEÑO

Sánchez-Toledano, Blanca I.[1]*, Borja-Bravo, Mercedes[2], Góngora-Pérez[3], Rubén D., Arellano-Arciniega, Sergio[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km. 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500.

[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, INIFAP, Km. 32.5 Carr. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, C.P. 20660.

[3] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Chetumal, Carr. Chetumal-Bacalar, Km. 25, Chetumal, Quintana Roo, C.P. 97900.

* Autor de correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx, toledano.blancaisabel@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar las preferencias del consumidor al momento de decidir por la compra de chile jalapeño. Para ello se realizaron 1200 encuestas en cinco regiones del país. El análisis de la información se realizó mediante análisis de correspondencia y prueba de ANOVA. Los principales resultados muestran que si bien, existen pautas de consumo afines, lo cierto es que por regiones existen comportamientos diferenciados que pueden servir de base y punta de lanza para la elaboración de estrategias diferenciadas de producción y comercialización del producto.

Palabras clave: atributos, mercado mexicano, regiones.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze consumer preferences when deciding to purchase jalapeño peppers. For this purpose, 1200 surveys were conducted in five regions of the country. The analysis of the information was carried out using correspondence analysis and ANOVA test. The main results show that although there are similar consumption patterns, there are differentiated behaviors by region that can serve as a basis and spearhead for the development of differentiated strategies for the production and marketing of the product.

Keywords: attributes, mexican market, regions.

INTRODUCCIÓN

El chile jalapeño es uno de los principales cultivos que llegaron a México con el arribo de las migraciones europeas, su producción se distribuye en veinticinco estados de la República Mexicana, donde sobresalen Chihuahua (381359.00 t), Sinaloa (127517.29 t), Michoacán (80038.48t) y Jalisco (60222.87 t) (SIAP, 2022). Esta hortaliza ha ido ganando importancia en la dieta alimenticia de la población mexicana, y en la actualidad es uno de los chiles más consumidos en México. No obstante, se observa que, en los últimos tres años, el consumo per cápita del chile jalapeño se ha mantenido en 7.2 kilogramos, tendencia de consumo que muestra que, si bien no hay un aumento, existen oportunidades de crecimiento. En este sentido, destacar las propiedades alimenticias y el uso del chile jalapeño como ingrediente en las comidas, puede fortalecer su demanda en el mercado. Por otra parte, no se debe perder de vista que se trata de un mercado altamente competitivo, en el cual el consumidor tiene una amplia diversidad de chiles verdes a los que puede acceder. De esta forma, es relevante considerar que, en las decisiones de compra y consumo, la información de la cual disponen los consumidores incide en la elección de los productos que adquiere. De esta manera, el entorno sociocultural, económico, tecnológico y político, son determinantes para las decisiones y preferencias que manifiestan, además otros factores como los métodos de compra y la frecuencia de consumo también son claves en sus comportamientos de compra (Kang *et al.,* 2015; Sans and Combris, 2015).

Comprender la situación actual del consumo de chile jalapeño a partir de los factores antes mencionados, permitirá entender las particularidades de las distintas regiones de México donde existen diversas características productivas, de comercialización y consumo de esta hortaliza.

Algunos estudios han analizado las preferencias de consumo de chiles en México como Castellón *et al.* (2012); López, (2007); Rodríguez–Del Bosque, (2005); Medina *et al.* (2002) y López *et al.* (1995). No obstante, a pesar de que los consumidores contribuyen a una cadena de suministro eficiente y rentable, lo cierto es que existe poca información sobre la aceptación de atributos y comportamientos de compra que éstos tienen sobre el mercado de chile jalapeño en México. De ahí, que el objetivo de este trabajo fue analizar los principales atributos preferidos del consumidor hacia el chile jalapeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar el objetivo de la investigación, se realizó un estudio con consumidores en cinco regiones geográficas de México (Noroeste, Noreste, Centro Norte, Centro Sur, Sureste). Los datos se recopilaron entre septiembre 2019 y marzo 2020 mediante una encuesta semiestructurada con 25 preguntas (Malhotra, 2008). Una vez obtenida la información, se elaboró una base de datos que fue depurada con el propósito de eliminar cualquier inconsistencia o dato incorrecto capturado durante el procesamiento de la información. Posteriormente, se procedió a efectuar los análisis estadísticos utilizando para ello el software SAS (versión 9.1 SAS Institute, Cary, NC, USA). Se realizaron análisis de correspondencia y análisis bivariantes como la prueba de ANOVA (Sánchez-Toledano *et al.,* 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características que los consumidores buscaron al comprar chile jalapeño estuvieron influenciadas por la región donde se encuentran. De trece variables analizadas, en siete de ellas los consumidores coincidieron en las mismas características del producto (color, picor, peso, ausencia de daños fisiológicos, identificación de origen, y finalmente vida de anaquel). Es decir, los consumidores de esta hortaliza parecieran declinar la adquisición por factores externos y de presentación del producto. Respecto al color, un estudio realizado sobre las expectativas de los consumidores de vegetales con colores típicos y atípicos en zanahoria encontraron que el tono y la saturación del color tienen un impacto sustancial en las expectativas de los consumidores sobre las propiedades sensoriales y funcionales, incluida la frescura y el valor nutricional (Vázquez *et al.,* 2010). En este sentido los consumidores de las cinco regiones analizadas coinciden en adquirir un producto con color verde esmeralda oscuro brillante, posiblemente por asociarlo a un producto fresco y nutritivo.

En este estudio se encontró que los atributos de calidad mínimos requeridos por los consumidores de chile jalapeño se enfocaron en el color externo, el cual debe ser verde esmeralda oscuro brillante, un tamaño mediano (5.0 a 7.5 cm), medianamente picante (5 mil a 7 mil Usc) y un peso de 25 a 30 gr. Por otro lado, las variables en donde existen diferencias para la compra de esta hortaliza fueron: un aroma característico, mayor anchura y rayado (en la región sureste), mayor tamaño y consistencia al tacto (región Noreste), y la apariencia externa para los consumidores de la región Centro del país (Cuadro 1). Al parecer, las características que demandan los consumidores parecen están determinadas

por aspectos regionales y su forma de consumir, lo que puede deberse a que “la información que tienen los consumidores con respecto a los productos que adquieren en el mercado para el consumo de hortalizas se basa en una dieta tradicional” (Reynolds, 2013).

Cuadro 1. Atributos de calidad requeridos por los consumidores de chile jalapeño en México

Regiones	Color externo	Aroma característico	Tamaño	Consis-tencia	Anchura	Picor	Rayado	Peso	Precio
Centro sur	Verde esmeralda oscuro brillante[a]	Indiferente[ab]	Mediano (5 a 7.5 cm)[b]	Media y en menor grado al tacto[b]	Mediano (3.0 a 3.5)a	Medianamente picante (5 mil a 7 mil USc)[a]	Indiferente[ab]	25-30g[a]	De $10-$15[a]
Noreste	Verde esmeralda oscuro brillante[a]	Indiferente[ab]	rande (8 a10 cm)[a]	Alta al tacto[a]	Indiferente[ab]	Medianamente picante (5 mil a 7 mil USc)[a]	0-10%[a]	25-30g[a]	De $10-$15[a]
Centro norte	Verde esmeralda oscuro brillante[a]	Indiferente[ab]	Mediano (5 a 7.5 cm)[b]	Indiferente [ab]	Indiferente[ab]	Medianamente picante (5 mil a 7 mil USc)[a]	Indiferente[ab]	25-30g[a]	De $10-$15[a]
Noroeste	Verde esmeralda oscuro brillante[a]	No[a]	Mediano (5 a 7.5 cm)[b]	Media y en menor grado al tacto[b]	Indiferente[ab]	Medianamente picante (5 mil a 7 mil USc)[a]	Indiferente[ab]	25-30g[a]	De $10-$15[a]
Sureste	Verde esmeralda oscuro brillante[a]	Si[b]	Indiferente[ab]	Media y en menor grado al tacto[b]	Grande (3.5 a 405 cm)[b]	Medianamente picante (5 mil a 7 mil USc)[a]	De 10-15%[b]	25-30g[a]	De $10-$15[a]

[a, b, c,] Diferencias estadísticas entre las diferentes regiones geográficas de consumo de chile jalapeño en 95 %.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que los consumidores de chile jalapeño en México se diferencian por la región en donde se ubican, por ende, cada segmento de consumo tiene gustos diferenciados, lo que puede permitir a los productores de chile jalapeño canalizar sus esfuerzos y dirigir el producto de acuerdo a la calidad lograda en el año agrícola.

REFERENCIAS

Castellón, E., Chávez, L., Carrillo, C., Vera, M. (2012). Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. Rev. Fitotec. Mex., 35, 27–35. 24.

Kang, J., Jun, J., Arendt, W. (2015). Understanding customers' healthy food choices at casual dining restaurants: Using the Value-AttitudeBehavior model. Int. J. Hosp. Manag., 48, 12–21.

López, P. (2007). El Chile de Agua: Un chile típico de los Valles Centrales de Oaxaca. Rev. Agroproduce, 16, 8–12. 25.

López, L., Fernández, M., Costa, R., Franco, J., Badillo, T. (1995). Creencias sobre el consumo de chile y la salud en la ciudad de México. Salud Públ., 37, 339–343.

Malhotra, K. (2008). Investigación de Mercados, 5th ed.; Pearson Prentice Hall: Hoboken, NJ, USA. 805 p.

Medina, T., Rodríguez-Del-Bosque, L.A., Villalón, H., Pozo, O., Ramírez, M., López, R., Lara, M., Gaona, G., Cardona, A., Mora, A. (2002). El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. aviculare) en el noreste de México. Aspectos ecológicos y socioeconómicos. Biotam, 13, 1–14. 27.

Reynolds, A. (2013). Percepciones y Preferencias del Consumidor de Palmito Fresco. Caso: Unión de asociaciones de productores de plantines y palmito. Perspectivas, 61–104.

Rodríguez-Del Bosque, L.A. (2005). Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. Rev. Chapingo Ser. Hortic., 11, 279–281.

Sans, P., Combris, P. (2015). World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011). Meat Sci., 109, 106–111.

Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., Rumayor, A. (2013). Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. Rev. Mex. Cienc. Agric., 4, 855–868.

SIAP. (2022). Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. 2022. Available online: http://siap.gob.mx (Consultado el 24 de marzo de 2022).

Vázquez, E., Ramírez, M., Mata, H., Ariza, R., Alia, I. (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista fitotecnia mexicana*, *33*(4), 79-82.

BIODRENAJE Y ADAPTACIÓN AL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO

Leonardo Pulido Madrigal
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550
jalapuma56@gmail.com

RESUMEN

Se realizó una investigación para analizar el impacto de la producción de cultivos en los problemas de drenaje del Distrito de Riego 038 río Mayo, Son., para lo cual se analizaron datos de estudios de drenaje desarrollados entre 1970-2001 a escala de este distrito, así como datos de mediciones *in-situ* en el intervalo 2012-2017 en el Módulo de Riego 05; de igual modo, se analizaron datos de volúmenes de riego, superficie cosechada de cártamo, alfalfa, maíz grano y trigo, temperatura ambiente, evapotranspiración de referencia y precipitación pluvial. Para determinar el impacto de las variables referidas en la superficie con nivel freático somero, se realizaron análisis de varianza de regresión lineal simple entre las variables mencionadas considerando a la superficie de drenaje como variable dependiente. Así, se encontró que el cártamo y alfalfa son cultivos que poseen un sistema radical profundo que les permite extraer humedad del manto freático y de este modo contribuyen en un descenso del nivel freático; de esta manera, el cártamo se produce cuando hay sequías debido a su capacidad de extraer humedad del subsuelo, con lo que demanda menores láminas de riego, comparativamente con los otros cultivos analizados. Es así que ambos podrían ser considerados como cultivos adecuados para biodrenaje en el Distrito de Riego 038.

Palabras clave: nivel freático, biobombeo, volumen de riego, temperatura, evapotranspiración, análisis estadístico.

ABSTRACT

An investigation was carried out to analyze the impact of crop production on the drainage problems of the Irrigation District 038 Río Mayo, Son., for which data from drainage studies developed between 1970-2001 at the scale of this district were analyzed, as well as *in-situ* measurement data in the 2012-2017 interval in Módulo de Riego 05. In the same way, data on irrigation volumes, harvested area of safflower, alfalfa, maize and wheat, temperature, reference evapotranspiration and rainfall were analyzed. To determine the impact of the

variables referred to on the surface with a shallow water table, simple linear regression analyzes of variance were performed between the mentioned variables considering the drainage surface as the dependent variable. Thus, it was found that safflower and alfalfa are crops that have a deep root system that allows them to extract moisture from the groundwater table and thus contribute to a drop in the groundwater level; In this way, safflower is produced when there are droughts due to its ability to extract moisture from the subsoil, which requires fewer irrigation sheets, compared to the other crops analyzed. Thus, both could be considered as suitable crops for biodrainage in Irrigation District 038.

Keywords: water table, biopumping, irrigation volume, temperature, evapotranspiration, statistical analysis.

INTRODUCCION

En zonas áridas y semiáridas donde la precipitación pluvial (PP) es menor que la evaporación, las sales se pueden acumular sobre la superficie del suelo cuando la profundidad del nivel freático superficial es menor de 1.5 m. La acumulación de sales en la superficie del suelo es consecuencia del movimiento ascendente del agua freática y del subsecuente transporte de sales en el perfil del suelo debidas a la capilaridad, impulsada por un proceso de evaporación. Sin embargo, la causa más común de la acumulación de sales es la evapotranspiración (ET), que aumenta la concentración de sales a medida que profundiza la zona radicular (Corwin *et al.*, 2012, Ayars, *et al*., 2012, De la Peña, 1979).

A escala nacional de México se estima que las afectaciones por salinidad (CE) en los distritos de riego (DR) representan el 15.3 %, y las afectaciones por mal drenaje el 12.5 %. Igualmente, en la región noroeste que cuenta con alrededor del 46.8 % de la superficie de riego de México, se estima que el 15.1% está afectada por mal drenaje y el 20.0 % por sales. En esta región el mal drenaje ocasionado por los volúmenes de agua de riego que se desplazan internamente en los suelos, constituye la causa más sobresaliente de afectaciones por CE; esto es, el agua de riego al ser derivada de las diferentes fuentes al ser conducida por la red de canales, se pierde alrededor del 40 % de su volumen, y esta pérdida se incrementa hasta el 60 % tomando en cuenta la percolación profunda al aplicar los riegos. Asimismo, la recarga de niveles freáticos superficiales (MF) tiene como origen la falta de conservación de la red de drenaje cuyo funcionamiento llega a reducirse más del 40 % (De la Peña, 2001). Si la velocidad de percolación profunda excede la capacidad natural de drenaje del suelo, entonces se desarrollará un nivel freático superficial y el agua freática ascenderá en respuesta al volumen de percolación profunda (Ayars, 2012).

En la región noroeste se sitúa el Distrito de Riego No. 038, Río Mayo, Son., el cual está considerado como uno de los más afectados por mal drenaje y sales, ya que aproximadamente 32 % de su superficie presenta estos problemas. Este distrito comprende una superficie de riego de 97,891 ha misma que es regada con agua de gravedad y bombeo, y en el 93 % se utiliza riego por gravedad, y únicamente en el 7 % se usa riego presurizado (Pulido *et al*., 2009; Pulido, 2018). Por otro lado, por efecto del calentamiento global existente en el planeta (PICC, 2021), se prevé que para el periodo 2075-2099 en el sur del estado de Sonora donde se localiza el Distrito de Riego 038, la temperatura (T) máxima aumentará entre 5.0 y 5.4 °C y la PP disminuirá un 16.9% (Pulido, 2018). Con el calentamiento global los problemas de CE del suelo se incrementaron 24.1% en el Distrito de Riego 038 en el periodo 1970-2001; asimismo, se estimó un desarrollo de mayores superficies con MF, del orden de 21.9%. A través del análisis de volúmenes de riego (VOL) y superficies con MF, se determinó que una de las principales causas de los problemas de drenaje en el DR señalado se debe a la aplicación de VOL; y una fracción de éstos crea MF que son causantes del ensalitramiento (Pulido, 2018).

En busca de una solución a esta problemática es la que se refiere a la rehabilitación de suelos ensalitrados y con nivel freático superficial, donde hasta el año 2005 se habían instalado 4,851 ha con drenaje parcelario subsuperficial (Pulido, 2018). Por otra parte, desde el comienzo de la década de los noventa del Siglo XX se ha observado una modificación en el patrón de cultivos, que se relaciona más con la sequía y con factores de mercado de las cosechas, que por problemas de CE *per se*. Así, cultivos tolerantes a la deficiencia de humedad (efecto inmediato de la salinidad), como cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), garbanzo (*Cicer arietinum*) y algunas variedades forrajeras han sido sembrados en mayor superficie desde mediados de la década de los noventa. Entre estos cultivos, la siembra de cártamo es ventajosa cuando hay sequía debido a lo profundo de su sistema radicular que aprovecha la humedad del MF; por lo cual se siembra en mayor superficie cuando en el DR hay escasez de agua de riego (Pulido, 2018).

En el DR los periodos de sequías son recurrentes por lo que es importante estudiar medidas para producir cosechas bajo las condiciones de clima y suelos ensalitrados que prevalecen en el DR 038. Al respecto, Heuperman *et al*. (2002) expresan que el biodrenaje, es decir, la utilización de vegetación para manejar los flujos de agua en el paisaje, es una de esas técnicas que recientemente ha atraído el interés en los círculos de drenaje y gestión ambiental. El biodrenaje depende de la vegetación, más bien que de mecanismos de ingeniería para eliminar el exceso de agua del suelo a través de la evapotranspiración. El

objetivo del biodrenaje es eliminar el exceso de agua subterránea a través del proceso de transpiración por la vegetación. En presente trabajo tiene el objetivo de estudiar la eficiencia de cártamo, alfalfa, maíz grano y trigo para biodrenaje en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Son., en el intervalo 1997-2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron y analizaron estudios de drenaje y salinidad del suelo llevados a cabo en el DR 038 entre 1970-2012 en los archivos del DR 038; igualmente, se consultó información estadística sobre VOL, bombeo de agua subterránea, y de producción y rendimiento de cultivos en este DR. Igualmente, se obtuvieron datos de T, ET y PP promedio diarios generados entre 1970-2020 (www.agroson.org.mx; www.siafeson.com/remas). También, durante el intervalo 2012-2014 en el módulo de riego 05 (MR05) se realizó un estudio sobre drenaje, salinidad y calentamiento global, el cual fue consultado (Pulido *et al*., 2013). El DR 038 se localiza en el sur del estado de Sonora; comprende una superficie de 114,000 ha, de las cuales están empadronadas 97,891 ha (www.drrmayo.mx), que son regadas por gravedad de la presa de almacenamiento Adolfo Ruiz Cortines, y con agua de bombeo del acuífero Valle del Mayo 2642. Su clima es estepario semiárido, con precipitación media anual de 344 mm, temperatura media anual de 21.3 °C, y evaporación media anual de 2,222 milímetros.

Los estudios de MF empezaron a realizarse en 1965 y desde entonces se llevaron a cabo 20 estudios hasta el año 2000. Asimismo, a partir de 1971-2001 se reportaron 11 estudios de CE con análisis de suelos en laboratorio; igualmente, en 1996 y 2001 se cartografió la CE en el estrato a 60 cm a través de imágenes de satélite y un sensor electromagnético (Pulido, 2018). En los años 2012-2014 el estudio de drenaje y CE se desarrolló en el MR05 del DR 038; para el caso, se llevaron a cabo mediciones del MF hasta una profundidad de tres metros, y con éstas se elaboraron mapas de isobatas. De la misma manera, se analizaron en laboratorio muestras de suelo en una red de 62 sitios establecida ex profeso en el área del módulo, y para evaluar el impacto en la reducción de MF por los cultivos analizados, se llevaron a cabo análisis de varianza de regresión lineal simple (RLS) con el programa Excel 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del cultivo de cártamo y su relación con los problemas de drenaje. La superficie anual promedio de afectación por MF (< 1.5 m) entre 1970-2001 resultó de 20,113 ha con tendencia creciente. Asimismo, se analizó que en el periodo 1970-2000 el VOL promedio anual fue de 924.3 hm^3 con tendencia creciente, y que a partir de 1985-2000 se cuantificó un descenso relacionado con sequías tanto en VOL como en MF, cuando la superficie afectada por MF en 1985 fue de 41,431 ha y en 2,000 de 7,700 ha, mientras que el VOL en 1985 fue de 1,209 hm^3 y en el año 2,000 resultó de 710 hm^3 (R^2= 0.92, modelo 2, Cuadro 1). Este descenso de afectación por MF se examinó con la superficie cosechada de cártamo que es uno de los cultivos que representa mayor superficie de cosecha anual, la cual desde 1998-2020 tuvo un promedio de 7,736 ha con tendencia ascendente, con máximos de 25,983 en el ciclo agrícola de otoño-invierno 2011-2012; de 19,568 ha en 2002-2003, y de 17,737 ha en el ciclo agrícola 2019-2020, coincidentes con sequías. La siembra de cártamo es ventajosa cuando en el DR hay escasez de agua de riego, como ocurrió entre 1997-2001. El cártamo es un cultivo que tolera más la salinidad que alfalfa y maíz y se asemeja al trigo. Inicialmente se pensaba que este cultivo era resistente a la sequía, pero esta confusión sobrevino debido a que en algunas áreas el manto freático está muy alto y por otro lado, a que la planta tiene un sistema radicular muy extenso y profundiza hasta cuatro metros, obteniendo de esta manera suficiente humedad para completar su ciclo (Pulido, 2018).

Cuadro 1. Análisis de varianza de regresión lineal simple de variables agronómicas y climáticas.

Modelo	Periodo	Modelo de regresión[1]	R^2	n	Fc	Ft
1	1985-2000	MF= 54.673(VOL)-26686	0.92	5	35.65*	10.12
2	1998-2000	MF= -1.289(CA)+26286	0.87	3	6.82	161.44
3	2012-2014	MF= -0.0677(CA)+3365.8	0.97	3	43.12	161.44
4	2012-2014	MF= 0.00002(CA)+1.727	0.97	3	46.97	161.44
5	1998-2000	MF= -7.601(A)+32224	0.87	3	6.93	161.44
6	2005-2014	Eto= 0.147(A)+1338.2	0.8	8	24.49*	5.98
7	1998-2000	MF= 0.910(M)+5599.6	0.96	3	24.35	161.44
8	2012-2014	MF= 0.529(M)+1898	0.91	3	10.51	161.44
9	2012-2014	MF= 0.019(VOL)+2.248	0.99	3	346.52*	161.44
10	2005-2015	ET= 0.1066(M)+1259	0.88	8	44.84*	5.98
11	1998-2000	MF= 1.208(TR)-44066	0.81	3	4.42	161.44
12	1998-2000	TR= 0.055(VOL)-2157.2	0.92	3	11.91	161.44
13	2012-2014	MF= 0.514(TR)+1579.1	0.99	3	114.33	161.44

[1]MF= nivel freático superficial (m o en ha); VOL= volumen (hm^3); ET= evapotranspiración de referencia (mm); CA= superficie de cártamo; A= superficie de alfalfa; M= superficie de maíz grano; TR= superficie de trigo; Fc= F calculada con 95% de confianza; n= número de

observaciones; Ft= valor crítico de F, α= 0.05 de significancia; *= estadísticamente significativo.

En el intervalo 1997-2000 se examinó una línea descendente en superficie cosechada de cártamo que varió influenciada por la sequía de 1997-2003, porque en 1998 la superficie fue de 6,092 ha, en 1999 de 11,697 ha y en 2000 de 5,925 ha (Figura 1), y estas superficies correlacionaron con las superficies de MF las cuales exhibieron una trayectoria decreciente (R^2= 0.87, modelo 2, Cuadro 1); esto es, en la sequía de 1997-2003 se cosecharon anualmente altas superficies de cártamo, en promedio de 10,594 ha, y en 1999 se cosechó la mayor superficie del periodo 1998-2000, que coincidió con una baja superficie media anual de MF, de 11,155 ha. De acuerdo con este análisis, se infiere que las raíces de cártamo absorbieron humedad del manto freático, por lo que podría considerarse un cultivo adecuado para biodrenaje. De manera similar, en los ciclos agrícolas de O-I 2011-2014 en el municipio de Huatabampo donde se ubica el MR05, en 2012 la superficie de cártamo fue de 8,972 ha, en 2013 de 1,244 ha y en 2014 se cosecharon 3,961 ha, que junto con la superficie de MF medios de 2012-2014 de 2,775 ha, 3,311 ha y 3,052 ha, correspondientemente, se correlacionaron (R^2= 0.97, modelo 3, Cuadro 1, Figura 2), por lo que una conclusión es que la reducción de superficie con problemas de drenaje está asociada con el aumento de superficie de cártamo. También se estudió que con un aumento en superficie de cártamo en el mismo periodo, el nivel freático profundizó de 1.79 m con 3,961 ha cosechadas hasta 1.90 m con 8,972 ha (R^2= 0.97, modelo 4, Cuadro 1). Según esto, las raíces de cártamo que profundizan hasta cuatro metros obtienen humedad del nivel freático somero por lo que éste desciende y así contribuyen a reducir los niveles freáticos.

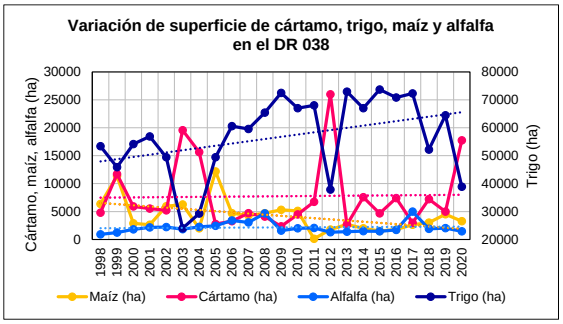


Figura 1. Superficie cosechada de cártamo, trigo, maíz grano y alfalfa en el periodo 1998-2020 en el Distrito de Riego 038. Elaboración propia.

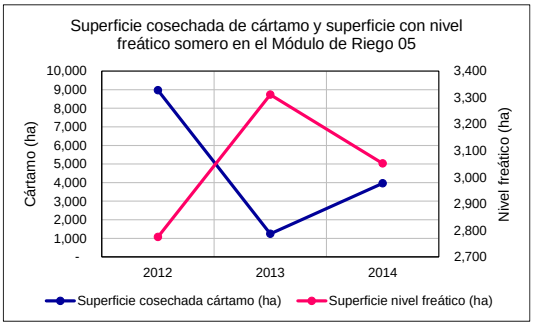


Figura 2. Interacción entre la superficie cosechada de cártamo y la superficie con nivel freático somero en el Módulo de Riego 05. Elaboración propia.

Alfalfa como especie útil para biodrenaje. La superficie de alfalfa (*Medicago sativa*) entre 1997-2020 tuvo una tendencia creciente con un promedio de 1,940 ha, con más altas superficies en 2008 de 4,678 ha y en 2017 con 4,986 ha; en este periodo su cultivo representó el 2.3 % de la superficie media del DR. Es una especie forrajera semiperenne; semitolerante a la CE del suelo. Para fines de biodrenaje tiene la ventaja de desarrollar un sistema radical profundo, de hasta 5 m. La alfalfa es uno de los cultivos a los que en el DR 038 se aplican mayores láminas de riego, de alrededor de 0.8 m cada año (8,000 m^3 ha^{-1}). Entre 1998-2000, se analizó que la superficie de alfalfa con tendencia creciente de 917 ha en 1998 hasta 1,823 ha en el año 2000, correlacionó con la superficie con MF, con pendiente negativa (R^2= 0.87, modelo 5, Cuadro 1, Figura 3), lo cual muestra un efecto de descenso en el MF posiblemente producido por biobombeo. Por su desarrollado sistema radicular y su biomasa aérea la alfalfa evapotranspira agua tanto del riego como del MF; es así que entre 2005-2014 se estudió una correlación entre la superficie cosechada y la ETo (R^2= 0.80, modelo 6, Cuadro 1). En conclusión, la alfalfa es un cultivo adecuado para biodrenaje por su gran desarrollo radicular y biomasa aérea; por lo que es eficiente para biobombear agua del MF, pero existe el inconveniente de que en el DR 038 se le aplican riegos pesados que alimentan el MF, sin tomar en cuenta que tolera la sequía. Otro inconveniente para biodrenaje es que se siembran superficies menores, en comparación con trigo y cártamo.

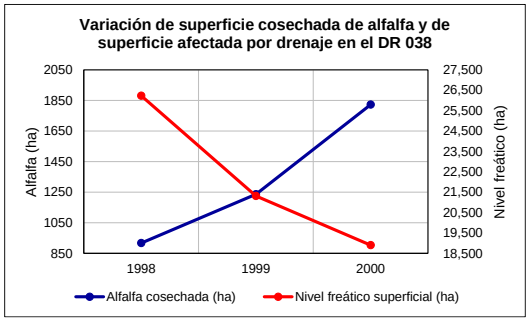


Figura 3. Comparación entre superficie cosechada de alfalfa deshidratada y superficie con nivel freático somero en el Distrito de Riego 038. Elaboración propia.

Maíz de grano como cultivo útil para biodrenaje. A lo largo de 1997-2020 en promedio se cosecharon 4,222 ha de maíz (*Zea mays*) para grano, con tendencia decreciente; las menores superficies correspondieron a los periodos de sequía 1997-2003, 2011-2012. Para determinar su eficiencia en el abatimiento de MF se correlacionaron la

superficie cosechada con la superficie afectada por drenaje, entre 1997-2000 a la escala del DR y en 2012-2014 en el MR05. En el primer periodo, la superficie de maíz tuvo una línea descendiente porque en 1998 se cosecharon 6,359 ha, en 1999 11,335 ha y en 2000 2,889 ha, mientras que también la superficie con problemas de drenaje tuvo tendencia decreciente ya que la mayor superficie de maíz coincidió con la mayor superficie de MF (R^2= 0.96, modelo 7, Cuadro 1); esto es, el aumento de superficie de maíz grano no coincidió con una reducción de la superficie de MF. Igualmente, en el lapso 2012-2014 se registró la menor superficie sembrada, de 1,779 ha y en el mismo año se cuantificó la menor superficie con MF, en este caso en el MR05 de 2,775 ha. Se analizó que aumentos en superficie correlacionaron con aumentos en problemas de drenaje (R^2= 0.91, modelo 8, Cuadro 1), y se estimó que por cada 500 ha de maíz cosechadas aumentó en 265 ha la superficie con niveles freáticos superficiales. Este incremento de superficie con MF se explica por un aumento en VOL que variaron en 2012 de 18.5 hm^3, 2013 de 25.6 hm^3 y 2014 de 24.4 hm^3 (R^2= 0.99, modelo 9, Cuadro 1).

Comparativamente, la biomasa aérea del maíz es mayor que la del cártamo, alfalfa y trigo, sin embargo, su sistema radical que explora a menos de un metro de profundidad es inferior que el del cártamo y la alfalfa, que profundizan más de tres metros. Según el presente análisis, el sistema radical del maíz al absorber agua del subsuelo no contribuye en el descenso de MF, por lo que según los periodos analizados 1997-2000 y 2012-2014 no es un cultivo adecuado para biodrenaje. Adicionalmente, la superficie que ocupa el maíz cada año es de un 4.3 %, baja, en comparación con trigo el cual ocupa cada año la mayor superficie, en promedio del 58 %. Se encontró que un aumento de superficie de maíz correlacionó con incrementos en ET (R^2= 0.88, modelo 10, Cuadro 1); esto es, el maíz absorbe humedad del estrato de suelo superficial y probablemente contribuye a reducir el MF, pero la limitante es la baja superficie que en promedio anual se cosecha. El cultivo de maíz es ventajoso considerando el aumento de T y ET debido al calentamiento global; es así que durante 1998-2018 la T media anual aumentó de 19.3-25.5 °C y su rendimiento no declinó; igualmente, la ET de 2006-2017 incrementó de 1,796 hasta 2,119 mm anuales y el rendimiento tuvo tendencia ascendente. Esto se debe a que el maíz es una especie con ruta fotosintética C_4, y son pocas especies cultivadas con esta característica, ya que como especie es más eficiente que las especies C_3 como trigo, frijol, cártamo, arroz y jitomate, entre otros, para utilizar la luz solar, el agua y el bióxido de carbono, y tolera altas temperaturas con un rango óptimo de 25-30 °C durante su ciclo de desarrollo (Reilly *et al*., 1996).

El trigo como cultivo útil para biodrenaje. La T óptima de trigo es de 17-23°C; su rango inferior es de 0 °C y su rango mayor es de 30-35 °C. El crecimiento de las plantas y su rendimiento dependen de la temperatura promedio y de las temperaturas (T) extremas, y varían para cultivos con diferente ruta fotosintética. La amplitud óptima para los cultivos C_3 está entre 15 y 20 °C (Reilly *et al*., 1996).En el intervalo 1997-2020 se sembró trigo en un promedio anual de 56,758 ha con tendencia creciente; las menores superficies se registraron entre 2003-2004, en 2011-2012 y en 2019-2020, en coincidencia con sequías, por lo que se restringe la superficie de siembra de trigo y aumenta la de cártamo, que demanda una menor lámina de riego. Esto es, cuando hay escasez de agua de riego se reduce la superficie de trigo dado que demanda más agua de riego y es así que se le aplica una lámina de riego de 0.65 m, mayor que la del cártamo de 38 cm y del maíz grano de 48 cm. En el lapso 1998-2000 la menor superficie de trigo se registró en 1999 con 45,889 ha y la mayor en 2000 con 54,157 ha; también en 1999 se registró la menor superficie de MF media anual de 11,155 ha, por lo que se determinó que al aumentar la superficie de trigo también aumentó la superficie con problemas de drenaje (R^2= 0.81, modelo 11, Cuadro 1). Dicho aumento se relaciona con los volúmenes de riego que entre 1997-2017 fueron en ascenso, de 400 hasta 904 hm^3 (R^2= 0.92, modelo 12, Cuadro 1).

En el periodo 2012-2014 en el MR05 se observó un ascenso tanto en superficie cosechada de trigo que incrementó de 2,304 ha a 3,337 ha, así como en superficie con MF que creció de 2,775 hasta 3,311 ha, por lo cual se determinó que aumentos en la superficie de trigo en el MR05 correlacionaron con incrementos en niveles freáticos (R^2= 0.99, modelo 13, Cuadro 1). Esto significa, que a diferencia del cártamo y alfalfa en los cuales incrementos en la superficie cosechada correlacionaron con decrementos en los problemas de drenaje, en trigo se analizó lo contrario. Es por ello que debido a su menor biomasa aérea evapotranspira menos y tiene un menor sistema radical, por lo que no es igual de eficiente que el cártamo para biobombear agua del nivel freático superficial

CONCLUSIÓN

El cártamo y alfalfa son cultivos eficientes para biodrenaje, por lo que su superficie de siembra debería incrementarse. El biodrenaje no contamina el ambiente, por lo que en combinación con las medidas que se aplican como son el drenaje parcelario subsuperficial, el ajuste del patrón de cultivos y el uso eficiente del agua de riego, podría contribuir en la disminución de superficie con problemas de drenaje y salinidad y en consecuencia, mejorar el potencial productivo de los suelos lo que a su vez aumentaría el rendimiento agrícola.

REFERENCIAS

Ayars, J. E.; G. J. Hoffman and D. L. Corwin. 2012. Leaching and rootzone salinity control. pp 371-403. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

Corwin, D. L.; S. M. Lesch, and D. B. Lobell. 2012. Laboratory and field measurements. pp 295-341. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

De la Peña, I. 1979. Principios y solución de drenaje parcelario, Boletín Técnico No. 9, SARH, Ciudad Obregón, Sonora, México.

De la Peña, I. 2001. Problemática de la salinidad y el drenaje y su control en los distritos de riego de la región noroeste. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.

Heuperman A. F; A. S. Kapoor y H. W. Denecke. 2002. Biodrainage, principles, experiences and applications. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, Knowledge Synthesis Report No. 6 – May 2002. FAO, Rome, 2002.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 2021. Summary for Policymakers. In: climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y, Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.). Cambridge University Press. In Press.

Pulido, M. L.; H. E. Saucedo Rojas y A. Brizuela Mundo. 2013. Informe final del Proyecto RD-1310.1 Seguimiento al impacto del cambio climático en el ensalitramiento de los suelos en un módulo de riego, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.

Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.

Reilly, J. 1996. Agriculture in a changing climate: impacts and Adaptation. In: R.T. Watson, M.C., Zinyowera & R.H. Moss (eds.), Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses. Cambridge (UK), Cambridge Univ. Press, 1996, pp 427-467. www.ipcc-wg2.gov/publications/SAR/SAR.

CALIDAD DE FRUTOS DE TORONJA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE CÍTRICOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL GENERAL TERÁN

QUALITY OF GRAPEFRUIT FROM THE CITRUS GERMPLASM BANK OF THE GENERAL TERÁN EXPERIMENTAL FIELD

Carlos Miguel Ramos-Cruz[1], Guillermina Areli Tochihuitl-Martión[1], Emilia Raquel Pérez-Evangelista[2], Aracely Mena-Echeverria[1], Juan Martínez-Medina[1]

[1]Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México.

[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila, México.

ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

Nuevo León es el sexto productor de toronja en México, ya que cuenta con una superficie sembrada de 2,039 hectáreas y un volumen de producción de 10,085 toneladas. El cultivar que predomina es Río Red, con un periodo de cosecha de noviembre a febrero. Es necesario ofrecer a los productores otros cultivares, que sean alternativas tanto en rendimiento como en su comercialización. El objetivo de la presente investigación fue evaluar un grupo de toronjas a partir de parámetros que determinan la calidad del fruto, tales como el peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cáscara y sólidos solubles totales. Se utilizaron siete cultivares de naranja temprana conservados en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), establecido en el Campo Experimental General Terán. De los siete cultivares evaluados, Rio Red presento características de calidad del fruto sobresalientes. Los resultados obtenidos indican que existe una amplia variación de cultivares de toronja, que pueden ser una alternativa para diversificar la producción en la región citrícola del estado de Nuevo León y no depender de una sola variedad.

Palabras clave: Calidad de frutos, recursos genéticos, toronja (*Citrus paradisi*).

ABSTRACT

Nuevo Leon is the sixth largest grapefruit producer in Mexico, with a planted area of 2,039 hectares and a production volume of 10,085 tons. The predominant cultivar is Rio Red, with a harvest period from November to February. It is necessary to offer growers other cultivars, which are alternatives both in terms of yield and marketing. The objective of the present research was to evaluate a group of grapefruits based on parameters that determine fruit quality, such as fresh weight, polar and equatorial diameter, peel thickness and total soluble solids. Seven early orange cultivars conserved in the Citrus Germplasm Bank of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), established at the Campo Experimental General Terán, were used. Of the seven cultivars evaluated, Rio Red had outstanding fruit quality characteristics. The results obtained indicate that there is a wide variation of grapefruit cultivars, which can be an alternative to diversify production in the citrus growing region of the state of Nuevo León and not depend on a single variety.

Key words: Fruit quality, genetic resources, grapefruit (*Citrus paradisi*).

INTRODUCCION

El género Citrus es de los cultivos económicamente más importantes en el mundo (Vu *et al*., 2018), se localizan en regiones tropicales y subtropicales en más de 140 países, con una producción promedio mundial de 140 millones de toneladas (FAO, 2021). Los principales países productores son China, Brasil, India, Estados Unidos de América, España y México (USDA, 2019). A nivel nacional, la citricultura genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares anuales (González *et al*., 2020), en una superficie cultivada de 590,000 hectáreas, con un volumen de producción anual de 8 millones de toneladas (Sáenz *et al*., 2019). Los estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León aportan el 75% de la producción nacional (de la Rosa *et al*., 2016; Martínez *et al*., 2020).

La toronja (*Citrus paradisi*) es la tercera fruta cítrica más cultivada, después, de la naranja y mandarina. Su consumo se realiza en fresco o procesado, se estima que aproximadamente el 85 % de la producción nacional se destina al consumo en fresco (Cruz, 2007), aunque en los últimos años su producción industrializada se ha incrementado (Bello *et al*., 2020); teniendo mayor demanda las variedades de pulpa roja, aunque cuando la oferta de éstas es reducida las variedades de pulpa blanca también son consumidas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con una Colección ex situ de germoplasma de C*. sinensis* establecido en terrenos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León, de materiales nacionales e internacionales de diferentes especies y ciclos de producción que se pueden aprovechar para su caracterización y posterior utilización en programas de mejoramiento genético. Con el propósito de coadyuvar, preservar y aprovechar la diversidad de cultivares de toronjo, en el presente trabajo se presentan algunas características de siete variedades promisorias como donadoras de yemas vegetales como posible fuente de portainjerto (Ramos *et al*., 2023).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar un grupo de siete cultivares de toronja, mediante parámetros que establezcan la calidad del fruto, como: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, espesor de cáscara, número de semillas, sólidos solubles totales.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Banco de Germoplasma de cítricos dulces del Campo Experimental General Terán (25°17´52.48´´ N, 99°35´25.55´´O y una altitud de 267 m), del INIFAP, con sede en General Terán, Nuevo León, México. El municipio pertenece a la región citrícola de Nuevo León y se caracteriza por presentar un clima subtropical semiseco, con temperaturas promedio anual de 23.9 °C, mínima de 0.8 °C y máxima de 40 °C. Durante los meses de noviembre a marzo se presentan las temperaturas más bajas y las máximas de julio a agosto. La precipitación promedio anual es de 610 mm.

Se evaluaron siete cultivares de toronja injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.), los materiales corresponden a la compilación ex situ del Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivares de toronja del Banco de Germoplasma *ex situ* del Campo Experimental General Terán, General Terán, Nuevo León.

Cultivar	**Procedencia**
Red Mexicana	Desconocido
Río Red	Texas, EUA
Henderson Ruby	Texas, EUA

Marsh	Florida, EUA
Shambar	Texas, EUA
Red Blush	Texas, EUA
Red Blush Nuc	Texas, EUA

El manejo del Banco de Germoplasma sé ha realizado de manera similar a un lote comercial en lo que se refiere a la fertilización química (N-P-K), el control de malezas (mecánico, manual y químico), los riegos (por inundación), así como el control integral de plagas y enfermedades.

A la madures fisiológica (noviembre a mayo), se cosecharon 20 frutos por árbol, éstas se adquirieron a la altura del tercio medio de la copa del árbol de cada cultivar, se colectaron en bolsas de papel adecuadamente identificadas y se llevaron al Laboratorio de Frutales del Campo Experimental General Terán. La calidad de los frutos se determinó mediante la evaluación de las variables: peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cascara, número de semillas, sólidos solubles totales, contenido de jugo y firmeza del fruto.

El peso de fruto se determinó en gramos y se utilizó una báscula OHAUS Scout ® modelo ITEAM No. SC4010. El diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de cáscara se midió con un vernier electrónico digital marca Knova®, y se expresaron en milímetros. El contenido de sólidos solubles totales se cuantificó en °Brix con un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO® modelo PAL-1. El contenido de jugo se realizó al exprimir los frutos, mediante un procesador de la marca Taurus® modelo TC700, posteriormente, se determinó: volumen de jugo obtenido por cada muestra medido con una probeta graduada de 500 ml, y se enumeró en mililitros. La firmeza del fruto se determinó con un penetrómetro AMETEK modelo LKG-14 Hunter Spring®, expresándose en $kg^{-1}cm^{-2}$.

Los datos se abalizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 1999), y la prueba de medias se realizó mediante la Tukey al 0.01 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico determinó que existe diferencia significativa ($P<0,01$) para los cultivares Río Red (674.00 g); Red Blush Nuc (629.12 g); Shambar (608.99 g); Marsh (581.81 g); y Red Blush (578.70 g) con respecto a los cultivares Red Mexicana (420.52 g) y Henderson Ruby (432.31 g). Los resultados presentados en este estudio con respecto al cultivar Río Red son superiores a los reportados por Cruz (2007) en condiciones

ambientales de la Huasteca Potosina, México y con los reportados por Orduz *et al*. (2011) en condiciones del piedemonte llanero de Colombia. Lo anterior, se debe a que las condiciones agroecológicas de la región citrícola de Nuevo León proporcionan tipologías adecuadas de clima y suelo para que el cultivo de toronja desarrolle su potencial productivo (Rocha and Padron, 2009).

Para el caso del diámetro polar, no se encontró diferencia significativa entre los cultivares. Los mayores valores se presentaron en los cultivares Red Blush (105.13 mm) y Red Blush Nuc (103.65 mm); y los valores más bajos 90.20 y 95.37 mm en los cultivares Henderson Ruby y Red Mexicana respectivamente. Para el caso del diámetro ecuatorial se presentaron una variación de tamaños entre: 95.87 mm y 111.62 mm de diámetro ecuatorial para los cultivares Red Mexicana y Red Blush Nuc, respectivamente (Figura 1).

Los frutos de Río Red (8.33 mm) y Marsh (8.19 mm) presentaron el mayor grosor de cáscara, pero no fueron estadísticamente diferentes al resto de cultivares (Figura 1). De acuerdo con Ariza *et al.* (2010), el grosor de cascara en cítricos es una de las características más importantes debido a que los frutos de cáscara delgada y fácil de pelar son los preferidos por el consumidor.

Respecto a los Sólidos Solubles Totales, se encontró que los valores más bajos se presentaron en los cultivares Río Red (10.70 °Brix) y Henderson Ruby (10.96 °Brix); mientras que los valores intermedios se presentaron en los cultivares Marsh (11.01 °Brix), Red Blush Nuc (11.69 °Brix) y Red Blush (11.87 °Brix); y los valores más altos en cultivares Shambar (12.65 °Brix) y Red Mexicana (12.0 °Brix). De acuerdo con los datos encontrados, son superiores a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-173-SE-2021, que determina como mínimo 10 °Brix para el jugo de toronja.

Los valores más altos de °Brix se presentaron en frutos de pulpa blanca, mientras que los menores valores se presentaron en frutos de pulpa roja (Figura 1). De acuerdo con Cruz (2007); Rocha y Padrón (2009), indican que las toronjas rojas tienen mayor demanda, y han desplazado a las variedades de pulpa blanca, y a las rojas que pierden su coloración a través de la temporada; el cultivar Río Red produce frutos cuya coloración interna se conserva durante toda la temporada.

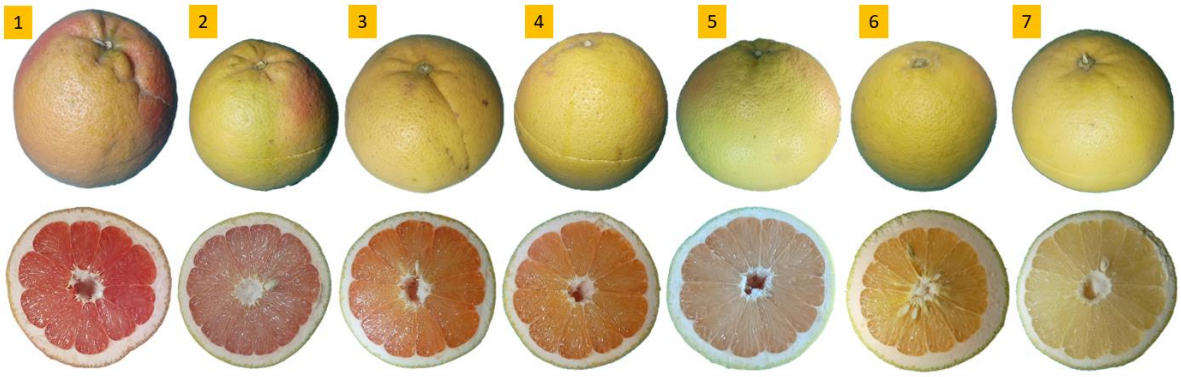


Figura 1. Aspecto de los cultivares de toronja en el Banco de germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León: 1= Rio Red; 2= Henderson Ruby; 3= Shambar; 4= Red Blush; 5= Red Blush Nuc. 6= Red Mexicana; 7= Marsh.

CONCLUSIONES

Dentro de los parámetros de calidad evaluados en las siete variedades de toronja, el cultivar Rio Red se destacó en cuanto a peso del fruto, número de semillas y volumen de jugo. Sin embargo, respecto al contenido a sólidos solubles totales, las toronjas de pulpa blanca presentaron valores superiores a Rio Red. Existe un potencial amplio para diversificar la producción de toronja en la región citrícola de Nuevo León y no depender solamente de un cultivar.

REFERENCIAS

Ariza, R., Alia, I., Nicolás, M., Rafael., A., Lugo, A., Barrios, A., y Barbosa, F. (2010). Calidad de los frutos de naranja 'valencia' en Morelos, México. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha 11 (2): 148-153.

Bello, A., Monsalve, M., y Carrillo, C. (2020). Evaluación de extractos de desechos de toronja (Citrus paradisi) como sustancia bioactiva para formulación de un desinfectante para alimentos frescos. Revista Ciencia UNEMI 13 (34): 28-33.

Cruz, M. (2007). Variedades de Toronja para suelos arcillo limosos de la Huasteca Potosina. Folleto para productores núm. 10. San Luis Potosí México. 22 p.

de la Rosa, M., Wong, J., Muñiz, D., Carrillo, M., y Sánchez, J. (2016). Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Rev Mex Cienc Farm 47 (2): 22-35.

FAO (2021). Citrus Fruit fresh and processed. Statistical bulletin 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 39 p. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/3/cb6492en/cb6492en.pdf

González, Á., Guillén, D., Tejacal, I., López, V., Juárez, P., y Bárcenas, D. (2020). Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (5): 1123-1134.

Martínez, A., García, J. A., García, G., Ramírez, G., Mora, J. S., y Matus, J. A. (2020). Control de la oferta de naranja en México como mecanismo para controlar volatilidad de precios. Rev. Fitotec. Mex 43 (82): 223 - 231.

NOM-173-SE-2021 Norma Oficial Mexicana NOM-173-SE-2021, Jugos, agua de coco, néctares, bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal o fruta u hortaliza y bebidas saborizadas no alcohólicas preenvasadas-Denominaciones-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba., pp. 124-148. Diario Oficial de la Federación.

Orduz, J., Castiblanco, S., Calderón, C., and Velásquez, H. (2011). Potencial de rendimiento y calidad de 13 variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del piedemonte llanero de Colombia. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS 5 (2): 171-185.

Ramos, C., Pérez, E., Martínez, J., Acosta, E., and Almeyda, I. (2023). Calidad de frutos de cultivares de naranja temprana en Nuevo León. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 14 (1): 75-84.

Rocha, M., and Padron, J. (2009). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. In "El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León" (M. Rocha and J. Padrán, eds.), Vol. Libro cientifico No. 1, pp. 19-26. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, General Terán Nuevo León.

SAS. 1999. Statistical Analysis System. Institute. SAS. User's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. J. Environ. Qual. 19:749-756.

Sáenz, C., Osorio, E., Estrada, B., Delgado, R., and Rodríguez, R. (2019). Principales enfermedades en cítricos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10 (7), 1653-1665.

USDA (2019). Agricultural Statistics 2019. United States Department of Agriculture, Washington.

Vu, T. X., Ngo, T. T., Mai, L. T. D., Bui, T. T., Le, D. H., Bui, H. T. V., Nguyen, H. Q., Ngo, B. X., y Tran, V. T. (2018). A highly efficient Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation system for the postharvest pathogen Penicillium digitatum using DsRed and GFP to visualize citrus host colonization. J Microbiol Methods 144: 134-144.

CALIDAD DE FRUTOS DE TRES CULTIVARES DE MANDARINA EN NUEVO LEON, MEXICO

Emilia Raquel Pérez-Evangelista[1], Carlos Miguel Ramos-Cruz[2], Guillermina Areli Tochihuitl-Martión[2], Juan Vargas-Hernández[3]; Aracely Mena-Echeverria[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila, México.

[2]Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México.

[3]Campo Experimental San Luis-INIFAP. Domicilio Conocido, Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431. San Luis Potosí, México

ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

La mandarina es un cítrico con alta adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, las variedades de mandarinas son muy específicas en requerimientos climáticos para producir frutos de calidad. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar un grupo de tres cultivares de mandarina, mediante parámetros que establezcan la calidad del fruto como: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, espesor de cáscara, número de semillas y sólidos solubles totales. Se utilizaron cultivares de mandarina conservadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), establecido en el Campo Experimental General Terán. Dentro de los parámetros evaluados el cultivar Frost Owari se destacó en todos los criterios. El cultivar Lee presentó cuatro criterios considerados de calidad y el mayor grosor de cascara, estas características pueden favorecer su manejo postcosecha. Los cultivares analizados indican que existe un amplio potencial para diversificar la producción de mandarina en la región citrícola de Nuevo León.

Palabras clave: *Calidad de frutos, mandarina, parámetros de calidad, cultivares.*

ABSTRACT

Mandarin is a citrus with high adaptability to different climatic conditions. However, mandarin varieties are very specific in climatic requirements to produce quality fruits. Based on the above, the objective of this study was to characterize a group of three mandarin

cultivars, using parameters that establish the quality of the fruit, such as: fresh weight, polar and equatorial diameter, peel thickness, number of seeds, and soluble solids. totals. Mandarin cultivars conserved in the Citrus Germplasm Bank of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), established at the Campo Experimental General Terán, were used. Within the parameters evaluated, the Frost Owari cultivar stood out in all the criteria. The Lee cultivar presented four criteria considered for quality and the greatest thickness of shell, these characteristics may favor its postharvest handling. The cultivars analyzed indicate that there is ample potential to diversify mandarin production in the citrus-growing region of Nuevo León.

Key words: *Fruit quality, mandarin, quality parameters, cultivars.*

INTRODUCCIÓN

El género Citrus es de los cultivos económicamente más importantes en el mundo (Vu *et al*., 2018), se producen en regiones tropicales y subtropicales en más de 140 países, con una producción promedio mundial de 140 millones de toneladas (FAO, 2021). Los principales países productores son China, Brasil, India, Estados Unidos de América, España y México (USDA, 2019). A nivel nacional, la citricultura genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares anuales (González *et al*., 2020), en una superficie cultivada de 590,000 hectáreas, con un volumen de producción anual de 8 millones de toneladas (Sáenz *et al*., 2019). Los estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León aportan el 75% de la producción nacional (de la Rosa *et al*., 2016; Martínez *et al*., 2020).

De los cítricos cultivados, el grupo de las mandarinas es el de mayor adaptabilidad a distintas condiciones climáticas, al desarrollarse desde regiones desérticas hasta semitropicales (Orduz *et al.*, 2012). Sin embargo, las variedades de mandarinas son muy específicas en requerimientos climáticos para producir frutos de calidad (Miranda *et al*., 2021).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con una Colección ex situ de germoplasma de C*. sinensis* establecido en terrenos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León, de materiales nacionales e internacionales de diferentes especies y ciclos de producción que se pueden aprovechar para su caracterización y posterior utilización en programas de mejoramiento genético. Con

el propósito de coadyuvar, preservar y aprovechar la diversidad de cultivares de mandarina, en el presente trabajo se presentan algunas características de tres cultivares promisorias como donadoras de yemas vegetales como posible fuente de portainjerto.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar un grupo de tres cultivares de mandarina, mediante parámetros que establezcan la calidad del fruto, como: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, espesor de cáscara, número de semillas y sólidos solubles totales.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Banco de Germoplasma de cítricos dulces del Campo Experimental General Terán (25°17´52.48´´ N, 99°35´25.55´´O y una altitud de 267 m), del INIFAP, con sede en General Terán, Nuevo León, México. El municipio pertenece a la región citrícola de Nuevo León y se caracteriza por presentar un clima subtropical semiseco, con temperaturas promedio anual de 23.9 °C, mínima de 0.8 °C y máxima de 40 °C. Durante los meses de noviembre a marzo se presentan las temperaturas más bajas y las máximas de julio a agosto. La precipitación promedio anual es de 610 mm.

Cultivares Evaluados:

LEE. Es un hibrido de maduración temprana, resultante de la cursa de clementine mandarin X Orlando tangelo por Garner y Bellows en el departamento de agricultura de EE. UU. Es de fruto pequeño (excelente calidad para su consumo en fresco), ligeramente achatado a subgloboso, corteza delgada, de color naranja, la pulpa es jugosa, dulce y en ocasiones la acidez es bastante baja, presenta elevado número de semillas (RIVERSIDE, 2023a).

Frost Owari: Es de las mandarinas más cultivadas en EE. UU. Los árboles son resistentes al frio, productivos y de crecimiento vigoroso. La fruta varia en forma dependiendo de las condiciones en las que se cultiva, pero generalmente es achatada, de cascará anaranjada suave y delgada fácil de pelar. El fruto no se sostiene del árbol, su temporada de cosecha es a partir de diciembre a enero (RIVERSIDE, 2023b).

Dancy: Es la variedad más antigua que se conoce. Los árboles son de altura media y copa ancha, su cosecha ocurre en el mes de noviembre. Los frutos son de tamaño pequeño, redondo, ligeramente achatado, cáscara delgada, y de color naranja intenso, lisa y fácil de pelar (Cruz, 2007).

El manejo del área de estudio se realiza de manera similar a un lote comercial en lo que se refiere a la fertilización química (N-P-K), el control de malezas (mecánico, manual y químico), los riegos (por inundación), así como el control integral de plagas y enfermedades.

A la madures fisiológica, se cosecharon 20 frutos por árbol, éstas se adquirieron a la altura del tercio medio de la copa del árbol de cada cultivar, se colectaron en bolsas de papel adecuadamente identificadas y se llevaron al Laboratorio de Frutales del Campo Experimental General Terán. La calidad de los frutos se determinó mediante la evaluación de las variables: peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cascara, número de semillas, sólidos solubles totales.

El peso de fruto se determinó en gramos y se utilizó una báscula OHAUS Scout ® modelo ITEAM No. SC4010. El diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de cáscara se midió con un vernier electrónico digital marca Knova®, y se expresaron en milímetros. El contenido de sólidos solubles totales se cuantificó en °Brix con un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO® modelo PAL-1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso del fruto. El cultivar Frost Owari presento el mayor peso promedio del fruto (185.11 g), seguido del cultivar Lee (178.69 g) y por último el cultivar Dancy (160.95 g). En un trabajo reportado por Mateus y Orduz (2015) encontraron resultados similares en peso fresco para el cultivar Dancy (150 g). Asimismo, Cruz (2007), reporto que el peso promedio de fruto para el cultivar Lee es de 161 g y de 110 g para Dancy. Lo anterior, pude deberse a que el cultivar Dancy es alternante y requiere que se reduzca su floración o amarre de fruto en la época de alta producción e incrementar en el año de baja producción, también requiere de un manejo nutricional adecuado para disminuir la alternancia y requiere del uso de tijeras al momento de la cosecha (Rocha y Padrón 2009).

Diámetro polar y ecuatorial. Los mayores valores se presentaron en cultivar Frost Owari (75.71 mm); seguido del cultivar Dancy (61.68 mm) y los valores más bajos se presentaron en el cultivar Lee (54.77 mm). Para el caso del diámetro ecuatorial se encontró

que el cultivar Lee presento el mayor promedio (80.08 mm); seguido del cultivar Frost Owari (74.42 mm) y el cultivar Dancy presento el menor diámetro ecuatorial (73.81 mm). Para el caso del cultivar Lee el mayor tamaño ecuatorial podría deberse a la forma de la fruta (Figura 1), ligeramente achatado a subgloboso; área basal ligeramente elevada y surcada; ápice uniformemente redondeado o ligeramente aplanado (RIVERSIDE, 2023a). Asimismo, Ariza e*t al*. (2010), indican que el calibre del fruto influye en la determinación de los mercados de comercialización.

Grosor de cascara. Los frutos del cultivar Frost Owari presentaron el mayor promedio de grosor de cascará (5.36 mm), el cultivar Lee presento un grosor de cascará promedio de (4.03 mm) y el cultivar Dancy presento el menor promedio (2.75 mm) (Figura 1). En un trabajo reportando por Cruz (2007), en la huasteca potosina de San Luis Potosí, reporto que el cultivar Lee injertado sobre mandarina Cleopatra presento cáscara delgada (1.7 mm) y para el caso del cultivar Dancy sobre el partainjerto Cleopatra presento datos similares al presente estudio (2.2 mm). De acuerdo con Ariza *et al.* (2010), el grosor de cascara en cítricos es una de las características más importantes debido a que los frutos de cáscara delgada y fácil de pelar son los preferidos por el consumidor.

Número de semillas (NS). La presencia de semillas en los frutos es una característica no deseable por el consumidor, motivo por el que se han desarrollado trabajos de mejoramiento genético en cítricos con el objetivo de disminuir o eliminar su presencia. Para el caso de número de semillas por fruto, el cultivar Lee presento el mayor promedio de semillas (11.7 semillas), el cultivar Dancy presento 6.2 semillas por fruto, mientras que el cultivar Frost Owari no presento semillas (Figura 1). En un trabajo reportado Cruz (2007), encontró que los cultivares Lee y Dancyn injertadas en mandarino Cleopatra presentaron de 13-23 y 11-14 semillas por fruto, respectivamente. Al respecto, Ladaniya (2008), indica que los frutos sin semilla son los más consumidos, mientras que frutos con una gran cantidad de semilla son comercialmente inviables.

Sólidos Solubles Totales. Se encontró que el valor más bajo se presentó en el cultivar Dancy (10.52 °Brix), seguido del cultivar Lee (11.13 °Brix); mientras que el valor más alto se presentó en el cultivar Frost Owari (12.27 °Brix). De acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009 el cultivar Frost Owari presento valores de SST que satisfacen la legislación mexicana, que determina como mínimo 11.8 °Brix para

el jugo de mandarina. Lo anterior, indica que es un cultivar adecuado para su consumo en fresco o para su uso en la agroindustria.

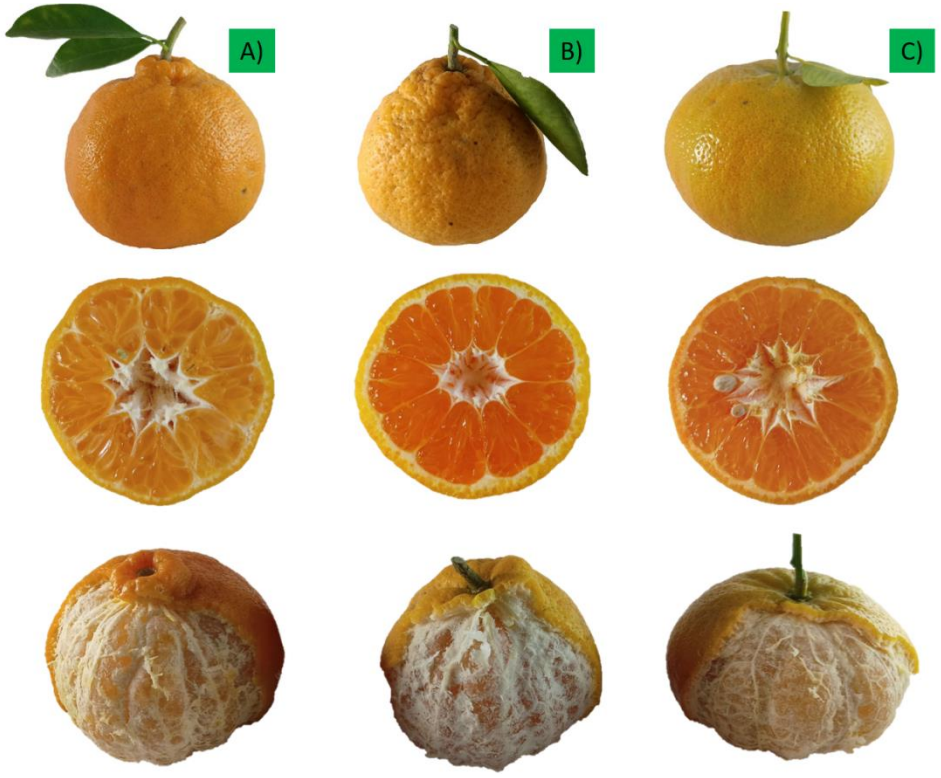


Figura 1. Aspectos de los cultivares de mandarina en el municipio de General Terán, Nuevo León: A)= Dancy; B)= Frost Owari; C)= Lee.

CONCLUSIONES

Dentro de los parámetros de calidad evaluados de los tres cultivares de mandarina, el cultivar Frost Owari se destacó en todos los criterios. Sin embargo, el cultivar Lee también presento cuatro criterios considerados de calidad y el mayor grosor de cascara, lo cual, podría beneficiar para su manejo postcosecha. Lo anterior, indica que existe un potencial amplio para diversificar la producción de mandarina en la región citrícola de Nuevo León y no depender solamente de un cultivar.

REFERENCIAS

Ariza, R., Alia, I., Nicolás, M., Rafael., A., Lugo, A., Barrios, A., y Barbosa, F. (2010). Calidad de los frutos de naranja 'valencia' en Morelos, México. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha 11 (2): 148-153.

Cruz, M. (2007). Nuevas variedades de mandarino para los suelos planos de la Huasteca Potosina, Campo Experimental San Luis, Sitio de Negocios Huichihuayán. pp 34.

de la Rosa, M., Wong, J., Muñiz, D., Carrillo, M., and Sánchez, J. (2016). Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Rev Mex Cienc Farm 47 (2): 22-35.

FAO (2021). Citrus Fruit fresh and processed. Statistical bulletin 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

González, Á., Guillén, D., Tejacal, I., López, V., Juárez, P., y Bárcenas, D. (2020). Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (5): 1123-1134.

Ladaniya, M. (2008). Citrus Fruit. Biology, Technology and Evaluation, Elsevier Inc. All rights reserved, Goa, India. 593 p.

Martínez, A., García, J. A., García, G., Ramírez, G., Mora, J. S., y Matus, J. A. (2020). Control de la oferta de naranja en México como mecanismo para controlar volatilidad de precios. Rev. Fitotec. Mex 43 (82): 223 - 231.

Mateus, D., y Orduz, J. (2015). Mandarina Dancy: una nueva alternativa para la citricultura del piedemonte llanero de Colombia. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria 16 (1): 105-1012.

Miranda, D., Figueroa, J., Orduz, J., Caicedo, Á., Pérez, C., Parada, F., Rodríguez, R., y Arias, E. (2021). Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca," Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Bogotá, D.C. Colombia. Pp 103.

NOM-173-SCFI-2009 NORMA Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas preenvasados-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107330#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20establece,informaci%C3%B3n%20comercial%20que%20deben%20cumplir.

Orduz, J., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V., y Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta (Colombia). Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 13 (1): 5-12.

RIVERSIDE, U. (2023a). Lee mandarin. Citrus reticulata Blanco RUTACEAE. College of Natural & Agricultural Sciences, California. Disponible en: https://citrusvariety.ucr.edu/crc3851

RIVERSIDE, U. (2023b). Mandarina Frost Owari Satsuma. Citrus unshiu Marcovitch. Disponible en: https://citrusvariety.ucr.edu/crc3178

Rocha P, M. A., y Padrón Ch, J. E. (2009). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, General Terán Nuevo León. Libro científico núm. 1. 485 p.

SAS. 1999. Statistical Analysis System. Institute. SAS. User's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. J. Environ. Qual. 19:749-756.

Sáenz, C., Osorio, E., Estrada, B., Delgado, R., y Rodríguez, R. (2019). Principales enfermedades en cítricos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10 (7), 1653-1665.

USDA (2019). Agricultural Statistics 2019." United States Department of Agriculture, Washington.

Vu, T. X., Ngo, T. T., Mai, L. T. D., Bui, T. T., Le, D. H., Bui, H. T. V., Nguyen, H. Q., Ngo, B. X., and Tran, V. T. (2018). A highly efficient Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation system for the postharvest pathogen Penicillium digitatum using DsRed and GFP to visualize citrus host colonization. J Microbiol Methods 144: 134-144.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES Y LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN TEPATITLÁN DE MORELOS, JALISCO

***Mercedes Borja Bravo[1], Erick Baltazar Brenes[2]**

[1]Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP. Km. 32.5 carr. Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670.

[2]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, México.

*Autor de correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

El municipio de Tepatitlán de Morelos en Jalisco es el segundo más importante en la producción de maíz en el estado. Derivado de ello el objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de los productores y sistemas de producción de maíz en el municipio de Tepatitlán de Morelos, con el fin de generar información para la toma de decisiones que participan en la actividad agrícola. Se aplicaron 36 encuestas a productores de maíz pertenecientes al municipio y los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva. Los productores de maíz tienen edad avanzada, bajo nivel escolar y alta experiencia en la producción de maíz. La superficie promedio de los productores fue de 7.9 ha y utilizan semillas hibridas para la siembra. El maíz se cultiva para la obtención de grano, forraje verde y rastrojo. En esta región la producción de maíz es rentable y oscila entre 43 y 106%. Es recomendable realizar un análisis detallado sobre el manejo agronómico y estructura de costos para identificar los aspectos a mejorar y mantener la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo en esta región productora.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays*, rendimiento, rentabilidad.

ABSTRACT

The municipality of Tepatitlán de Morelos in Jalisco is the second most important in corn production in the state. Derived from this, the objective of this study was to characterize the producers and maize production systems in the municipality of Tepatitlán de Morelos, in order to generate information for decision-making that participate in agricultural activity. Thirty six surveys were applied to corn producers belonging to the municipality and the data

obtained were analyzed through descriptive statistic. Corn producers are old, have a low school level, and have extensive experience in corn production. The average area of the producers was 7.9 ha and they use hybrid seeds for planting. Corn is cultivated to obtain grain, green fodder and stubble. In this region, corn production is profitable and ranges between 43 and 106%. It is advisable to carry out a detailed analysis on agronomic management and cost structure to identify aspects to improve and maintain the profitability and sustainability of the crop in this producing region.

KEY WORD: *Zea mays*, yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

Jalisco es un estado que, por sus condiciones agroclimáticas, destaca por su actividad agrícola y se posiciona entre los principales en la producción de maíz a nivel nacional. En 2022 se sembró una superficie de 567.9 mil ha de las cuales se obtuvo una producción de 3.98 millones de t de maíz grano, además de 219.9 mil ha de maíz para forraje en verde, con una producción de 5.53 millones de t (SIAP, 2022).

Tal es la importancia del cultivo de maíz en Jalisco que 120 de los 126 municipios del estado siembran este cultivo. En 2022, en municipio de Tepatitlán de Morelos se ubicó como el segundo en la entidad en la producción de maíz grano, con una superficie sembrada de 27,705 ha y una producción de 225.3 mil t de grano (SIAP, 2022). Este municipio forma parte de la región conocida como los Altos de Jalisco Sur que se caracteriza por su importante ganadería de leche y el crecimiento de la avicultura para la producción de huevo, lo que da sustento a la producción de forrajes y granos (Díaz, 1990; Rea y Medrano, 2020; Castañeda *et al*., 2014).

La importancia del cultivo de maíz en Tepatitlán de Morelos justifica la constante búsqueda y actualización de información que sirva de apoyo a la toma de decisiones, principalmente para la orientación de estrategias que mantengan o mejoren la productividad y competitividad del cultivo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización de los productores y sistemas de producción de maíz en el municipio de Tepatitlán de Morelos, con el fin de generar información para la toma de decisiones que participan en la actividad agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, ubicado en los paralelos 20°35' y 21°03' de latitud norte, los meridianos 102°28' y 102°57' de longitud oeste y una altitud entre 1,300 y 2,600 msnm (Figura 1). Pertenece a la región conocida como Altos Sur y tiene un clima templado subhúmedo, con un rango de temperatura de16 a 22°C y precipitación de 700 a 1100 mm (INEGI, 2010).



Figura 1. Ubicación del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco.Fuente: Mapa tomado de INEGI (2010).

La información provino de encuestas aplicadas a 36 productores de maíz, los cuales fueron seleccionados a partir de dos criterios: 1) que fueran productores de maíz en el municipio, y 2) que tuvieran disponibilidad e interés de contestar la encuesta. Las encuestas fueron aplicadas en los meses de mayo a julio de 2023.

Los datos recabados fueron registrados en hojas de Excel 2016 y fueron analizados mediante estadística descriptiva en el software SPSS Statistics v. 28.2 (IBM, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productores encuestados fueron 28 hombres y 8 mujeres, el mayor porcentaje de productores (41.7%) se ubicó en un rango de más de 70 años de edad, aunque el promedio fue de 64 años (Cuadro 1). El 58.3% de los encuestados se ubicó en una edad de más de 60 años, según estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023a), en 2020 la población de Jalisco en este rango de edades representaba el 6% del total estatal.

Cuadro 1. Características sociodemográficas de los productores.

Características	**Número de productores**	**Porcentaje (%)**
Género		
Femenino	8	22.2
Masculino	28	77.8
Total	36	100.0
Edad		
30 a 40 años	2	5.6
41 a 50 años	5	13.9
51 a 60 años	8	22.2
61 a 70 años	6	16.7
Más de 70 años	15	41.7
Total	36	100.0
Escolaridad		
Sin estudios	3	8.3
Primaria	22	61.1
Secundaria	4	11.1
Preparatoria	3	8.3
Licenciatura	4	11.1
Total	36	100.0
Experiencia		
1 a 10 años	2	5.6
11 a 20 años	4	11.1
21 a 30 años	1	2.8
31 a 50 años	16	44.4
Más de 51 años	13	36.1
Total	36	100.0

Fuente: elaborado con información de las encuestas.

La mayor parte de los agricultores tuvieron estudios de primaria. De acuerdo con INEGI (2023b), en 2020, el estado de Jalisco tuvo un nivel de escolaridad promedio de 8.7 años, que equivale al nivel secundaria, mientras que el promedio de los productores encuestados fue de 7.6 años, el cual es menor al promedio estatal. Los productores de maíz tienen una

amplia experiencia en la producción de este cultivo, al denotar que en su mayoría tienen más de 30 años dedicándose a esta actividad económica.

En el aspecto productivo el 91.6% de los productores utilizaron híbridos como semillas de siembra, mientras que el resto (8.3%) utilizaron semillas criollas. Estos resultados se validan con los reportados por Castañeda *et al.* (2014), quienes mencionan que un elevado porcentaje de los productores de los Altos de Jalisco utilizan semilla híbrida de maíz en el proceso de producción, ya que con esto garantizan un incremento del 50%del rendimiento potencial y el restante 50% se obtienen con buenas prácticas de manejo por parte del productor.

La superficie promedio de siembra de maíz fue de 7.9 ha (Cuadro 2) y la tenencia de la tierra fue pequeña propiedad. Solo el 8.3% de los encuestados mencionó que renta tierras para la siembra de maíz. La densidad de plantas osciló entre las 60,000 y 100,000 plantas por ha, sin embargo, la moda fue de 90,000. De acuerdo con Peña *et al.* (2010) el incremento de la densidad de 80,000 a 100,000 plantas por ha incrementa el rendimiento en 1 t ha^{-1}; mientras que el aumento de 60,000 a 100,000 incrementa el rendimiento en materia seca total en 3.2 t ha^{-1}, pero para lograrlo los productores deben utilizar híbridos de alto rendimiento, con tolerancia a factores bióticos y abióticos, además de tecnología para el manejo que permita una mejor expresión genético-fisiológica de las plantas.

El maíz puede tener diversos usos, entre los que se destacaron su producción para grano, forraje en verde y rastrojo seco. En el Cuadro 2 se observan los rendimientos a partir de los diferentes usos que tiene el cultivo en Tepatitlán de Morelos. De los productores encuestados el 42% produjo maíz grano, el 22% forraje verde y 36% rastrojo.

Cuadro 2. Variables productivas del cultivo de maíz en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Variable	**Mínimo**	**Máximo**	**Promedio**
Superficie sembrada con maíz (ha)	1	20	7.9
Densidad de plantas (Plantas ha^{-1})	60,000	100,000	83,829
Rendimiento de grano (t ha^{-1})	6.6	14	9.3
Rendimiento forraje (t ha^{-1})	60	80	62.5
Rendimiento rastrojo (t ha^{-1})	3	22	11.8

Fuente: elaborado con información de las encuestas.

Los costos de producción variaron a partir del destino de uso del maíz. Autores como Castañeda *et al.* (2014) mencionaron que el mayor gasto en el que incurren los productores de maíz en esta región fueron los fertilizantes. La variación en los costos de producción se debe a diversas actividades que se realizan, por ejemplo, el desgrane y corte en el maíz grano, lo que implica gastos.

Cuadro 3. Variables económicas de la producción de maíz en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Uso de maíz	**Costo de producción** ($ ha^{-1})	**Precio** ($ t^{-1})	**Rendimiento** (t ha^{-1})	**Ingreso Bruto** ($ ha^{-1})	**Ganancia** ($ ha^{-1})	**Rentabilidad** (%)
Maíz grano	41,720	6,447	9.3	59,957	18,237	43
Maíz forraje	43,125	1,420	62.5	88,750	45,625	106
Maíz rastrojo	32,415	4,482	11.8	52,888	20,473	63

Fuente: elaborado con información de las encuestas.

Como era de esperar, la importancia que tiene la ganadería de leche en la región de estudio, fue determinante para los usos o destinos que tiene el cultivo, ya que el maíz forrajero y rastrojo son utilizados para alimento animal, mientras que el maíz grano se destina principalmente al alimento humano. Con los datos obtenidos en la encuesta se determinaron las rentabilidades del maíz en sus diferentes (Cuadro 3), por lo que la producción de grano representó una ganancia para el productor de 43%, el maíz para forraje verde de 106% y el maíz rastrojo de 63%.

Los resultados positivos en cuanto a la rentabilidad del cultivo, denotan la prevalencia del cultivo en la región de estudio; sin embargo, si se quiere mantener esta condición es importante que se destinen esfuerzo entre los actores involucrados en la cadena agroalimentaria y dar atención a las necesidades tecnológicas que requieran.

CONCLUSIONES

Los productores de maíz del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco son de edad avanzada, con baja escolaridad y amplia experiencia en la producción de maíz. El cultivo

se siembra en superficies promedio de 7.9 ha en temporal y se utilizan híbridos en la siembra.

La actividad ganadera del municipio determina que el maíz tenga como destino su uso como forraje en verde y seco; sin embargo, la producción de maíz grano representa un porcentaje importante y este es destinado al consumo humano. En general la producción de maíz en el municipio de Tepatitlán de Morelos es rentable y deja ganancias a los productores.

Se recomienda trabajar en análisis más detallados para identificar los paquetes tecnológicos, analizar la estructura de costos e identificar necesidades tecnológicas de los sistemas de producción, con la finalidad de establecer estrategias y acciones que contribuyan a mantener y mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo tan importante para la agricultura mexicana.

REFERENCIAS

Castañeda, Z. Y., González, M. A., Chauvet, S. M. y Ávila, C. J. K. 2014. Industria semillera de maíz en Jalisco. Actores sociales en conflicto. Sociológica. 29(83): 241-278.

Díaz, A. C. 1990. Los Altos de Jalisco: transformación de una región 1940-1980. En: Alonso, J. y García, Q. J. Coords. Política y región: los altos de Jalisco. Cuadernos de la casa chata 171. Centro de Investigaciones y estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS). 180 p.

IBM Corporation. 2023. SPSS software. https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=14093#collapse-Herramientas. Consultado e 19 de julio de 2023.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2023a. Población. https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/#Tabulados. Consultado el 20 de julio de 2023.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2023a. Características educativas de la población. https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/#Tabulados. Consultado el 20 de julio de 2023.

Peña, R. A., González, C. F y Robles, E, F. J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(1): 27-35.

Rea, B.R.T. y Medrano, H. H. A. 2020. Cambio y transformación económico-cultural en Tepatitlán de Morelos, México. Religación. 5(25): 285-300.

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Cierre de la producción agrícola (1980-2022). https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119. Consultado el 19 de julio de 2023.

CARACTERÍSTICAS DEL CLON DE PAPA 98 - 18 - 24 DEL INIFAP CON RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO Y A CONDICIONES ABIÓTICAS ADVERSAS.

Parga Torres, Víctor Manuel * y Covarrubias Ramírez, Juan Manuel.

*Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tel. (800) 088 22 22 ext. 83510. México. C.P. 25315.

parga.victor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El principal programa de mejoramiento genético en México, desde 1950, tiene como objetivo la generación de germoplasma por resistencia al tizón tardío de la papa, programa en el que México es líder a nivel mundial. El objetivo, es el de presentar las características de resistencia y agronómicas del clon 98-18-24 y propuesto para liberar como variedad “Silvestre” del INIFAP, para el Sureste de Coahuila y Nuevo León. El clon 98-18-24, se obtuvo de la cruza entre los progenitores Norteña x Diamante. Norteña, fue generada por el INIFAP con resistencia durable contra el tizón tardío, tardía y buena calidad de hojuela. Diamante, fue generada en Holanda de ciclo intermedio y con excelente calidad para el fresco y hojuela, pero altamente susceptible al tizón tardío. Las evaluaciones se realizaron en localidades del sureste de la sierra de Coahuila y Nuevo León. Los resultados recomiendan que, por su resistencia al tizón tardío y a condiciones adversas, buen rendimiento, productividad, calidad e inocuidad, se debe de utilizar el clon 98-18-24. El clon 98-18-24, es una excelente alternativa para la zona rural de la sierra del sureste de Coahuila y Nuevo León.

Palabras claves: Clon, resistencia, adversidad.

ABSTRACT

The main genetic improvement program in Mexico, since 1950, aims to generate germplasm by resistance to potato late blight, at program in which Mexico is a world leader. The objective is to present the characteristics of resistance and agronomic clone 98-18-24 and proposed to release as a "Silvestre" variety of INIFAP, for the Southeast of Coahuila and Nuevo León. The clone 98-18-24, was obtained from the cross between the progenitors Norteña x Diamante. Norteña, was generated by INIFAP with durable resistance against late and late blight and good flake quality. Diamante was generated in Holland of intermediate cycle and with excellent quality for fresh and flake, but highly susceptible to late blight. The evaluations were carried out in localities in the southeast of the Sierra de Coahuila and Nuevo León. The results recommend that, due to its resistance to late blight and adverse conditions, good performance, productivity, quality and safety, clone 98-18-24 should be used. The clone 98-18-24, is an excellent alternative for the rural area of the mountains of southeastern Coahuila and Nuevo León**.**

Key words: clone, resentence, adversity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se generan cultivos genéticamente homogéneos y se seleccionan cultivos de alto rendimiento, tornándolos más susceptibles a las plagas al sacrificar resistencia natural por productividad. Por otra parte, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran las condiciones necesarias para reproducirse y así poder suprimir biológicamente a las plagas en los monocultivos. L a productividad y sanidad del cultivo de papa, puede lograrse mediante el uso de variedades adaptadas a las condiciones bióticas y abióticas de la región: y la aplicación oportuna dé la tecnología disponible y generada para el ambiente de producción. En la actualidad, en México se siembran más del 95% de la superficie con variedades introducidas de papa de Estados Unidos de América, Canadá y Holanda, susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), implicando que deben efectuarse constantes aplicaciones de fungicidas para controlar el ataque del hongo. Lo anterior, es preocupante por el riesgo que representa para los

productores, trabajadores, consumidores y ecosistemas de la región. Las áreas productoras de papa de Coahuila y Nuevo León utilizan variedades altamente susceptibles a esta enfermedad. En México existe gran diversidad en especies de papa nativas que no son afectadas por el tizón tardío, principal enfermedad a nivel mundial (Henfling, 1987); muchas de ellas crecen silvestres, sobre todo en la mesa central. Estas especies, tienen un alto nivel de resistencia por la acumulación de genes deseables, que les ha permitido sobrevivir por miles de años, a pesar de estar expuestos constantemente a numerosas plagas, enfermedades y factores climatológicos adversos. Consecuentemente, estos materiales constituyen valiosos recursos en el mejoramiento genético de la papa que han permitido la solución a problemas presentes y futuros que afectan la productividad y sanidad del cultivo. (Flanders *et al*, 1993).

Actualmente mediante el proceso del fitomejoramiento, se han incrementado los rendimientos y la calidad. En muchas especies cultivadas, este mejoramiento es espectacularmente exitoso en producción. Desafortunadamente, la característica especial de resistencia a plagas y enfermedades ha sido con frecuencia menospreciada o aun deliberadamente sacrificada. Por lo anterior, se puede decir que los cultivos modernos son generalmente más susceptibles a plagas y enfermedades que sus antepasados silvestres, y que muchos no pueden ser cultivados sin el uso de pesticidas para protegerlos contra organismos dañinos. El principal programa de mejoramiento genético en México, desde 1950, tiene como objetivo la generación de germoplasma por resistencia al tizón tardío de la papa, programa en el que México es líder a nivel mundial. El objetivo, es el de presentar las características de resistencia y agronómicas del clon 98-18-24 y propuesto para liberar como variedad “Silvestre” del INIFAP, para el Sureste de Coahuila y Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método de mejoramiento fue, la selección clonal e inicia, con la selección de progenitores, seguida de la etapa de cruzamiento o hibridación; en este caso, se obtiene la primera generación sexual, bajo ambiente controlado o invernadero y se inicia el proceso de selección clonal que implica 10 ciclos de prueba para la liberación de una variedad (Rivera-Peña, 2001). A partir del cuarto ciclo de selección, se establecen los clones seleccionados en diferentes zonas productoras

de papa de Coahuila y Nuevo León. En estas localidades se evalúan las características agronómicas (días a emergencia, días a floración, días a desvare número de tallos por planta, altura, Producción total, producción comercial, producción por categorías, producción por categorías, forma de tubérculos, color de piel, color de pulpa). De calidad se evalúan, contenido de sólidos, azúcares reductores y apariencia de la hojuela. Como el principal objetivo, es la selección de genotipos por resistencia al tizón tardío, no se realizan aplicaciones en la prevención y control de esta enfermedad. Además, se evalúa respuesta a las diferentes condiciones adversas abióticas que se presenten en las localidades de evaluación (granizos, heladas, calor, pH extremos, sequías, etc.). El clon 98-18-24, se obtuvo de la cruza entre los progenitores Norteña x Diamante. Norteña, fue generada por el INIFAP con resistencia durable contra el tizón tardío, tardía y buena calidad de hojuela. Diamante, fue generada en Holanda de ciclo intermedio y con excelente calidad para el fresco y hojuela, pero altamente susceptible al tizón tardío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se presentan las principales características del clon “98 – 18 – 24” y sus progenitores. El clon, ha presentado las medias de rendimiento más altas a través de los ambientes, en la Sierra de Arteaga, Coahuila y en la Sierra de Galeana, Nuevo León. La interacción Genotipo – Ambiente, es una característica que se evalúa en los genotipos sobresalientes con el propósito de seleccionar aquellos con una menor interacción en la región de interés, y cuya respuesta en rendimiento se incremente conforme mejoran las condiciones del cultivo.

Cuadro 1. Progenitores y principales características agronómicas, calidad, resistencia al tizón tardío y comportamiento en condiciones ambientales adversas del clon “98 – 18 – 24”.

Característica	
Progenitores	Norteña x Diamante
Genealogía	98 – 18 - 24
Días a madurez	Tardío (120*)
Forma de tubérculo	Redondo

Profundidad de yemas	Semi superficiales
Rendimiento comercial	30 – 50 t ha^{-1}
Color de piel	Amarilla
Color de pulpa	Amarilla
Porcentaje de sólidos	>18 porciento
Calidad de hojuela	Buena
Resistencia al tizón tardío	Alta
Recuperación al granizo	Buena
Recuperación a sequía	Buena
Recuperación a Heladas	Buena
Resistencia a excesos de agroquímicos	Alta

* Días después de emergencia

El clon 98 -18 – 24, es un genotipo de madurez tardía con habito de crecimiento arbustivo tipo *Tuberosum* y color verde, de tallos gruesos, ligeramente pigmentados, florea profusamente en color blanco y fructifica moderadamente. Los tubérculos son redondos de piel lisa, color amarillo y produce de 8 a 12 tubérculos por planta; con ojos se mi superficiales y pulpa amarilla. Su tubérculo es apto para el fresco e industria. En la medida en que se puedan desarrollar variedades con escasa interacción con el ambiente o de reacción gradual y favorable en cuanto a rendimiento, en respuesta a la mejora de las condiciones del ambiente, se habrá obtenido la variedad apropiada para la producción (Wissar y Ortiz, 1987). El clon 98 - 18 - 24, en condiciones normales sin aplicación de fungicidas, supera en producción hasta en un 80% a la variedad Fanna, cultivar en el cual, si no es controlado el patógeno, las pérdidas pueden llegar al 100% en pocos días e incluso, con niveles más bajos de infección, la cosecha puede resultar no apta para el consumo. Sin embargo, es recomendable en este clon realizar tres aplicaciones después de los 80 días de la emergencia, con el objeto de inhibir la formación de nuevas razas del hongo y prevenir el daño del tizón temprano (*Alternaria solani*). En el cuadro 2, se observa como el clon 98 – 18 – 24, por su resistencia al tizón tardío supera significativamente a la variedad comercial Fianna en más del 100 por ciento de producción. Por sus cualidades de resistencia al patógeno y su recuperación a las condiciones adversas que se presentaron en los diferentes ambientes de evaluación, como sequía, granizo, heladas y excesos de agroquímicos, es una alternativa para Promover la producción de papa sustentable y

ecológica, para prevenir la diseminación de otras enfermedades y plagas; y mejorar las condiciones de vida de la población rural de las partes altas de la Sierra de Arteaga. México es centro de origen de la papa, donde existe, gran diversidad en especies de papa nativas que no son afectadas por el tizón tardío, principal enfermedad a nivel mundial (Henfling, 1987), y son utilizadas en programas de mejoramiento; muchas de ellas crecen silvestres, sobre todo en la mesa central. Estas especies, tienen un alto nivel de resistencia por la acumulación de genes deseables, que les ha permitido sobrevivir por miles de años, a pesar de estar expuestos constantemente a numerosas plagas, enfermedades y factores climatológicos adversos y que, al cruzarse con variedades comerciales, transmiten a la descendencia estás características de resistencia a las condiciones adversas.

Cuadro 2. Producción (t ha^{-1}) y daño por tizón tardío (%), respecto a la variedad Fianna en diferentes ciclos de evaluación.

Ciclos / Genotipos	2018		2019		2021		2022	
	Prod.	Daño	Prod.	Daño	Prod.	Daño	Prod.	Daño
98-18-24	44.0	15	30.0	10	50.0	35	47.0	25
Fianna	19.0	100	10.0	80	15.0	100	7.0	100

En el manejo del clon, se recomienda que la siembra se realice del 10 al 31 de mayo. La semilla-tubérculo de tercera categoría (30 a 45 mm de diámetro), sembrarla con distanciamientos de 20 cm entre plantas; también se puede utilizar de segunda categoría (45 a 55 mm de diámetro) a 30 cm entre plantas. Entre surcos a 80 cm. Es recomendable utilizar la dosis de fertilización 160-200-200 y realizarla en dos aplicaciones: la primera (80-200-100) al momento de la siembra y la complementaria (80-00-100) en el segundo aporque. Respecto a riegos, es de acuerdo a las necesidades del cultivo y medio ambiente durante el ciclo.

CONCLUSIONES

Los resultados recomiendan que, por su resistencia al tizón tardío y a condiciones adversas, buen rendimiento, productividad, calidad e inocuidad, se debe de utilizar el clon 98-18-24.

El clon 98-18-24, es una excelente alternativa para la zona rural de la sierra del sureste de Coahuila y Nuevo León.

El uso de variedades introducidas sigue siendo un grave problema en la producción de papa, tanto por los altos costos y excesivo uso de agroquímicos, como por las pérdidas que ocasionan en producción y calidad.

LITERATURA CITADA

Flanders, K.L., E. B. Radcliffe, J. G. Hawkes and F. Lauer. 1993. Association of insect resistance in wild potatoes with geographical factors and morphological and chemical defense mechanism. Summary. Am. Potato J. p. 810.

Henfling J. W. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. Boletín de Información Técnica 4. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. p. 4-6.

Rivera-Peña, A. 2001. Metodologías tradicionales usadas en el mejoramiento genético de papa en México. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca, Metepec, Estado de México. Libro Técnico. Núm. 3. 45 p.

Wissar, R. y Ortiz, R. 1987. Mejoramiento de papa por adaptación a climas cálidos tropicales. Lima, Perú. 26 p. (Doc. De Tecnología Especializada No. 22).

CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE POLOCOTE (*Helianthus annuus* L)

Flor Elena Ortiz Chairez[1]*, Ma. Eugenia Cisneros López[1], Miguel Ángel Valdez Hernández[1], Martín Espinosa Ramírez[1] y Enrique Rosales Robles[2]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. [2] Ex Investigador del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo.

ortiz.flor@inifap.gob.mx*;

RESUMEN

El polocote (*Helianthus annuus* L.) es la principal maleza en la zona Norte de Tamaulipas, durante el ciclo otoño-invierno. El objetivo del experimento fue evaluar las diferencias morfológicas y fisiológicas en tres lotes de semilla (SF: San Fernando y D4 y E2: CERIB-CIRNE). Las variables morfológicas cualitativas: F: Forma; GRA: grosor con relación a la anchura; CP: color; EB: Estrías en el borde; ENB: Estrías entre los bordes, CE: color de las estrías y MP: manchas en el pericarpio. Morfológicas cuantitativas: Tamaño [TMS (mm) largo y ancho]; NS: número de semillas/g y P100S (g): peso de 100 semillas. Variables fisiológicas: Germinación estándar (GS), Viabilidad (V) y Envejecimiento acelerado (EA). Germinación estándar [GS%= número de plántulas normales (PN) y anormales (PA); semillas muertas y duras (SM y SD)]. V mediante la prueba de tetrazolio (porcentaje de semillas vivas) y vigor con la prueba de envejecimiento acelerado (EA). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los resultados mostraron que los tres lotes tuvieron la misma forma (ovoide ancha); grosor en relación a la anchura (delgada); tamaño (pequeña); estrías en el borde y estrías entre los bordes débilmente definidas con manchas en el pericarpio. El color de las estrías en el lote de SF es mayormente gris/marrón, en los dos lotes de Rio Bravo (E2 y D4), negras. El color en los lotes D4 y E2 fue marrón obscuro y SF negra. El lote de SF presento mayor NS (402), AS (4.0mm) y LS (2.0 mm). El P100S y SF (0.278). Las semillas fisiológicamente mejores son las de los lotes D4 y E2 con 77 % y 60 % de PN respectivamente en GS y en la prueba de vigor 67% (D4) y 52% (E2) de PN. Es decir que hubo diferencias fisiológicas y morfológicas entre los lotes.

Palabras clave: maleza, anual, girasol silvestre, morfología

ABSTRACT

Polocote (*Helianthus annuus* L.) is the main weed in the northern zone of Tamaulipas, during the autumn-winter cycle. The objective of the experiment was to evaluate the morphological and physiological differences in three seed lots (SF: San Fernando and D4 and E2: CERIB-CIRNE). Qualitative morphological variables: F: Shape; GRA: thickness in relation to width; PC: colour; EB: ridges on the edge; ENB: ridges between the edges, CE: color of the ridge and MP: spots on the pericarp. Quantitative morphological: Size [TMS (mm) length and width]; NS: number of seeds/g and P100S (g): weight of 100 seeds. Physiological variables: Standard Germination (GS), Viability (V) and Accelerated Aging (EA). Standard germination [GS%= number of normal (PN) and abnormal (PA) seedlings; dead and hard seeds (SM and SD)]. V through the tetrazolium test (percentage of live seeds) and vigor with the accelerated aging test (EA). A completely randomized experimental design was used. The results showed that the three batches had the same shape (wide ovoid); thickness relative to width (thin); size (small); ridges on edge and ridges between edges weakly defined with spots on pericarp. The color of the streaks in the SF batch is mostly grey/brown, in the two Rio Bravo batches (E2 and D4), black. Color in lots D4 and E2 was dark brown and SF black. The SF lot presented higher NS (402), AS (4.0mm) and LS (2.0mm). The P100S and SF (0.278). The physiologically best seeds are those of lots D4 and E2 with 77% and 60% of PN respectively in GS and in the vigor test 67% (D4) and 52% (E2) of PN. In other words, there were physiological and morphological differences between the batches.

Keywords: weed, annual, wild sunflower, morphology

INTRODUCCIÓN

El polocote (*Helianthus annuus* L.) es una planta robusta, emparentada con el girasol cultivado (Kantar *et al*., 2015), entre las diferencias más importantes, son los caracteres relacionados con la semilla, tanto de los tipos cultivados, como silvestres (Mandel *et al*., 2011). En el Norte de Tamaulipas los principales cultivos son el sorgo y maíz, con una superficie total de 889,055.92 ha (SADER 2023). El sorgo para grano es el primer cultivo en el norte de Tamaulipas donde la superficie cultivada en el ciclo otoño invierno (OI) 2021-2022 fue de 767,920.67 MIL hectáreas con una producción de 2, 170, 903.81 millones de toneladas (SIAP, 2023). Sin embargo, una de las principales limitantes en la producción agrícola son las malezas, en México los reportes que demuestran que existe reducción de la producción hasta un 20 %. El sorgo para grano es el principal cultivo en el norte de Tamaulipas. y el polocote *Helianthus annuus* es la principal maleza en este cultivo (Rosales

et al., 2020). En la agricultura convencional, un campo de cultivo es considerado como un espacio uniforme en donde se aplican los mismos insumos (fertilizantes, herbicidas, etc) en las mismas dosis en toda el área. Sin embargo, puede haber variaciones entre un área a otra, tanto en términos de la fertilidad del suelo, composición y abundancia de las malezas presentes (Ariza *et al*., 2012). La descripción morfológica y fisiológica de una población son dos parámetros, que sirven en la identificación, de las variaciones que pueden existir, dentro de una especie (UPOV, 2000; Anwar *et al*., 2013). El objetivo fue evaluar las diferencias morfológicas y fisiológicas de la semilla de polocote de tres lotes de semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de semilla se realizó en tres localidades del Norte de Tamaulipas. Dos colectas en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP (25° 57' 54" latitud norte y 98° 01' 03" longitud oeste; altitud 50 m), la semilla se obtuvo lote D4 (marzo del 2023) y del lote E2 (abril del 2023. La tercera localidad fue del Municipio de San Fernando (marzo del 2023) Eucario Aragón (24° 73' 88" latitud norte y 97° 97' 67" longitud oeste; altitud 42 msnm). Se utilizó una técnica de muestreo aleatorio simple (Alanís *et al*., 2020). El tamaño de muestra fue de 150 plantas, la cosecha de cada planta constituyo una muestra individual, el número de capítulos colectados por planta fue variable, debido a la floración desuniforme *intra* planta. Las muestras individuales se integraron para formar una muestra compuesta. Posteriormente las cabezuelas se transportaron en bolsas de papel para secarse en una estufa (Sheldom Manufacturing Inc, Model Fx28-2, serial N 12037012) a temperatura a 34 ^{o}C, por 72 horas. La semilla seca se procedió a trillar y limpiar de forma manual para eliminar los restos de material inerte. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente (25 ^{o}C) en el laboratorio de Agua y Suelo del CERIB-CIRNE, hasta el momento de realizar las pruebas.

Caracteres morfológicos de la semilla

La descripción morfológica de la semilla se realizó conforme a la guía técnica de la UPOV (UPOV, 2000) para la descripción de genotipos del girasol. En la semilla se midieron las siguientes variables cualitativas: Forma (F); grosor con relación a la anchura (GRA); color principal (CP); Estrías en el borde (EB); Estrías entre los bordes (ENB), color de las estrías (CE) y manchas en el pericarpio (MP). Caracteres cuantitativos: En 20 semillas se midió el tamaño de semilla [TMS: (mm): largo y ancho]; en diez muestras se cuantificó el peso específico [P100S (g): peso de 100 semillas] y número de semillas por gramo (NS).

Calidad fisiológica de la semilla

Germinación estándar: Se aplicó la metodología aprobada por ISTA (ISTA, 2017) que consiste en sembrar tres repeticiones de 20 semillas por caja Petri, sobre papel filtro Whatman No.1 a capacidad de campo. Se utilizó la prueba a 15 ºC en condiciones controladas en la cámara Shel Lab Modelo L15, por siete días y después se colocaron a temperatura ambiente (30 ºC) en el laboratorio Agua Suelo del CERIB-CIRNE. Los conteos se hicieron cada tercer día hasta que dejaron de germinar las semillas. Las variables medidas fueron: número de plántulas normales (PN = con sistema radicular bien desarrollado, hipocotíleo alargado y hojas primarias verdes, intactas, expandidas y sanas), plántulas anormales (PA = con ausencia, deformación o enfermedad en alguna de esas estructuras) y semillas muertas (SM = con crecimiento de micelio en el pericarpio); los resultados se expresaron en porcentaje (Cisneros y Mendoza, 2010).

Viabilidad:

Prueba inicial de los lotes de semilla se realizó con tetrazolio al 1 % (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio) en 100 ml del buffer de fosfato (1.1 % de difosfato de potasio y 0.9 % de monofosfato sódico) (Salazar *et al*., 2019). Previamente se colocó un gramo de semilla en 5 ml de agua/ 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se cortaron en mitades, 10 piezas/caja; con un total de 10 repeticiones. Las cajas se cubrieron con la solución de tetrazolio por 24 h a temperatura ambiente; finalizado el tiempo se drenaron y lavaron (Espitia *et al*., 2017). El indicador de la viabilidad fue la coloración roja o morado del embrión, debido a la reducción del tetrazolio por la actividad respiratoria de las células; los colores pálidos o falta de coloración indican poca viabilidad o la muerte del embrión (Mercado *et al*., 2020), los resultados se expresaron en porcentaje.

Vigor: Esta variable se determinó con la prueba de envejecimiento acelerado (EA): se realizó en una caja de plástico (20x15x17 cm) con 200 ml de agua destilada; dos gramos de semilla por lote fueron depositadas en una caja Petri sin tapa, sobre malla plástica suspendida dentro de la caja. Posteriormente, las cajas fueron tapadas y transferidas para una estufa de incubación en acero inoxidable con control digital E160-AID, a 42 °C por 72 horas (Castellanos *et al*., 2018). Después de este periodo, las

semillas fueron colocadas para germinar, de acuerdo con la metodología antes descrita.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se manejó bajo un diseño completamente al azar y se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba Tuckey ($P \leq 0.05$) para las variables de estudio- Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2016). Los

datos en porcentaje fueron trasformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados mostrados en las tablas se presentan retransformados por seno (Font *et al*., 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran los caracteres morfológicos cualitativos de la semilla de polocote (*H. Annuus* L.). En los tres lotes muestreados se encontró: la misma forma, ovoide ancha; igual grosor en relación a la anchura: delgada; mismo tamaño de semilla: pequeña; en la clasificación de estrías en el borde y estrías entre los bordes todos: débilmente definidas. Las semillas de los tres lotes tienen manchas en el pericarpio. El color de las estrías en el lote de San Fernando es mayormente gris/marrón, en los dos lotes de Río bravo (E2 y D4), negras (Figura 1). El color principal de la semilla en los lotes D4 y E2 es marrón obscuro y en el de San Fernando: negra.

Cuadro 1. Caracteres morfológicos cualitativos de la semilla de polocote (*H. annuus* L.).

Localidad	**Ubicación**	**Lote**	**F**	**GRA**	**CP**	**TS**
	Eucario		ovoide			pequeña
SF	Aragón	SF1	ancha	delgada	negra	
	CERIB-		ovoide		marrón	pequeña
RB	CIRNE	E2	ancha	delgada	obscuro	
	CERIB-		ovoide		marrón	pequeña
RB	CIRNE	D4	ancha	delgada	obscuro	
Localidad	**Ubicación**	**Lote**	**EB**	**ENB**	**CE**	**MP**
	Eucario					
SF	Aragón	SF1	ddf	Ddf	gris/marrón	Si
	CERIB-		ddf	Ddf		
RB	CIRNE	E2			negras	Si
	CERIB-		ddf	Ddf		
RB	CIRNE	D4			negras	si

SF: San Fernando; RB: Río Bravo; F: Forma; GRA: grosor con relación a la anchura; CP: color principal; EB: estrías en el borde; ENB: estrías entre los bordes, ddf: débilmente definidas; CE: color de las estrías y MP: manchas en el pericarpio.



Figura 1. Morfología de la semilla de polocote (*H. annuus* L.) de tres localidades del Norte de Tamaulipas: Río Bravo CERIB-CIRNE (Lote D4 y E2) y San Fernando (SF) colectada en marzo y abril del 2023.

La comparación de medias realizado a las variables de los caracteres morfológicos cuantitativos de la semilla de polocote (*H. annuus* L.), mostro efecto significativo de la localidad (Cuadro 2). En el número de semillas por gramo es estadísticamente mayor la semilla del lote de San Fernando, y estadísticamente iguales los lotes de CERIB-CIRNE (D4 y E2). El peso específico de la semilla del lote E2 de Río Bravo es estadísticamente mejor que los otros dos lotes analizados. Así mismo el tamaño de la semilla el largo y ancho de ésta, estadísticamente mayor la del lote del municipio de San Fernando por encima de los otros dos lotes muestreados. El Cuadro 3 muestra los análisis estadísticos. Respecto al largo de la semilla, el lote de San Fernando es estadísticamente similar al lote E2 de Río Bravo y diferente al lote D4. En relación al ancho de la semilla, el lote de San Fernando es estadísticamente similar el lote D4 de Río Bravo y diferente al lote E2 de Río Bravo. Hay muchas pruebas para determinar el vigor en semillas, como la prueba en frío, la prueba de envejecimiento acelerado, primer conteo, etc., (Navarro *et al*., 2015), las cuales se han probado en girasol (Tatić *et al*., 2012). Una de las características más distintivas del girasol silvestre, en comparación con el girasol cultivado, es el tamaño de la semilla (Radanović *et al*., 2018), incluso dentro de un grupo limitado de accesiones del girasol silvestre, como ocurrió en este experimento se observaron diferencias en el largo y ancho de la semilla.

Cuadro 2. Caracteres morfológicos cuantitativos de la semilla de polocote (*H. annuus* L.).

Localidad	**Ubicación**	**Lote**	**NS/g**	**P100s** (g)	**LS** (mm)	**AS** (mm)
SF	Eucario Aragón	SF1	402 a	0.278 c	4.0 a	2.0 a
RB	CERIB-CIRNE	E2	261 b	0.385 a	3.9 ab	1.6 b

RB	CERIB-CIRNE	D4	294 b	0.350 b	3.6 b	1.8 ab

SF: San Fernando; RB: Río Bravo. Tamaño de semilla [TMS: (mm): LS: largo y AS: ancho], NS/g: número de semillas por gramo, peso específico [P100S (g): peso de 100 semillas]. Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey≤0.05).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de la varianza. Caracteres morfológicos cuantitativos de la semilla del polocote (*H. annuus* L.).

F.V	**g.l**	**NS/g**	**P100s** (g)	**g.l**	**LS** (mm)	**AS** (mm)
Modelo	2	8.9*	0.32*	2	0.463*	0.279**
Error	27	0.6	0.89	57	0.153	0.07
Total	29			59		
C.V		7.3	9.5		10.0	14.8

F.V: Fuente de variación; g.l: grados libertad; CV: Coeficiente de variación. Significancia estadística ***(*P < 0.001*); **(*P < 0.001*); *(*P < 0.01*) y ns: no significativo.

En el Cuadro 4, se muestran los resultados de la comparación de medias de las variables: viabilidad, germinación estándar y vigor. En cuanto a la viabilidad, son estadísticamente iguales los dos lotes de semilla de Río Bravo: E2 y D4 y mayores al lote de San Fernando. Lo anterior sucede también en la prueba de germinación estándar con el porcentaje de plantas normales; no así para la variable de semillas muertas, donde sucede lo opuesto: son estadísticamente menores los lotes de CERIB-CIRNE (D4 y E2) al lote de semilla de San Fernando. El porcentaje de plantas anormales es estadísticamente igual para todos los lotes de semilla muestreados.

Cuadro 4. Caracteres fisiológicos (viabilidad, germinación estándar y vigor).

Localidad	**Ubicación**	**Lote**	**GSV** (%)	**PN**	**PA**	**SM**	**SD**
SF	Eucario Aragón	SF1	61 b	17 b	3 a	33 a	47 a
RB	CERIB-CIRNE	E2	80 a	60 a	7 a	17 b	17 ab
RB	CERIB-CIRNE	D4	90 a	77 a	10 a	13 b	0 b

			Vigor (EA)			
SF	Eucario Aragón	SF1	2 b	2 a	25 a	72 a
RB	CERIB-CIRNE	E2	52 a	3 a	27 a	18 b
RB	CERIB-CIRNE	D4	67 a	12 a	5 b	17 b

SF: San Fernando; RB: Río Bravo. GS: germinación estándar; V. Viabilidad; EA: envejecimiento acelerado; PN y PA: plántulas normales y anormales; SM y SD: semillas muertas y duras. Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey≤0.05).

El porcentaje de semillas duras es estadísticamente mayor en el lote de San Fernando en comparación con el lote D4 de Río Bravo y estadísticamente similar al lote E2 de Río Bravo. En la prueba de vigor, el porcentaje de plantas normales de los lotes de Rio Bravo: D4 y E2 son estadísticamente mayores al de San Fernando. El porcentaje de plantas anormales es estadísticamente igual para los tres lotes de semilla. El porcentaje de semillas muertas es estadísticamente igual en los lotes de San Fernando y E2 de CERIB-CIRNE, pero mayores que al D4 de CERIB-CIRNE. El porcentaje de semillas duras en el lote de San Fernando mostró diferencias significativas a los dos lotes de Río Bravo.

CONCLUSIONES

La morfología cualitativa de los tres lotes muestreados (E2, D4 y SF) tiene características muy similares de: forma, grosor en relación con la anchura, tamaño de semilla, presentan estrías en el borde y manchas en el pericarpio. Presenta mayor número de semillas por gramo el lote del Municipio de San Fernando, y mayor ancho y largo de semilla. El peso específico de la semilla del lote E2 del Municipio de Río Bravo es estadísticamente mayor que D4 y SF. Las semillas fisiológicamente mejores son las de los lotes D4 y E2. Por lo que se menciona con anterioridad, hubo diferencias fisiológicas y morfológicas entre los lotes.

REFERENCIAS

Alanís, R. e., Mora, O. A y Marroquín de la F. J.S. 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Monterrey, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. (Tendencias) Universidad Autónoma de Nuevo León. 62 p.

Anwar, H. Q., Akram, S., Akhtar, J., Saqin, M., Ahmad, Z. S., Hassa, G. A. and Jan. M. 2013. Morpho-physiological characterization of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) under saline condition. Pak. J. Agri. Sci. 50: 49-54.

Ariza, Carlos Andrés; Almanza-Merchán, Pedro José. 2012. Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas con el cultivo de la palma de aceite Ciencia y Agricultura, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, pp. 87-96.

Castellanos César Iván Suárez, Lemes Elisa Souza, Almeida Andréia da Silva, Meneghello Geri Eduardo, Tunes Lilian Madruga de. 2018. Metodologías para el ensayo de envejecimiento acelerado en semillas de triticale. Agrociencia Uruguay: 22(2): 1-6. doi.org/10.31285/agro.22.2.1.

Cisneros-López, M. E. y L. E. Mendoza-Onofre. 2010. Influencia del genotipo y fecha de siembra en la calidad de semilla de sorgo infectada con ergot. Revista Mexicana de Fitotecnia 33: 69-77.

Espitia, M., Cardona, C., y Aramendiz, H. 2017. Morfología y viabilidad de semillas de *Bombacopsis quitana* y *Anacardium excelsum*. Cultivos Tropicales, 38(4): 23-29.

Font, H.; Torres, V. H. M y Rodríguez, R. 2007. Cumplimiento de la normalidad y homogeneidad de la varianza en frecuencias de medición acumulada de la variable producción de huevos en gallinas White Leghorn. Rev. Agric. Cuba. 41 (3): 224-236.

ISTA, Asociación Internacional de Análisis de Semillas. 2017. Normas internacionales para el análisis de semillas. Bassersdorf, Suiza.

Kantar, M.B., Sosa, C.C., Khoury, C.K., Castañeda-Álvarez, N.P., Achicanoy, H.A., Bernau V, Kane, N.C., Marek, L., Seiler, G and Rieseberg, L. H. 2015. Ecogeography and utility to plant breeding of the crop wild relatives of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Front. Plant Sci. 6:841.

Mandel JR, Dechaine JM, Marek LF, Burke JM. 2011. Genetic diversity and population structure in cultivated sunflower and a comparison to its wild progenitor, *Helianthus annuus* L. Theor Appl Genet. 123(5):693-704. doi: 10.1007/s00122-011-1619-3

Mercado, S., Caleño, J., y Rozo, L. 2020. Improvement of the methodology of the tetrazolium test using different pretreatments in seeds of the genus Epidendrum (Orchidaceae). Journal of Seed Science, 42. 1-8. http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42n1221062.

Navarro, M., Gebles, G. and Herrera, R. S. 2015. Vigor: essential element for seed quality Cuban Journal of Agricultural Science. 49(4): 447-458.

Radanović, A., Miladinović, D., Cvejić, S., Jocković, M. and Jocić S. 2018. Sunflower genetics from ancestors to modern hybrids-a review. genes (Basel). Oct 30;9(11):528. doi: 10.3390/genes9110528. PMID: 30380768; PMCID: PMC6265698.

Rosales, R., Sánchez, R., Salinas, J. 2005. Período crítico de competencia del polocote (Helianthus annuus L.) en sorgo para grano. Agrociencia. Vol. 39, núm 2 marzo-abril, 2005, pp 205-210.

Salazar, S., Botello, H., y Quintero, J. 2019. Pre-treatments Effect on the Tetrazolium Test on Epidendrum barbaricum Hágsater & Dodson Seeds. Acta Agronómica, 68(4), 306-311. doi: 10.15446/acag.v68n4.79619

SAS. Statistical analysis system. 2016. SAS User´s Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.

SIAP-SAGARPA. 2023. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Datos Básicos del Sorgo. Boletín Semanal. 16 de Junio de 2023. 10 p.

Tatić, M., Balešević-Tubić, S., Đorđević, V., Miklič, V., Vujaković, M., and Đukić, V. 2012. Vigor of sunflower and soybean aging seed. HELIA 35 (56): 119-126. doi: 10.2298/HEL1256119T.

UPOV. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2000. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y estabilidad. Girasol (*H. annuus* L).TG/81/6. https://www.upov.int/portal/index.html.es

CARACTERIZACIÓN AGROECOLOGICA DE LA ZONA TROPICAL DE MÉXICO

Genovevo Ramírez-Jaramillo[1], Jorge H. Ramírez-Silva[1], Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[2*]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México, [2]Campo Experimental Mocochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mocochá, Yucatán, México

Email: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

México es considerado un país con predominio de clima tropical, ya que por lo general la mayor parte del país se localiza en los 23° 27'' de latitud norte considerado como parte del Trópico de Cáncer. No obstante, dentro de esta latitud tropical existen zonas templadas y semi-áridas que requieren una mejor delimitación, objetivo del presente estudio. Para procesar y determinar el área que cubre la zona tropical se utilizó el software QGIS 3.22 Batioweiza y las bases de datos siguientes: El modelo de elevación digital procedente del INEGI con valores de altitud cada 3 segundos de arco (aproximadamente una cuadrícula de 90x90 m o 0.81 ha), base de datos de clima de las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional para los estados de la República Mexicana y base de suelos con mapas de escala 1:250,000 de la Base Referencial Mundial o WRB por sus siglas en ingles. Dos de las variables que determinan el clima tropical son la temperatura que debe ser superior a 18° C y la precipitación media anual que debe ser superior a 600 mm. Dichas imágenes se reclasificaron de acuerdo a las condiciones de altitud, temperatura media anual, precipitación media anual, suelos y áreas agrícolas y pecuarias. La regionalización de la zona tropical de México permitió determinar que esta región tiene una superficie de 70 millones de hectáreas, de las cuales un 18% (12.6 millones has) es trópico húmedo y el 82% (57.4 millones has) es trópico subhúmedo o seco.

Palabras clave: Regionalización, SIG, Trópico.

ABSTRACT

Mexico is considered a country with a predominantly tropical climate, since most of the country is generally located at 23° 27'' north latitude, as part of the Tropic of Cancer. However, within this latitude there are temperate and semi-arid zones which were delimited as part of the objective of this work. To process and determine the area covered by the tropical zone, the QGIS 3.22 Batioweiza software and the following databases were used: The digital elevation model from the National Institute of Statistic, Geography and Information (INEGI) with altitude values every 3 arc seconds (approximately a 90x90m grid or 0.81 ha), climate database of the climatological normal of the National Meteorological System for the states of the Mexican Republic and the 1:250,000 scale map soils from the World Reference Base or WRB for its acronym in English. Two of the variables that determine the tropical climate are the temperature, which must be higher than 18°C, and the average annual rainfall, higher than 600 mm. These images were reclassified according to altitude conditions, average annual temperature, average annual rainfall, soils, and agricultural and livestock areas. The regionalization of the tropical zone determined a total area of 70 million hectares, 18% (12.6 million has) considered as humid and most of the area 82% (57.4 million has) as sub-humid or dry tropics.

Keywords: Regionalization, GIS, Tropics

INTRODUCCIÓN

Los trópicos abarcan el 40% de la superficie total del globo terráqueo y albergan aproximadamente el 80% de la diversidad biológica del mundo y gran parte de la diversidad lingüística y cultural. El 95% de la superficie de manglares del planeta y el 99% de las especies de manglares se encuentran en las regiones tropicales (National Geographic, 2021).

En el caso particular de América Latina y el Caribe, la región posee recursos y capacidades para responder a más allá de sus necesidades propias y, por ende, puede brindar aportes significativos al resto del mundo. Los trópicos son considerados la región de la tierra comprendida entre los paralelos denominados trópico de Cáncer, en el hemisferio boreal, y trópico de Capricornio, en el austral, equidistantes del ecuador, situados a 23° 27' de latitud norte y sur respectivamente (ONU, 2022), mas no necesariamente esto es verdad. Si bien la topografía y otros factores contribuyen a la variación climática, por lo general, podemos decir

que las regiones tropicales son cálidas y las estaciones están poco marcadas por el cambio de las temperaturas. Una característica de las zonas más próximas al ecuador es la prevalencia de las lluvias.

En el trópico mexicano se localiza el 22% de la población del país, el 70% de los recursos hídricos, se produce un 99.5 de la producción de petróleo, el 79.5 del gas natural y 84% de la energía hidroeléctrica. Por otra parte, los trópicos son vitales para la captura de carbono y la regulación climática. Las zonas tropicales se enfrentan a diversos desafíos que requieren una atención especial como: el cambio climático, la deforestación de las selvas, la explotación maderera, la urbanización, la contaminación de los suelos y los cambios demográficos.

En base a la importancia que tienen los trópicos en México y su problemática, es necesario para fines de planeación, se delimite su área y se caracterice agroecológicamente, objetivo del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio. El estudio se desarrolló para todo el país con el objetivo de delimitar la zona climática tropical de México. La República Mexicana está ubicada en el Hemisferio Norte, entre los paralelos 14° 33’ y 32° 44’ Norte y entre los meridianos 85° 44’ y 117° 07’ Oeste (INEGI, 1992). Colinda al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al Sureste con Guatemala y Belice, al Sur y Oeste con el Océano Pacífico y al Este con el Golfo de México y Mar Caribe. Una parte del país (porción Sur) se localiza en la zona intertropical y la otra (porción Norte) en la zona subtropical, debido a que el Trópico de Cáncer cruza a la República en su parte media.

Regionalización de la Zona Tropical. La determinación espacial para definir las características agroecológicas de la zona tropical de México se realizó con el uso de algebra de mapas, tomando como variables de entrada las principales condiciones climáticas, la elevación digital y pendiente del suelo, así como los tipos de suelos. La utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG), como una herramienta orientada al desarrollo y ordenamiento agrario, ha sido un método acertado en la determinación espacial de las caracterizaciones agroecológicas para regionalizar (Kahsay *et al*., 2018). Por medio de los SIG, se puede manejar las variables agroecológicas que representan al medio físico en

donde se desarrolla una actividad, tales como clima, suelo y recurso hídrico, y partiendo de la variación espacial de estas, definir regiones.

Obtención de información espacial. Se consideraron varias bases de datos geoespaciales. La información edáfica, fue tomada de la base de Referencia Mundial del Recurso Suelo, conocida por sus siglas en inglés como WRB, en formato vectorial. Los datos climáticos se tomaron de la base de WorldClim versión 2.0, específicamente temperatura y precipitación promedio durante el ciclo del cultivo. El Modelo Digital de Elevación, se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática, en formato raster con una resolución de 500 m^2. El mapa de pendiente, cuerpos de agua, manglar, áreas urbanas y rurales de México, así como áreas naturales protegidas, fueron recuperadas del Geoportal del sistema nacional de información para la biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Procesamiento de datos. Se entiende por álgebra de mapas al conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato raster, y/o vectorial, nos permiten obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos. Para este caso, los procedimientos que se aplicaron sobre la información geográfica en formato vectorial consistieron básicamente en clasificar los atributos climáticos y edáficos en los rangos agroecológicos establecidos para el área tropical. Los datos vectoriales son entidades asociadas a cada atributo, y tienen sus propias características espaciales, y la geometría que definen a cada atributo sirve por sí sola para llevar a cabo algunos geo-procesos como cortes e intersecciones. Estas operaciones geométricas sobre datos vectoriales consistieron en interceptar las capas edáficas y climáticas, para la caracterización de la zona tropical de México. Todo el procesamiento y reclasificación de la información se realizó en el software QGIS 3.22 Biatowieza de licencia libre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La República Mexicana se encuentra atravesada por el trópico de Cáncer (23° 27') por lo que el país se extiende a lo largo de dos zonas térmicas: la templada del Norte y la tórrida; no obstante, debido a las cadenas montañosas y a los lugares que se encuentran a gran altura, el clima imperante al sur del Trópico es templado, y tropical sólo en las costas; en cambio, al norte del mismo hay clima árido o seco.

En base a esta condición, la primera aseveración necesaria en este trabajo va en contra de la idea estereotipada de que México es un país con predominio de clima tropical. No obstante que una proporción considerable del territorio mexicano se ubica dentro de la zona inter tropical, su configuración física hace que tierras que debieran ser tropicales, por latitud son templadas o semi- áridas.

La zona tropical húmeda y más lluviosa de México se localiza en la vertiente del Golfo de México y el extremo sureste de Chiapas; en contra parte, en la región del Pacifico de México se localiza la zona tropical subhúmeda o más seca y con una estacionalidad lluviosa en verano (Figura 1).

Respecto a la superficie que ocupa la zona tropical es de más de 70 millones de hectáreas, de las cuales el 18% se consideran como trópico húmedo y el 82% restante como trópico subhúmedo o seco. En esta clasificación influyen principalmente dos variables, una la temperatura media anual debe ser mayor a 18°C y otra la precipitación media anual, en donde las lluvias son mayores a 2,000 mm se localiza o delimita el trópico húmedo y mayores de 600 mm y menores a 2,000 el trópico subhúmedo o seco.

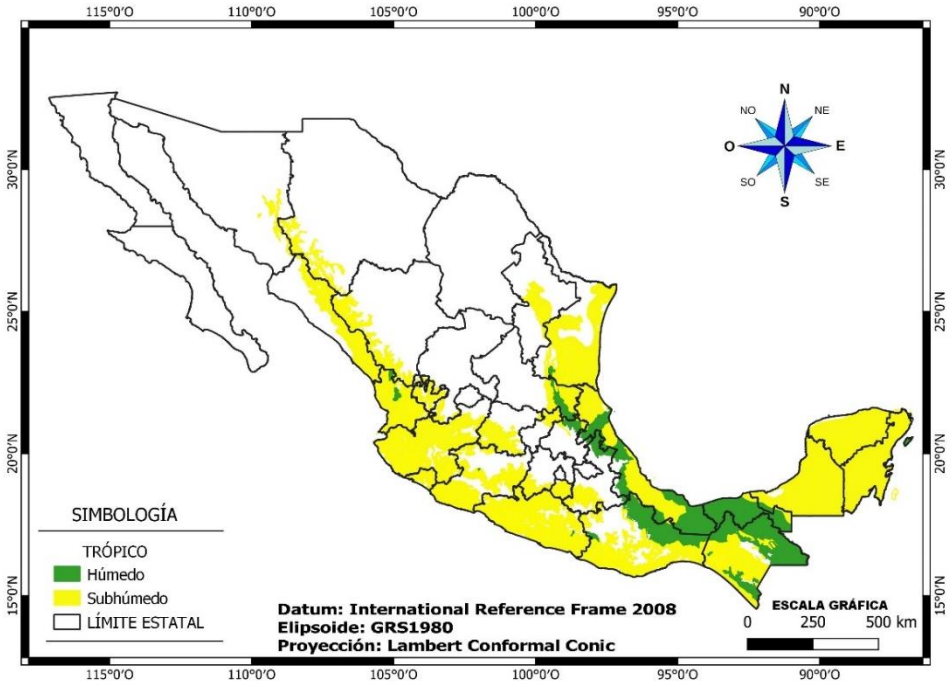


Figura 1. Distribución geográfica del Trópico de México

En lo que respecta a la altitud son: la llanura costera del Golfo y la llanura costera del Pacífico, con rangos de 0 a 200 m el 43% y en menor medida los rangos de 0 a 500 m el 17%. En mucha menor área se tiene altitudes entre 500 a 1000 m el 13%, 1000 a 1500 m 13%, 1500 a 2000 m el 12%, 2000 a 2500 m el 1.5% y de 2500 a 3000 m el 0.5%.

En el caso, donde la temperatura media anual supera los 26°C se considera como muy cálida, de 22 a 26°C cálida y de 18 a 22°C semicálida. En lo que respecta a la temperatura muy cálida se distribuye en el 0.52% de la superficie del trópico mexicano, la temperatura cálida es la predominante con 71.01% y el 28.46% es semicálida.

La precipitación media anual en el trópico de México presenta dos estaciones bien diferenciadas, una cálida y húmeda de mayo a octubre y otra menos húmeda con la presencia de "nortes" (frente frío). Por lo general el 80% de la precipitación se presenta de mayo a octubre y el otro 20% de noviembre a abril. En lo que se refiere a los rangos de precipitación media anual, el área que ocupa en el trópico de México la precipitación mayor de 2000 mm es el 16%, de 800 a 2000 mm el 75% y de 400 a 800 el 9%.

En México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). Dominan los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional.

Para el caso de la zona tropical de México se cuenta igual con 26 de los 32 grupos reconocido por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Respecto a la proporción ocurre algo muy similar a la situación nacional. Los Leptosoles son los predominantes con el 26%, seguido de los Luvisoles con el 14.15%, Phaeozems y Vertisoles con el 13.16% y 13.21% respectivamente, Regosoles 12.50%, Cambisoles 6.10%, Gleysoles 3.94%; Solonchaks 1.32%, los Fluvisoles con 0.85%. En su conjunto ocupan el 92.55% de los suelos del trópico en México. Los otros tipos de suelos que corresponden al 7.45% entre otros son: Andosoles, Arenosoles, Chernozems, Calcisoles, Ferrosoles, Kastañozems, Nitisoles, Planosoles, Umbrisoles por las áreas que ocupan y otros que no se indican, ya que la superficie es mínima.

De acuerdo a la información de INEGI y la delimitación de la zona tropical de México, el 41% de la producción agropecuaria (más de 24 millones de hectáreas) se produce en esta región. De los 24 millones de hectáreas 11,881,943 hectáreas se dedicaban a la agricultura y 12,366,729 a los pastizales. Con el predominio de la agricultura de temporal en un 75% de la superficie. En lo que respecta a la agricultura el 21% correspondía a su condición de riego, 77 a la de temporal y 2% a la de humedad residual. En lo que se refiere a los pastizales de acuerdo a su clasificación el 74.28% era cultivado, el 22.76% inducido, 1.13% natural, 0.37 halófilo y 1.47 huizachal.

Al considerar las variables estudiadas, sobre todo la altitud y temperatura, así como la precipitación, se puede aseverar que la idea estereotipada de que México es un país con predominio de clima tropical no es precisamente la correcta. No obstante que una proporción considerable del territorio mexicano se ubica dentro de la zona intertropical, su configuración física hace que tierras que debieran ser tropicales, por latitud son templadas o semiáridas y que constituyen dos terceras partes del país, incluso estados como Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán considerados como tropicales presentan zonas templadas y frías en su geografía.

En el trópico de México en lo que respecta a temperatura las predominantes son las cálidas en la mayaría de la región con más del 70% y en menor medida las muy cálidas y semicálida. Un aspecto importante que influye en la regionalización del trópico húmedo y subhúmedo es la precipitación media anual, de tal forma que aquellas áreas donde las lluvias superan los 2000 mm, es donde se clasifica como trópico húmedo y las menores de 2000 mm como trópico subhúmedo.

En lo que se refiere a suelos, si bien los predominantes son los Leptosoles que son someros y muy frágiles por lo que se tiene que tener cuidado en su explotación, aun así, se utilizan en la región sur-sureste del país para el establecimiento de pastos y en el caso de la península de Yucatán para la producción de la milpa, hortalizas, caña de azúcar y frutales como cocotero, cítricos, chicozapote y mamey. Los suelos con mayor potencial para esta región y que permiten una mayor diversificación son los Luvisoles, Fluvisoles, Nitisoles, Vertisoles, Phaeozems y Regosoles.

México es concebido como un país de clima tropical húmedo, caliente o desértico. Pero esta es una versión corta o contradictoria (Mosiño y García, 1974) que surge de considerar únicamente su latitud, por lo que la influencia modificadora del clima de la altitud frecuentemente es ignorada. Lo anterior ha propiciado que la mayoría de los sistemas de clasificación climática, generados en otras partes del mundo, no se adapten completa y/o satisfactoriamente a la República Mexicana. Incluso, muchos de los tipos climáticos de México suelen caer en categorías extraordinarias, ajenas a los sistemas, evidenciando la deficiencia de criterio de clasificación.

Al considerar los resultados de que un tercio de la superficie de México cuenta con clima tropical (húmedo y subhúmedo), es importante resaltar la discusión sobre el potencial agrícola de esta región. Hay autores que en los años 60's consideraban que el potencial agrícola de los trópicos en el mundo era bajo en relación a la evaluación de los mismos cultivos sembrados en zonas templadas, no obstante, esta idea ha venido cambiando a través del tiempo en donde se asegura que "las vastas áreas de los trópicos húmedos, con un clima cálido durante todo el año, alta precipitación y suelos porosos profundos, poseen el mayor potencial del mundo para la producción de pastos y, por consiguiente, para la producción de ganado" (Stewart, 1970). Los trópicos, con temperaturas óptimas para el crecimiento de cultivos durante todo el año, representan la mayor fuente de alimentos sin explotar del mundo actual. Es un gran anillo alrededor del globo y constituyen un recurso potencial de alimentos que el hombre, mediante la investigación, puede convertir en un verdadero cuerno de la abundancia.

El trópico de México tiene un gran potencial para las plantaciones de frutales tropicales como plátano, piña, cocotero, cítricos; así como las plantaciones forestales como caoba, hule, eucalipto. Otro aspecto que prospera en esta región es el establecimiento de forrajes para el desarrollo de la ganadería bovina y ovina, lo cual coincide con lo planteado por Stewart en 1970. En el trópico subhúmedo una de las principales limitantes para que los cultivos expresen su máximo potencial son la falta de humedad, en la medida que se fortalezca el riego presurizado en esta región, es posible su detonación tanto para la ganadería como la producción de granos básicos, hortalizas, frutales tropicales y plantaciones forestales.

CONCLUSIONES

- El trópico de México no se puede circunscribir a los 23° 27'' de latitud norte, ya que existen áreas por debajo de esta latitud que se clasifican como zonas templadas y semiáridas.
- Las temperaturas mayores a 18°C por lo general son las que están más cercanas a lo que se le conoce como llanuras costeras del Golfo y del Pacífico.
- La cantidad de precipitación delimita el trópico húmedo y subhúmedo.
- La percepción sobre el potencial agrícola de los trópicos ha cambiado favorablemente a través del tiempo.

REFERENCIAS

Kahsay. A., Haile. M., Gebresamuel. G., Mohammed M., 2018. Springer Nature Switzerland. Modeling Earth Systems and Environment. Zurich, Switzerland.

Mosiño, A.P. y E. García. 1974. The climates of Mexico. In: The climates of North America. World Survey of Climatology. Elsevier Publ. Co. Amsterdam

Naciones Unidas. 2017. Día Internacional de los Trópicos, 29 de junio. El futuro le pertenece a los Trópicos. en https://www.un.org/es/observances/tropics-day. Consultado el 10 de diciembre de 2022

National Geographic en español. 2021. ¿En qué región del mundo habita la mayor parte de la diversidad biológica? (en línea). Washington, D. C., Estados Unidos de América. En https://www. ngenespanol.com/traveler/en-que-region-del-mundo-habita-la-mayor-par- 25 LA AGRICULTURA TROPICAL DE ALC te-de-la-diversidad-biológica. Consultado el 01 de abril de 2021.

Stewart, G. A. 1970. "High potencial productivity of the tropics for cereal crops, grass forage crops, and beef", J. Aust. Inst. Agric. Sci. 36: 85-101.

CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES NATIVAS Y VARIEDADES CONVENCIONALES REGENERADAS DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA

Beatriz Martínez-Yañez [1], Enrique Hernández-Leal [2], Fernando Castillo-González [1], José Jesús García-Zavala[1], Humberto Vaquera-Huerta[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. [2]Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. [2]Campo.

*Correo electrónico: martinez.beatriz@colpos.mx

RESUMEN

El algodón es de los cultivos más antiguos considerado una fuente principal de fibra natural suave como materia prima para la industria textil y como modelo de evolución de genoma. La presente investigación se realizó en condiciones de invernadero en el CELALA del INIFAP con un total de 17 materiales para la caracterización de estos, como resultado se obtuvo que hay una amplia diversidad entre los materiales evaluados en casi todas las variables, y se puedo identificar que Laguna-89 fue el más precoz en la etapa vegetativa como al inicio de la etapa reproductiva, por lo que los materiales convencionales y algunas especies nativas son una alternativa dentro de un programa de mejoramiento genético.

Palabras clave: mejoramiento, precocidad, selección

ABSTRACT

Cotton is one of the oldest crops considered a main source of soft natural fiber as a raw material for the textile industry and as a model of genome evolution. The present research was carried out in greenhouse conditions at CELALA of INIFAP with a total of 17 materials for their characterization, as a result it was obtained that there is a wide diversity among the materials evaluated in almost all variables, and it was identified that Laguna-89 was the most precocious in the vegetative stage and at the beginning of the reproductive stage, so that conventional materials and some native species are an alternative within a genetic improvement program.

Keywords: breeding, precocity, selection

INTRODUCCIÓN

El algodón pertenece al género *Gossypium* y produce la fibra textil natural más suave (Khan *et al*., 2020), representando el 35% de la demanda total anual del mundo (Huang *et al*., 2021). La producción de algodón juega un papel importante en el desarrollo económico de muchos países, la disminución de su producción afecta negativamente en casi todos los países productores de algodón del mundo. Las plagas y las enfermedades son de los principales factores que contribuyen a la disminución de la producción (Wu & Guo, 2005). También su importancia radica en la parte genética y es considerado un modelo evolutivo del genoma, la poliploidización y la elongación celular, debido a sus variaciones morfológicas, su arquitectura en plantas encontrando arbustos perennes, arboles hasta plantas herbáceas anuales y esa diversidad comprende 45 especies diploides y siete especies tetraploides Huang *et al*. (2021) y Pérez *et al*. (2011), las especies tetraploides se generó por la dispersión transoceánica derivando la especie más cultivable *G. hirsutum* con una producción del 95% a nivel mundial y *G. barba*dense 4% y otros 1%, siendo especies con una longitud de fibra ≥ 3 cm considerada adecuada por la industria textil moderna de los parámetros de calidad de fibra (Yuan *et al*., 2021; Huang *et al*., 2021 y Wendel *et al*., 1992). Por ello, el objetivo fue conocer la diversidad de algodones silvestres de tres accesiones del Jardín Botánico de Iguala, Guerrero, siete accesiones del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACh), cinco variedades convencionales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y un testigo comercial (Delta Pine®).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el ciclo P-V del 2021 en el invernadero (25º 32’ N y 103º 14’ O) del C. E. La Laguna (CELALA) del INIFAP, Matamoros, Coahuila. La población estuvo compuesta por los genotipos nativos de algodón FZ-13, GOS-27 y GOS-22 del jardín botánico del C. E. Iguala del INIFAP, las accesiones 277, 583, 584, 589, 748, 877 y 873 del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, las variedades convencionales de algodón Nazas 87, Laguna-89, Cian Precoz, Cian-95 y Juárez-91 del Programa de mejoramiento genético, así como una sublínea (Nazas-87C) y el testigo comercial Delta Pine®. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con 17 tratamientos, tres repeticiones y cinco plantas por repetición, se llevó a cabo en condiciones

de hidroponía. La siembra fue el 04 de febrero y el transplante a los 35 días después de la siembra (DDS). La fertilización se realizó de acuerdo a las etapas de desarrollo con aminoácidos, algas marinas y urea, para la etapa vegetativa se usó una concentración de 50% y a partir del inicio de la etapa reproductiva (aparición de cuadros, floración y fructificación) se incrementó la concentración al 100%, para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci Gennadius*) se aplicó el ingrediente activo Flupiradifurone a 1 g/L. Se registraron datos de cada etapa fenológica de los días después de la siembra. Para la caracterización de las plantas, flores y bellotas se tomó de acuerdo al descriptor varietal de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Para el análisis estadístico, se realizó un análisis de varianza a cada variable con el programa estadístico INFOSTAT y cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey. En los datos categóricos se utilizó la prueba no paramétricos Kruskall-Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la amplia variación genética entre las accesiones se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los materiales para las variables evaluadas, siendo el diámetro de tallo con un (C.V.) considerado muy alto podría deberse a la variabilidad entre materiales (Cuadro 1), el resto de variables con consideradas entre bajo y medio por igual o menos del 20% (Bonilla *et al*., 2014 y Bonilla *et al*., 2020).

Cuadro 1. Cuadrados medios de análisis de varianza de 15 caracteres de 17 materiales de algodón en Matamoros, Coahuila durante P-V 2021.

Variable	Cuadrado medio		Error	C.V (%)
DT	16.47	NS	15.2	79.9
AP	21280	***	170.1	22.7
NE	229.51	***	11.4	20.4
DE 1/3	6.89	***	0.8	30.7
DE 2/3	21.23	***	0.8	26.3
DE 3/3	30.35	***	0.7	25.5
1er hoja	7.79	***	0.02	0.6
3er hoja	317.12	***	4.1	4.4
6ta hoja	255.26	***	7.9	4.7
Cuadros	57.58	***	3.5	2.6
Floración	13.33	***	4.9	2.4
Bellota	65.58	***	8.9	2.9

G.L	11		177	
DB	251.82	***	6.25	8.0
LB	440.70	***	9.15	7.9
LP	340.67	***	9.65	20.7
G.L	12		699	

C.V. : Coeficiente de variación (%); Sig: significancia estadística P ≤ 0.01 ***; G.L: grados de libertad; (dds): días después de la siembra; DT: diámetro del tallo (mm); AP: altura de planta (mm); NE: número de entrenudos; DE: distancia de entrenudos 1/3 (mm); DE: distancia de entrenudos 2/3 (mm); DE: distancia de entrenudos 3/3; 1er hoja: aparición de la primer hoja verdadera (dds); 3er hoja: aparición de la tercera hoja verdadera (dds); 6ta hoja: aparición de la sexta hoja verdadera (dds); AFB: aparición de la formación de la bellota (dds); DB: diámetro de la bellota (mm); LB: longitud de bellota (mm); LP: longitud del pedúnculo (mm).

La accesión 589 tuvo una mayor altura de planta, número de entrenudos, distancia de entrenudos en comparación con los otros materiales lo que dificulto su manejo, debido a que se tutoreo la planta del tallo principal, este genotipo es de mayor altura y follaje denso, además su consumo de agua fue mayor en comparación del resto de las accesiones. En cuanto al tamaño de la bellota, las accesiones 589 y 583 son consideradas dentro del descriptor en la categoría de muy pequeño y el resto de los materiales se comportan igual al testigo comercial Delta Pine®, como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias de 13 materiales evaluados en condiciones de invernadero en Matamoros, Coahuila, en el ciclo P-V 2021.

Gen	AP	DT	NE	DE		3er	AC	AF	AB	DB	LB	LP
Cian Precoz	48.7b	**4.5a**	14.6d	2.8b	3.5b	47bc	60abc	90cde	102c	29.6fg	37.4def	12.8ef
748	41.9b	6.5a	14.7d	2.6b	3.2b	46bc	59abcd	89de	102c	33.1abc	37.4def	15.4bcd
Nazas87	47.0b	**4.8a**	17.0cd	2.7b	2.8b	46 c	59cde	92bcd	101c	32.1bcde	35.5fg	14.5cde
GOS27	50.0b	**4.4a**	16.8cd	3.0b	3.0b	46bc	60bcde	93bc	106b	31.2cdef	40.1bc	13.4def
Nazas87C	47.0b	**4.4a**	−	2.5b	2.7b	48b	62abc	93bc	106b	33.6ab	37.6def	17.5b
Juárez91	45.9b	**4.4a**	14.9cd	2.7b	3.2b	47bc	61abcd	89de	102c	32.4bcd	38.1cde	11.9f
FZ13	44.1b	4.4a	13.3d	2.9b	2.6b	48b	62a	94b	104bc	34.3a	38.6cd	20.3a
277	46.9b	**4.2a**	13.8d	2.5b	2.9b	52a	64a	90de	101c	30.8def	34.5g	13.1def
Delta	48.1b	**4.5a**	18.8c	2.7b	3.0b	45c	57e	93b	106b	31.2cdef	36.1efg	17.5b
Cian95	52.4b	**4.2a**	16.3cd	2.9b	3.4b	47bc	58de	92bcd	106b	30.3ef	42.7a	15.2bcde
Laguna89	46.2b	**4.5a**	15.6cd	2.1b	2.7b	33d	48f	89e	102c	31.0def	39.5bcd	14.6cde
589	177a	**7.6a**	27.3b	4.9a	7.8a	47bc	61bcd	99a	−	27.9g	41.1ab	21.7a
583	−	-	−	−	−	−	−	−	−	16.1h	26.7h	16.9bc
DSH (0.05)	15.3	4.56	3.88	1.03	1.01	2.38	3.28	2.60	4.43	2.00	2.42	2.49

Medias con letras iguales son estadísticamente iguales; DSH: diferencia significativa honesta; Gen: genotipo; AP: altura de planta (cm); DT: diámetro de tallo (mm); NE: número de entrenudos; DE: distancia de entrenudos (mm); 3er h: tercera hoja expuesta; dds: días después de la siembra; AC: aparición de cuadro (dds); AF: aparición de flor (dds); AB: aparición de bellota (dds); DB: diámetro de bellota (mm); LB: longitud de bellota (mm); LP: longitud de pedúnculo (mm).

Para las etapas fenológicas la variedad convencional “Laguna-89”, se incluyó en el grupo I, al ser la más precoz en la etapa vegetativa (hojas verdaderas expuestas para la 3er hoja expuesta), aparición de cuadros, aparición de flores y formación de bellota. La accesión 277, en este ciclo y entre los materiales fue tardía en la etapa vegetativa y al inicio de la reproductiva, sin embargo en un estudio previo por Bonilla *et al*. (2022), obtuvo resultados en el ciclo O-I 2019, para las variables de tercer hoja expuesta (59 dds), cuadro (77 dds), flor (91 dds), bellota (108 dds), esto se debe al establecimiento del ciclo, debido a la influencia de la temperatura, lo que Rosales *et al*. (2011) y Bonilla *et al*. (2022), mencionan que para un desarrollo óptimo de la planta se requiere una temperatura mínima 15.5 °C, en el cual ambos trabajos se observó la variabilidad de materiales precoces y tardíos derivados de este factor cuya importancia recae en el desarrollo de hojas, nudos, ramas fructíferas, así como flores y frutos, sin embargo, colocarse dentro del grupo III en conjunto con GOS-27, FZ-13 , Nazas-87C, Nazas-87, Cian Precoz, Cian-95, Juárez-91 y 748. Ritchie *et al*.

(2004), menciona que una vez que aparece el primer cuadro puede llevar un mínimo de 21 días para la aparición de la primera flor, el cual concuerda en algunos materiales en el estudio por Bonilla *et al*. (2022). López *et al*. (2020), mencionan algunos factores que pueden afectar en la etapa reproductiva como es la calidad del suelo, temperatura óptima (20 ° y 30° C), humedad y, la deficiencia de nutrientes afectando la caída de los frutos, en el experimento, debido a la perdida de humedad del suelo y la poca retención por el sustrato hubo perdida de cuadros, flor y fruto, así como el retiro manual de flor y fruto para la caracterización. El grupo II está conformado únicamente por el testigo comercial, sin embargo, como se observa en la Figura 1, y por su cercanía al grupo anterior es posible que su comportamiento de ambos grupos es similar. El grupo IV, estuvo conformada solamente por la accesión 589 y visualizada a una distancia lejana de los otros grupos a lo atribuyo que presento una floración tardía en comparación de los demás materiales, lo que podría deberse a una baja humedad de suelo provocando el aborto de cuadros.

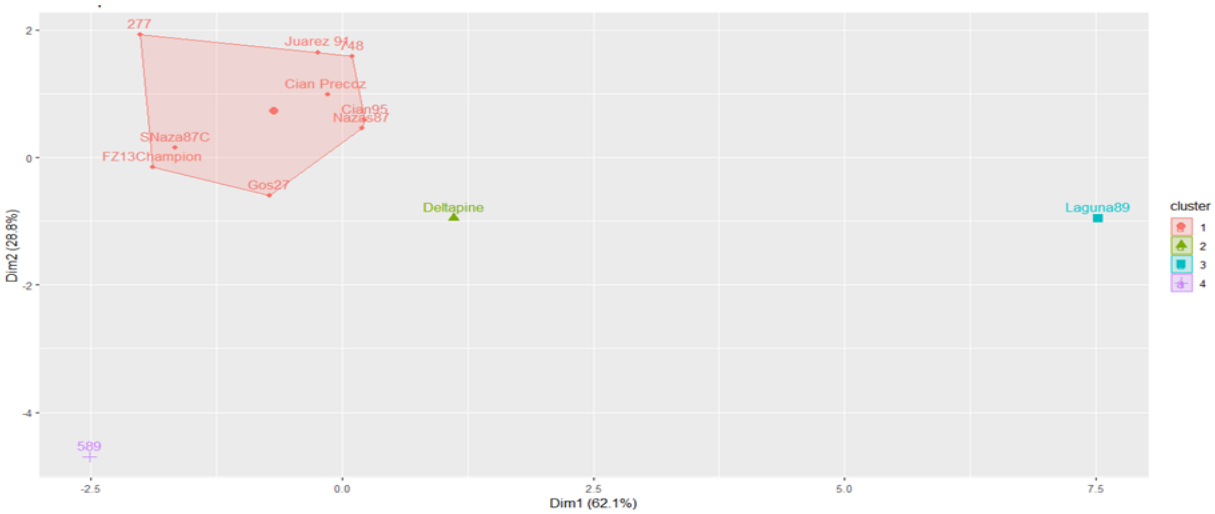


Figura 1. Componentes principales agrupando siete variedades convencionales y cinco accesiones para determinar la precocidad de los materiales P-V 2021

De las 13 variables evaluadas, solo 10 fueron altamente significativas (P ≤ 0.01), 583 y 589 presentan diferencias entre los demás materiales consideradas por el tipo de floración entre frutos son las más desagrupados. La accesión 584 fue la única con una pubescencia fuerte, característica que se denotan más en especie no tan domesticadas el cual contribuye a la resistencia al estrés por sequía principalmente, sin embargo, también protege a la planta en caso de bajas temperaturas (Molina, 2008), atenuando los efectos negativos de las

condiciones ambientales adversas sobre el estado fisiológico y el crecimiento, en el Cuadro 3 se muestran solamente algunas variables.

Para determinar el agrupamiento en la caracterización, solo se seleccionaron los materiales con la información completa (Figura 2), en el grupo I, el material Juárez 91 se vio influenciado por el grado de apertura fuerte, fue la que se distingue del resto de los demás materiales. El grupo II estuvo conformado por Cian Precoz, GOS-27 y Cian-95, y los tres por el tipo de prominencia de la punta. El grupo III por los genotipos FZ-13 y Nazas 87C tienen la posición del estigma al nivel de la antera, y el grupo IV estuvo conformada por Laguna-89, Nazas-87, 748, 277 y el testigo comercial, los cuales tuvieron una forma longitudinal de la bellota elíptica ancha y circular única variable que difieren, pero en las demás variables son iguales. Fernández y Rodríguez (2007), mencionan que el algodón nativo tiene ventajas agronómicas, debido a la variabilidad genética como la resistencia al ataque de insectos y Fernández *et al*. (2003) y López *et al*. (2020), sustenta que las especies nativas presentan una mejor adaptación a las condiciones adversas como la resistencia a la sequía. La variación de colecciones de germoplasma es utilizada para la identificación de genotipos para mejorar el rendimiento y precocidad por lo que la caracterización del germoplasma es de vital importancia para el mejoramiento, considerando los rasgos fenotípicos, la variación genética en diversos entornos (Bonilla *et al*., 2020 y Palomo *et al*., 2004).

Cuadro 3. Análisis no paramétrico con la prueba Kruskall-Wallis para siete caracteres

Genotipo	TF	GA	PH	CP	PE	FB	PPB
277	80.44 ab	134.8 a	125 a	420.26 ab	481.75 a	485.8 a	271.2 a
583	173 e	10.0 a	125 a	809.43 b	525.18 a	635.2 ab	457.54 bc
584	–	–	257 b	–	–	–	–
589	173 e	68.0 b	125 a	774.36 b	552.87 a		487.1 c
748	75 ab	117.3 cde	125 a	388.82 ab	546.34 a	324.87 a	433.82 bc
873	–	–	125 a	–	–	–	–
877	–	–	125 a	–	–	–	–
Cian 95	88.1 bc	129.7 de	125 a	375.50 ab	525.88 a	641.81 a	781.5 c
Cian precoz	127.3 cd	135.8 de	125 a	854.75 b	539.05 a	626.17 ab	755.0 c
FZ 13	85.89 b	134.8 de	125 a	357.13 a	244.42 a	269.8 a	399.3 ab
GOS 22	–	–	125 a	–	–	–	–
GOS 27	87.42 bc	64.8 b	125 a	375.5 a	488.84 a	504.74 a	775.4 c
Júarez 91	159.93 de	142.0 e	125 a	375.50 a	482.19 a	638.52 ab	392.7 ab
Laguna 89	75 ab	76.47 bc	125 a	397.34 ab	502.3 a	667.7 b	440.4 bc
Nazas 87	94.6 bc	119.63 de	125 a	375.5 a	539.05 a	370.74 a	302.9 a
Sub-Nazas	42.1 a	94.97 bcd	125 a	375.5 a	246.39 a	256.99 a	358.3 ab
Deltapine	81.53 ab	98.83 bcd	125 a	375.5 ab	527.47 a	360.78 a	400.1 ab
G.L	12	12	16	13	13	13	13

Sig: significancia estadística P ≤ 0.05 ***; TF: Tipo de Floración ***; GA: Grado de Apertura ***;



Figura 2. Agrupamiento de grupos de 11 materiales de acuerdo a la característica de la planta y caracterización basado en el descriptor varietal de la UPOV.

CONCLUSIONES

La variedad convencional Laguna-89 fueron similar al testigo comercial en el comportamiento del desarrollo del cultivo. Al menos hay más de un material en variedades convencionales y nativas mostraron valores categóricos similares al testigo comercial, así como características de la planta que puedan satisfacer las exigencias del productor algodonero.

REFERENCIAS

Bonilla-Barrientos, O.; Hernández-Leal, E.; Franco-Gaytán, I.; Maltos-Buendía, J. y Martínez-Yáñez, B. (2022). Etapas fenológicas en genotipos nativos y convencionales de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). XXXIV Semana Internacional de Agronomía celebrada del 07 al 09 de septiembre 2022. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) de la Facultad de Agricultura y Zootecnia.

Bonilla-Barrientos, O.; Hernández-Leal, E.; Verastegui-Chávez, J.; Maltos-Buendía, J.; Bautista-Ramírez, E.; Hernández-Bautista, A. y Isidro-Requejo, L. M. (2020). Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 43(1): 3-9.

Bonilla-Barrientos, O.; Lobato-Ortiz, R.; García-Zavala J.J.; Cruz-Izquierdo, S.; Reyes-López, D.; Hernández-Leal, E. y Hernández- Bautista, A. (2014). Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 37(2):129-139.

Fernández-Honores, A. y Rodríguez, E. F. (2007). Etnobotánica del Perú Pre-hispano. HerbariumTruxillense. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 256 p

Fernández, A.; Rodríguez, E.; Westengen, O. (2003). Biología y Etnobotánicadel algodón nativo peruano (*Gossypium* barbadense L., Malvaceae). Almadoa. 10(2): 92-100.

Huang, Gai; Huang, Jin-Quan; Chen, Xiao-Ya and Zhu, Yu-Xian. (2021). Recent Advances and Future Perspectives in Cotton Research. Annual Review of Plant Biology. 72:437–62

Khan, M. A.; Wahid, A.; Ahmad, M.; Tahir, M. T.; Ahmed, M.; Ahmad, S. and Hasanuzzaman M. (2020). In Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies (Eds: S. Ahmad, M. Hasanuzzaman), Springer Singapore, Singapore. p. 1.

López-Medina, S.E.; Mostacero-León, J.; Quijano-Jara, C. H.; Gil-Rivero, A.E. y Rabanal-Che León, Ma. F. (2020). Caracterización del fruto, semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre. Ciencia Tecnología Agropecuaría, Mosquera. 21(1): e1219.

Molina-Montenegro, M.A. (2008). Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Ecosistemas 17 (1): 146-154.

Pérez-Mendoza, C.; Tovar-Gómez, Ma. del Rosario; Obispo-González, Q.; Ruiz-Corra, J.A.; Legorreta-Padilla, F. de J.; Tavitas-Fuentes, L. y Jolalpa-Barrera, J.J. (2011). Recursos genéticos del algodón en México. Libro Técnico número 5. SAGARPA, INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur Campo Experimental Iguala.

Palomo, A.; Gaytán, A.; Faz, R.; Reta, D. and Gutiérrez, E. (2004). Cotton yield and fiber quality in response to nitrogen rate and number of irrigations. Terra Latinoamericana. 22(3): 299-305.

Ritchie, G. L., C. W. Bednarz, P. H. Jost and S. M. Brown. (2004). Cotton growth and development. The University of Georgia. Cooperative Extension. Bulletin 1252. Tifton, GA. USA.14.

Rosales-Robles, E. y Sánchez-De la Cruz, R. (2011). Manejo del crecimiento del algodonero en el norte de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico núm 51. ISBN: 978-607-425-532-4

UPOV (Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales. (2018). Descriptor varietal algodón (*Gossypium* L.). 23 p.

Wendel, JF y Albert, VA. (1992). Filogenética del género del algodón (*Gossypium*): análisis de parsimonia ponderada de carácter y estado de los datos del sitio de restricción del ADN del cloroplasto y sus implicaciones sistemáticas y biogeográficas. *sist. Bot.* 17, 115–143. doi: 10.2307/2419069.

Wu, K.M. and Guo,Y.Y. (2005). The evolution of cotton pest management practices in China. Annu. Rev. Entomol. 50:31–52. doi: 10.1146/annurev.ento.50.071803.130349

Yuan Daojun; Corrinne E. Grover; Guanjing Hu; Mengqiao Pan; Emma R. Miller; Justin L. Conover; Spencer P. Hunt; Joshua A. Udall y Jonathan F. Wendel. (2021). Parallel and Intertwining Threads of domestication in allopolyploid cotton. Revista Advanced Science 8(10): 2198-3844 https://doi.org/10.1002/advs.202003634

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE JABOTICABA (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) EN EL SITIO EXPERIMENTAL HUICHIHUAYAN

Vargas-Hernández Juan[1*]; Salinas-Morales José Luis[2]; Tochihuitl-Martiñon Guillermina Areli[3]; Ramos-Cruz Carlos Miguel[3]; Morales-Angulo Nallely[4]; Santiago-Hernández Anahí[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México. C.P. 78431.

[2]Programa de Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental General Terán. Km 31 Carretera Montemorelos-China. General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400.

[4]Universidad del Bienestar Benito Juárez. Av. La Hacienda. No Ext. 316. Tampate 1ra sección. Aquismón S.L.P. México. CP. 79773.

*Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo caracterizar el fruto de la Jaboticaba en el Sitio Experimental Huichihuayan del INIFAP, una fruta brasileña perteneciente a la familia Myrtaceae, que se introdujo en la Huasteca de San Luis Potosí como un cultivo alternativo. Aunque en México no existen estadísticas oficiales del cultivo, Morelos tiene establecido 4 hectáreas. Para el estudio, se seleccionaron aleatoriamente ocho árboles, de los cuales se recolectaron cuatro repeticiones de 30 frutos maduros de cada uno. Se realizaron tres cosechas en diferentes momentos después de la floración, desde marzo hasta junio de 2023 (a los 28, 70 y 110 días). La caracterización física del fruto se basó en el diámetro polar y ecuatorial, y también se determinó el rendimiento, la biomasa y el contenido de sólidos solubles. Los resultados mostraron una amplia variabilidad en el tamaño del fruto entre las plantas ($P \leq 0.05$), siendo el fenotipo uno el que registró los mayores valores en el diámetro polar y ecuatorial, mientras que las plantas 4 y 5 presentaron los menores valores. El diámetro de fruto polar y ecuatorial no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los dos primeros muestreos (28 y 70 días), pero disminuyó hasta un 30 % en el tercer muestreo (110 días), debido al estrés hídrico que experimentaron las plantas durante el llenado del fruto. La cantidad de

frutos y su biomasa por planta variaron significativamente (P ≤ 0.05) dependiendo de la etapa de maduración/cosecha. Las plantas muestreadas a los 70 días presentaron, en promedio, el doble de frutos y su biomasa en comparación con el primer y tercer muestreo. En cuanto al contenido de sólidos solubles, se observó que la primera cosecha tuvo la mayor concentración (17.5 °Brix), mientras que, en la segunda y tercera cosecha, esta concentración no superó los 12.5 °Brix.

Palabras clave: Jaboticaba, Myrtaceae, biomasa, calidad.

ABSTRACT

The objective of the study was to characterize the Jaboticaba fruit at the Huichihuayan Experimental Site of INIFAP, a Brazilian fruit belonging to the Myrtaceae family, which was introduced in the Huasteca of San Luis Potosí as an alternative crop. Although there are no official statistics on the crop in Mexico, Morelos has 4 hectares established. For the study, eight trees were randomly selected, from which four replicates of 30 mature fruits were collected from each. Three harvests were made at different times after flowering, from March to June 2023 (at 28, 70 and 110 days). Physical characterization of the fruit was based on polar and equatorial diameter, and yield, biomass and soluble solids content were also determined. The results showed a wide variability in fruit size among plants (P ≤ 0.05), with phenotype one recording the highest values in polar and equatorial diameter, while plants 4 and 5 presented the lowest values. Polar and equatorial fruit diameter did not show significant differences (P > 0.05) between the first two samplings (28 and 70 days), but decreased up to 30 % in the third sampling (110 days), due to the water stress experienced by the plants during fruit filling. The number of fruits and their biomass per plant varied significantly (P ≤ 0.05) depending on the ripening/harvest stage. Plants sampled at 70 days presented, on average, twice as many fruits and their biomass compared to the first and third sampling. Regarding the soluble solids content, it was observed that the first harvest had the highest concentration (17.5 °Brix), while in the second and third harvest, this concentration did not exceed 12.5 °Brix.

Key words: Jaboticaba, Myrtaceae, biomass, quality.

INTRODUCCIÓN

La Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) es una fruta originaria de la selva tropical atlántica brasileña y pertenece a la familia Myrtaceae (Alejandro *et al*., 2013, O. Berg, 2023). Se caracteriza por tener un color púrpura oscuro (Inada *et al*., 2015), el 50 % del fruto es cascará, el 10 % semilla y el 40 % pulpa (Almeida *et al*., 2015). La composición química reportados incluyen agua, carbohidratos (glucosa y fructosa), fibras, vitaminas, compuestos fenólicos y minerales (potasio, nitrógeno y magnesio) (Alejandro *et al*., 2013; Inada *et al*., 2015). Su consumo es como fruta fresca, se emplea en la industria alimentaria y en la elaboración de jugo, mermelada, jarabe, licor, bebidas fermentadas entre otros productos (Gurak *et al*., 2014). La jaboticaba tiene un gran potencial económico, alimenticio y uso comercial debido a sus atributos nutricionales.

En México no existen estadísticas oficiales del cultivo. Sin embargo, Morelos cuenta con cuatro hectáreas establecidas de jaboticaba, cuya producción se comercializa principalmente al estado de Puebla y Ciudad de México. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), estableció la Jaboticaba como cultivo alternativo para la región de la Huasteca Potosina, y contrarrestar los problemas fitosanitarios de los cultivos tradicionales de mayor importancia (cítricos, café y maíz), donde evaluó el crecimiento y adaptabilidad de la especie en los municipios El Naranjo, Ébano, Huehuetlán y Xilitla, San Luis Potosí, México (Ávila & Mireles, 2011). No obstante, no hay información documentada acerca de las características físicas y su rendimiento del fruto de esta especie y que permitan la selección de individuos en México. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar frutos de los materiales cultivares establecidos en sitio experimental Huichihuayan del INIFAP ubicado en San Luis Potosí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en el Sitio Experimental Huichihuayán del Campo Experimental San Luis del Centro de Investigación Regional Noreste del INIFAP, localizado a una latitud 21°28´21" N, longitud 98°58'37" W y altitud de 95 msnm, el clima de la región, según la clasificación de Köeppen es de tipo Cfa, cálido y templado, seco en invierno, con lluvias en el verano, con una temperatura media anual de 20 °C y precipitación de 1,659 mm. Las evaluaciones se realizaron en arboles de Jaboticaba de 22 años de edad, con un espacio entre surcos de 7 m por 6 m entre planta, con crecimiento libre, sin riego y sin fertilización.

Diseño de muestreo. Se seleccionaron ocho arboles distribuidos aleatoriamente en el área de estudio, utilizando cuatro repeticiones de 30 frutos maduros para cada uno de los árboles. La evaluación de los frutos de Jaboticaba se llevó a cabo una vez que estos alcanzaron su etapa de madurez (color púrpura oscuro en la epidermis del fruto). Se realizaron un total de tres cosechas a los 28, 70 y 110 días después de la floración, durante el periodo de marzo a junio del 2023. Los frutos se cosecharon manualmente, colocados en cajas de plástico y se trasportaron al laboratorio del INIFAP, posteriormente se seleccionaron frutos que no tuvieran daño mecánico; se lavaron con agua destilada para eliminar polvo o algún otro contaminante y se mantuvieron a temperatura ambiente durante el periodo de evaluación.

Variables evaluadas. Caracterización física; diámetro polar y ecuatorial del fruto se determinó con un vernier digital de la marca Truper, modelo CALDI-6MP; 14388, el rendimiento de frutos y su biomasa se obtuvo mediante una balanza de precisión marca Precisa, modelo XB-2200C (precisión 0.01 g). El contenido de sólidos solubles (grados Brix) en los frutos, mediante un refractómetro analógico portátil, con compensación de temperatura, se utilizaron 30 mediciones y así tener una lectura más precisa del contenido de sólidos solubles en la muestra.

Análisis estadístico. El estudio se desarrolló mediante un diseño experimental completamente al azar. entre plantas y muestreos, una planta como unidad experimental. Las variables se analizaron mediante ANDEVA y prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). La representación gráfica de los resultados se obtuvo con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific (versión 15.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dimensiones del fruto variaron significativamente ($P \leq 0.05$) entre las plantas y entre muestreos. Los mayores valores en el diámetro polar y ecuatorial se registraron en el fenotipo uno y los menores en las plantas 4 y 5 (Figura 1 A), por lo que existe amplia variabilidad en el tamaño del fruto entre plantas, esta variabilidad genética es un factor importante en la selección de genotipos. Salinas-Morales *et al*. (2022) informaron que la variabilidad genética juega un papel importante entre fenotipos, que tienen como objetivo garantizar la selección de frutos con alta calidad y rendimiento de semillas por planta.

El diámetro de fruto polar y ecuatorial no difirió ($P > 0.05$) entre los dos primeros muestreos (28 y 70 días), aunque en el tercer muestreo (110 días) estas dimensiones disminuyo hasta un 30 % respecto a los dos primeros muestreos (Figura 2 B). Esto se debe a que las plantas presentaban estrés hídrico durante el llenado del fruto. Los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por Oliveira-Baptista *et al*. (2022), quienes observaron que no existía diferencia entre el diámetro longitudinal y ecuatorial de frutos de varios genotipos brasileños de Jaboticaba. Esto sugiere que las dimensiones de los frutos evaluados durante las primeras dos cosechas están dentro de los parámetros reportados en genotipos brasileños.

El número de frutos y su biomasa por planta, varió significativamente ($P \leq 0.05$) en dependencia de la etapa de maduración/cosecha. Las plantas de la segunda cosecha (70 días) presentaron en promedio el doble de frutos y de su biomasa respecto al primer y tercer muestreo (Figura 2 A y B).

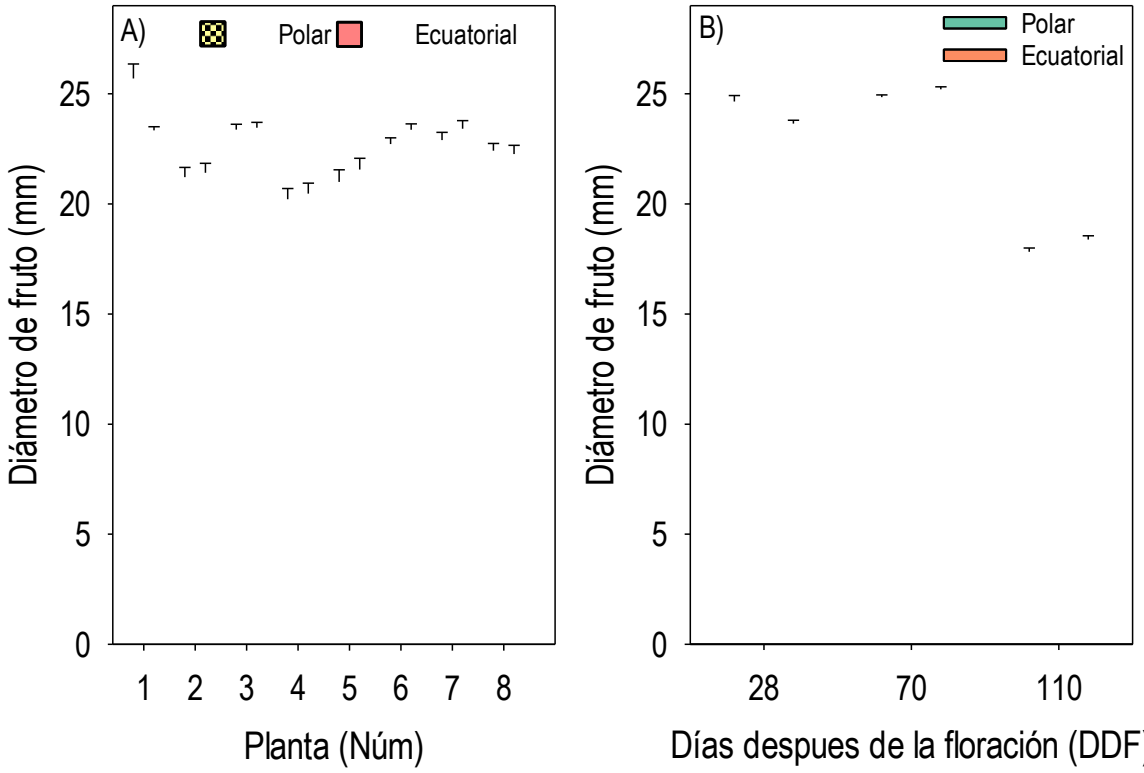


Figura 1. Promedio (+ E.E.) del diámetro de fruto por planta (A), diámetro por cosechas después la floración (B), por planta de Myrciaria jaboticaba (Vell.) Berg., en el Sitio Experimental en Huichihuayán, Municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí, México.

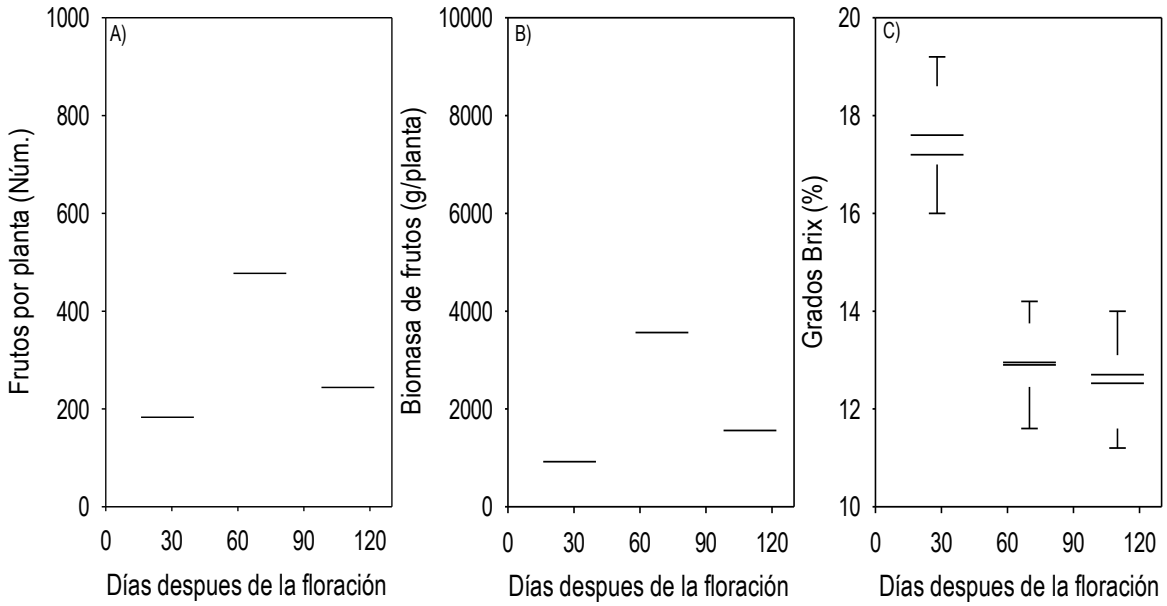


Figura 2. Número de frutos (A), de su biomasa por planta (B) y contenido de sólidos solubles de frutos "°Brix" (C), por coscha en plantas de *Myrciaria jaboticaba* L., de la localidad Huichihuayan, Municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí, México.

La cantidad de frutos por planta y entre fechas de cosecha, como componente del rendimiento, está relacionada directamente con la producción de semillas (Salinas-Morales *et al*., 2022). Estas últimas tienen importancia central en el presente estudio, ya que es el insumo crítico en los sistemas agrícolas. Es decir, para el cultivo, multiplicación y selección de individuos, en campo de cultivo, es necesario contar con semilla suficiente y de buena calidad (Salinas-Morales *et al*., 2022). En este estudio se demostró que las poblaciones de Jaboticaba, del estado de San Luis Potosí, producen en promedio de 520 a 780 semillas por planta. En contraste, el número promedio de semillas por fruto es un carácter homogéneo, además, la calidad física y fisiológica de las semillas muestreadas está actualmente en proceso, para complementar la información.

La mayor concentración de sólidos solubles en los frutos se obtuvo en la primera cosecha (17.5 °Brix), en la segunda y tercera cosecha, ésta no superó los 12.5 °Brix (Figura 2 C). De acuerdo con Aparicio-Huerta *et al*. (2016) reportan que plantas de jaboticaba, provenientes de Yautepec, Morelos, México, presentaron entre 18.4 y 12.2 °Brix en la etapa de madurez de consumo. En otro estudio reportado por Boari *et al*. (2008) encontraron que las variedades Paulista y Sabará tuvieron contenido de 14.5 °Brix. Esto permite suponer

que la fruta de jaboticaba evaluada en el presente trabajo mostró mayor contenido de solidos solubles que las variedades brasileñas, pero similar a los frutos cosechados en Morelos.

CONCLUSIONES

Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la selección adecuada de individuos y el manejo del cultivo de Jaboticaba en la región, lo que podría contribuir al desarrollo de esta fruta como una alternativa viable en la agricultura local. Sin embargo, es importante tener en cuenta que se requiere una mayor investigación y documentación para comprender completamente las características físicas y el rendimiento de la especie, lo que permitirá una implementación más sólida y exitosa del cultivo en la zona.

REFERENCIAS

Alejandro, MR, Granato, D. y Genovese, MI. 2013. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), una fruta brasileña parecida a la uva, mejora el perfil de lípidos plasmáticos en el estrés oxidativo mediado por estreptozotocina en ratas diabéticas. Food Research International, 54 (1):650-659.

Ávila Ayala, R., & Mireles Rodríguez, E. 2011. Jaboticaba, frutal de alternativa para la Sierra Huasteca Potosina. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Desplegable para Productores. Núm. 36. diciembre de 2011. Recuperado de http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/870.pdf.

Baptista-Olivera, J., Lopes, J. C., Schmildt, E. R., da Silva de Souza, T., Filho, A. M. M., de Oliveira, J. P. B., da Silva Ferreira, M. F., de Almeida, F. A. N., Simoes, I. M., & Alexandre, R. S. 2022. Jaboticaba genotypes: Analysis of fruits, seeds, and artisanal wine. Australian Journal of Crop Science, 16(8):1038-1046.

Gurak, PD, De Bona, GS, Tessaro, IC y Marczak, LDF. 2014. Polvo de orujo de jaboticaba obtenido como coproducto de la extracción del jugo: un estudio comparativo del polvo obtenido de la cáscara y la fruta entera. Food Research International, 62: 786-792.

Inada, KOP, Oliveira, AA, Revorêdo, TB, Martins, ABN, Lacerda, ECQ, Freire, AS, & Monteiro, MC. 2015. Cribado de la composición química y antioxidantes presentes en frutos de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba*) y jussara (Euterpe edulis) y sus fracciones. Revista de Alimentos Funcionales, 17(1): 422-433.

Lima, A. D. J. B., Corrêa, A. D., Alves, A. P. C., Abreu, C. M. P., & Dantas-Barros, A. M. 2008. Caracterização química do fruto jabuticaba (Myrciaria cauliflora Berg) e de suas frações. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 58(4): 416.

O. Berg EG in Hassler, M. 2023. Myrciaria jaboticaba (Vell.). Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World. In O. Bánki, Y. Roskov, M. Döring, G. Ower, D. R. Hernández Robles, C. A. Plata Corredor, T. Stjernegaard Jeppesen, A. Örn, L. Vandepitte, D. Hobern, P. Schalk, R. E. DeWalt, M. Keping, J. Miller, T. Orrell, R. Aalbu, J. Abbott, R. Adlard, E. M. Adriaenssens, et al., Catalogue of Life Checklist (15.3, May 2023). https://doi.org/10.48580/dfsr-3dd

Salinas Morales, J.L., Peña-Valdivia, C.B., Trejo, C., Vázquez Sánchez, M., López Palacios, C., & Padilla Chacón, D. 2022. Componentes del rendimiento de *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. en Guerrero, México. Polibotánica, (54), 101-121.

Tejacal, I. A., Aparicio-Huerta, M., Pérez-Arias, G. A., Guillén-Sánchez, D., Juárez-López, P., & Palacios-Sosa, A. M. 2016. Propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante en frutos de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* (Mart.) o. Berg.) en diferentes etapas de maduración. Acta Agrícola y Pecuaria, 2(3):78-85.

CARACTERIZACION DE PRODUCTORES QUE DESHIDRATAN PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS MEDIANTE ENERGIA SOLAR

Venancio Cuevas Reyes[1*], Mercedes Borja Bravo[2], Nicolás Morales Castillo[3], Silvia Xóchitl Almeraya-Quintero[4] y Blanca I. Sánchez Toledano[5]

[1]INIFAP-Campo Experimental Valle de México. [2]INIFAP-Campo Experimental Pabellón, [3]Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte, [2]Colegio de Postgraduados-Postgrado en Desarrollo Rural. Campus Montecillo [3]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas.

***cuevas.venancio@inifap.gob.mx**

RESUMEN

En un escenario de mercados agropecuarios complejos, dinámicos y globales, la asociatividad de los productores y la integración a las cadenas de valor agroalimentarias resulta indispensable para comercializar con éxito sus productos y al mismo tiempo se reduzcan las pérdidas post cosecha. Mediante muestreo por “bola de nueve” se entrevistaron a 30 productores que deshidratan alimentos mediante energía solar, la información fue analizada mediante estadísticas descriptivas. El objetivo fue caracterizar e identificar la percepción que tienen sobre la organización productores que deshidratan productos agroalimentarios en Morelos, Zacatecas. De los productores encuestados el 93 % fueron hombres y 6.7 % mujeres, en edad promedio de 48 años, aunque esta osciló entre los 25 y 75 años. La experiencia que tuvieron estos productores en el deshidratado de productos agrícolas fue de 20 años en promedio y producen maíz, frijol, chile, nopal, ajo, cebada, tomate y cebolla. El 100% de los encuestados consideran necesario organizarse, y el 58 % pueden comprometerse a trabajar de manera conjunta y firmar convenios de colaboración. Los encuestados opinan que para lograr una organización exitosa de productores que deshidratan se debe hacer lo siguiente: definir claramente las reglas del juego en cuanto a funciones, responsabilidades y objetivos.

Palabras clave: alimentos, desperdicios, energía solar.

ABSTRACT

In a scenario of complex, dynamic and global agricultural markets, the associativity of producers and integration into agri-food value chains is essential to successfully market their products and at the same time reduce post-harvest losses. By means of “9ball” sampling, 30 producers who dehydrate food using solar energy were interviewed; the information was analyzed using descriptive statistics. The objective was to characterize and identify the perception that producers who dehydrate agri-food products in Morelos, Zacatecas have about the organization. Of the producers surveyed, 93% were men and 6.7% women, with an average age of 48 years, although this ranged between 25 and 75 years. The experience that these producers had in dehydrating agricultural crops was an average of 20 years and they produce corn, beans, chili, nopal, garlic, barley, tomato, and onion. 2. 100% of those surveyed consider it necessary or convenient to organize, and 58% can commit to work together and sign collaboration agreements. The respondents believe that in order to achieve a successful organization of dehydrating producers, the following must be done: clearly define the rules of the game in terms of functions, responsibilities and objectives.

Key words: food, waste, solar energy.

INTRODUCCION

La mayor parte de la literatura define la creación de valor en los agronegocios como “agregar valor económico a un producto al cambiar sus características actuales de lugar, tiempo y forma a características más preferidas en el mercado” (Coltrain *et al.,* 2000; Anderson y Hanselka, 2009). De esta forma, la agregación de valor es la creación de valor por parte de diferentes actores en distintas etapas de la cadena de valor por las que pasa un producto agrícola hasta llegar al consumidor final. Coltrain *et al.* (2000) da una definición más específica al dar un ejemplo de valor agregado en la agricultura: “agregar económicamente valor a un producto agrícola (como el trigo) al procesarlo en un producto (como la harina) deseado por los clientes (como los panaderos)”.

La pérdida de producto de los cultivos agrícolas, debido a su perecibilidad y otros factores (clima, manejo productivo y pos cosecha, entre otros), ocasionan pérdidas económicas a los pequeños productores agrícolas. En principio, la perecibilidad de la producción agrícola

presenta “problemas en el manejo de cosechas, su transporte y los períodos que van entre la recolección de bienes y el consumo final” (Reyes, 2011). Los alimentos se pierden o desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en los hogares (FAO, 2012). Existen soluciones eficaces a lo largo de toda la cadena alimentaria para reducir la cantidad total de alimentos que se pierden o desperdician. Las acciones no deben orientarse únicamente hacia partes aisladas de la cadena, ya que lo que se hace (o no) en una parte tiene consecuencias en el resto.

En los países de bajos ingresos, las medidas deberían ir dirigidas, en primer lugar, hacia el productor, mejorando las técnicas de cultivo, la educación de los agricultores, las instalaciones de almacenamiento y las cadenas de refrigeración (FAO, 2012), o bien a promover la deshidratación de productos agroalimentarios. Peinado *et al*. (2016) señalan que la deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos, que consiste en extraer una buena parte de la humedad de los alimentos, para que no se descompongan. La conservación de alimentos permite alargar la vida útil de las frutas y poder tener acceso a mercados más distantes; también se puede contar con frutas en temporadas que normalmente no se producen, logrando así mejores precios. Además, con la deshidratación, al eliminarse el agua se concentran los azúcares naturales haciendo que el sabor sea más intenso sin la necesidad de añadir azúcar, ni aditivos o conservadores, por lo tanto, los alimentos conservan sus nutrientes y aroma, obteniendo un producto saludable. Esta técnica se puede aplicar a frutas, verduras y hortalizas, carnes o pescados, entre otros (Bozalongo, 2021). Sin embargo, como toda tecnología, la aplicación de la deshidratación termosolar requiere que los productores conozcan la tecnología, que la apliquen, y que los resultados que obtengan sean favorables a sus intereses y recursos.

La deshidratación termosolar, como se ha indicado existe desde hace muchos años, pero la deshidratación a mediana escala utilizando energía solar, requiere de la existencia de tecnología y también de interés y organización de los productores para poder mantener instalaciones, gestionarla y utilizar una planta a lo largo del año. En Morelos, Zacatecas existe una planta solar en la cual se ha iniciado mediante un proyecto de investigación la difusión y deshidratación de productos agroalimentarios de productores de la franja Zacatecana. Ante ello, el objetivo fue caracterizar e identificar la percepción que tienen

sobre la organización productores que deshidratan productos agroalimentarios en Morelos, Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación de la Zona de estudio

La extensión territorial total que tiene Morelos es de 172 km^2, y está a una altura promedio de 2,348 metros sobre el nivel del mar, se encuentra entre las coordenadas geográficas 22° 53' 12" latitud norte y 102° 36' 45" longitud oeste. El clima pertenece a la clasificación BWwh, con temperatura media de 14 a 16° C, con una precipitación aproximada de 420 mm. Las temperaturas mínimas se presentan en los meses de diciembre, enero y febrero, siendo la mínima media mensual alrededor de los 0° centígrados. Las temperaturas máximas se registran durante los meses de mayo y junio, llegando a alcanzar hasta más de 30 grados centígrados (INEGI, 2021).

Selección de productores y encuesta

Para cumplir el objetivo sé aplicaron 30 encuestas a productores de productos deshidratados en el estado de Zacatecas, durante los meses de septiembre y octubre de 2022. Se utilizó el muestreo por bola de nieve que consistió en identificar a una persona de interés, la cual proporciona el nombre de otra, que a su vez menciona el nombre de un tercero, así sucesivamente (Baltar y Gorjup, 2012). Se optó por este muestreo debido ya que no se conocía la ubicación geográfica de los productores y la población de interés es un número reducido, lo que provocó dificultad para identificarlos.

La encuesta aplicada se estructuró para captar información referente a los siguientes puntos:

1. Datos generales del productor
2. Datos de producción
3. Datos de la empresa deshidratadora
4. Comercialización de productos deshidratados
5. Conexiones con otros productores

6. Proveedores
7. Capacitación y conocimiento
8. Organización
9. Crédito
10. Apoyos gubernamentales
11. Problemas de la producción y comercialización de deshidratados

Adicionalmente, se diseñó y aplicó vía electrónica una encuesta de percepción para los productores registrados como usuarios en la planta termo solar en Zacatecas. Las preguntas fueron orientadas a identificar su disposición a la organización y necesidades para poder realizarlo. El análisis de la información fue mediante estadísticas descriptivas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de los productores encuestados

De los productores encuestados el 93 % fueron hombres y 6.7 % mujeres, en edad promedio de 48 años, aunque esta osciló entre los 25 y 75 años. La experiencia que tuvieron estos productores en el deshidratado de agrícolas fue de 20 años en promedio y producen maíz, frijol, chile, nopal, ajo, cebada, tomate y cebolla. El 40 % de los universitarios tuvieron un nivel de estudios de licenciatura y 13.4 % estudios de posgrado (Cuadro 1). El 83.3% de los productores encuestados se dedican a la agricultura. El 13.3 % se dedican a actividades agrícolas y ganaderas; mientras que el 16.7% tienen negocio propio. Finalmente, el 26.7% de los encuestados combinan la agricultura y ganadería con un empleo como la docencia, transportistas, comercio y agroindustria. Como se observa, existe una amplia diversidad en los productos y actividades que realizan, esto los hace similares a los campesinos argentinos que persisten en la actividad frutícola, porque tienen como eje común una creciente diversificación productiva, de mercados y de ingresos (Craviotti y Palacios, 2013).

Cuadro 1. Variables sociodemográficas de los productores.

Variable	Número de productores	Porcentaje (%)
Edad (años)		
21-30	4	13.3
31-40	5	16.7
41-50	7	23.3
51-60	7	23.3
más de 60	7	23.3
Nivel de estudios		
Primaria	2	6.7
Secundaria	8	26.7
Preparatoria	4	13.3
Universidad	12	40.0
Posgrado	4	13.4
Años de experiencia		
0-10	11	36.7
11-20	7	23.3
21-30	4	13.3
31-40	7	23.3
41-50	1	3.3
Integrantes de familia		
0-5	23	76.7
6-10	5	16.7

11-15	2	6.7

Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022).

El 50% de los productores encuestados tiene una empresa legalmente constituida, donde comercializan los productos deshidratados. El 50 % restante no tienen una empresa legalmente constituida, pero funcionan como comercializadoras informales. Los productores reportan que en promedio tienen 14±13 años de estar funcionando como empresas formales e informales, mencionaron que en promedio generan anualmente 13±21 empleos permanentes y 34±35 empleos eventuales.

Los productores encuestados deshidratan chile, ajo, nopal, higo, cebolla. La tendencia que mostraron los productores fue en el deshidratado de chiles (Figura 2), y es derivada de la tradición productiva del estado, ya que, a nivel nacional, Zacatecas se caracteriza por ser el principal productor de chile seco. El 50 % de los encuestados fueron productores que cultivan su propia materia prima para los productos deshidratados que producen; mientras que el 40 % compra materia prima, el 6.6 % compra materia prima según la temporada y el 4 % se autoabastece de sus cultivos y compra.

El porcentaje de ingresos que perciben los productores oscilan entre el 10 al 80 % derivado de productos deshidratados, pero en promedio se puede decir que un productor que deshidrata sus productos percibe el 43 % de sus ingresos de las ventas de estos productos.

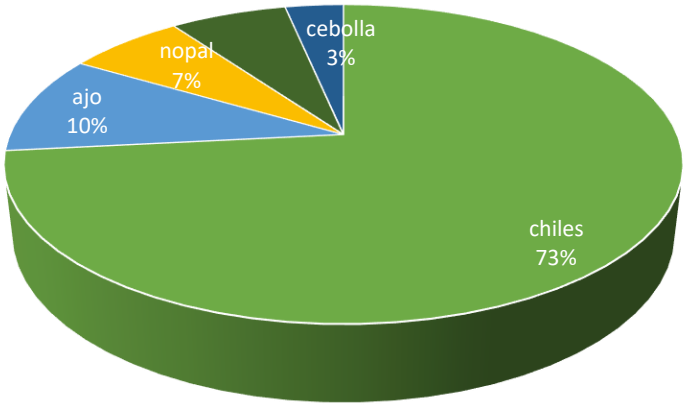


Figura 2. Principales productos deshidratados en Zacatecas. Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022).

Percepción de los productores que deshidratan productos en la planta termo solar en Zacatecas

Actualmente en la planta termo solar localizada en Morelos, Zacatecas, hay un grupo de productores que están deshidratando diversos productos, al encuestar a 12 de ellos sobre la conveniencia de organizarse emitieron las siguientes opiniones:

1. De acuerdo con la Figura 3 a la mayoría de los productores les interesa reducir las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas y ven al deshidratado como una estrategia para aumentar la vida de anaquel de productos que son perecederos. De esta manera pueden hacer una mejor gestión de los riesgos en los mercados expresados en bajos precios, falta de demanda o tardanza en la comercialización. Los productos específicos para deshidratar fueron jitomate, ajo, cebolla, chiles, apio, cilantro, nopal, durazno, fresa, piña, pera, mango, kiwi, manzana, plátano y guayaba.

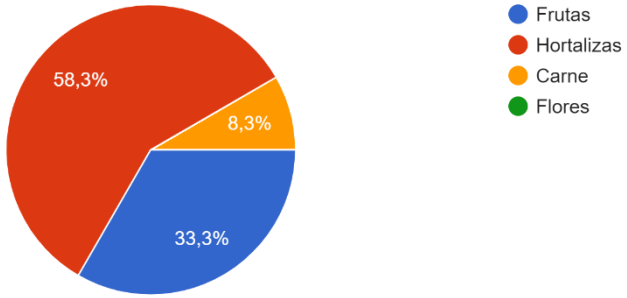


Figura 3. Tipo de productos que interesa deshidratar en la agricultura zacatecana. Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022)

2. El 100% de los encuestados consideran necesario o conveniente organizarse con otros productores para usar la energía solar en procesos postcosecha que den valor agregado a sus productos sin usar combustibles fósiles. La Figura 4 muestra el interés por hacer asociación con otros actores de la cadena agroalimentaria, donde sobresalieron los comercializadores y la industria alimentaria, debido a que los productores los visualizan como sus potenciales compradores. La Figura 5 muestra para qué quieren organizarse con un 40% de respuestas referentes a gestionar proyectos tecnológicos.

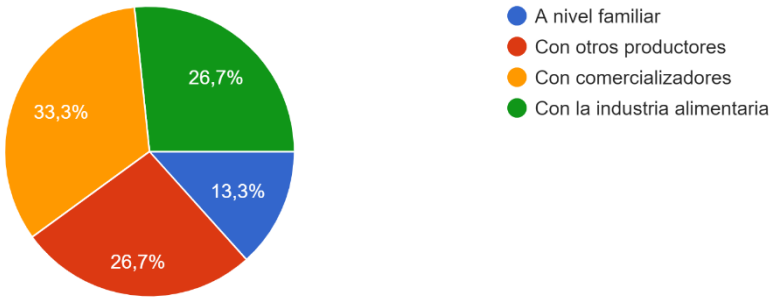


Figura 4. Tipo de actor con el que considera organizarse y aprovechar la energía solar. Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022)



Figura 5. Aspectos para los cuales es conveniente organizarse. Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022)

3. Cuando se les preguntó qué estarían dispuestos a aportar en una organización, la Figura 6 indica que el 58% pueden comprometerse a trabajar de manera conjunta y firmar convenios. En cuanto a si la experiencia que han tenido en otra organización ha sido muy buena, buena o regular, la respuesta se divide en un tercio cada una.

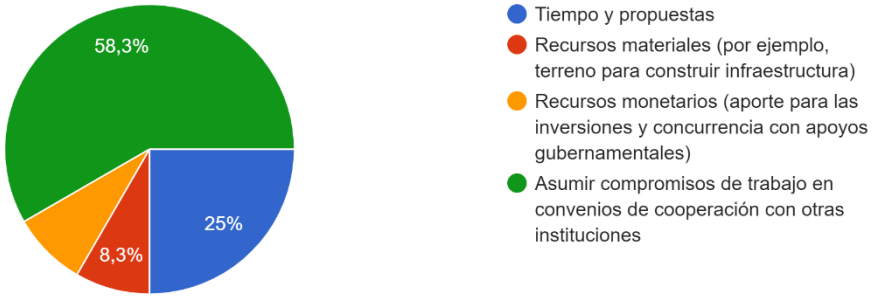


Figura 6. Disposición para aportar en una organización. Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022)

Al preguntar su opinión de porqué fracasan las organizaciones de productores las respuestas más frecuentes son las siguientes:

- Por mala organización y no hay planeación
- Por los intereses personales donde cada uno los defiende para sí mismo y no para el grupo

- Falta de administración
- Por falta de un líder que dé seguimiento
- Por la falta de visión empresarial
- Por la falta de objetivos en común
- Por la diversidad de ideas e intereses que el líder no sabe conciliar

En contraste, en un estudio realizado en Sudáfrica con agricultores sobre los factores que inciden en la unidad de producción encontraron que la ubicación de la unidad de producción, la participación en el proyecto, el tipo de empresa agrícola, el número de empresas y la composición de género influyeron significativamente en la decisión del agricultor de participar en la adición de valor (Melembe *et al.,* 2021)

CONCLUSIONES

Los productores de deshidratados de Morelos, Zacatecas ven la necesidad de organizarse para generar valor en sus productos agropecuarios. Para lograrlo se debe hacer lo siguiente: definir claramente las reglas del juego en cuanto a funciones, responsabilidades, toma de decisiones y manejo administrativo; contar con un equipo administrativo profesional; definir objetivos comunes y hacer planeación estratégica para lograrlos; capacitarse en desarrollo empresarial y trabajo en equipo, realizar reuniones y rendición de cuentas frecuentes.

REFERENCIAS

Anderson, D. P., & Hanselka, D. (2009). Adding Value to Agricultural Products. Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/4274837.

Baltar, F. & Gorjup, M. T. (2012). Muestreo mixto online: Una aplicación en poblaciones ocultas. Intangible capital. 18 (1): 123-149.

Bozalongo, RT. (2021). Planta de deshidratación de liofilización de alimentos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla. Tesis de Magister. Sevilla, España. https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/72142/fichero/TFM-2142+BOZALONGO+RODR%C3%8DGUEZ%2C+TATIANA.pdf

Coltrain, D., Barton, D., & Boland, M. (2000). Value Added: Opportunities and Strategies. https://agmanager.info/sites/default/files/VALADD10%25202col.pdf

Craviotti, C., y Palacios, P. (2013). La diversificación de los mercados como estrategia de la agricultura familiar. Revista De Economia E Sociologia Rural, 51(1): s063–s078. https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000600004

FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma. https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf

INEGI. (2021). Panorama sociodemográfico de México. Zacatecas. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198053.pdf

Melembe, T., Senyolo, G. M., & Mmbengwa, V. M. (2021). Factors influencing value-addition agricultural choice within smallholder farming agribusinesses of Gauteng Province in South Africa. J. Agribus. Rural Dev., 2(60), 183–191. http://dx.doi.org/10.17306/J.JARD.2021.01374

Peinado, M. J. L., Vidal H. R., Grado D. J. A., & Gándara F., J. A. (2016). Deshidratación de alimentos utilizando energía solar térmica. Cultura Científica Y Tecnológica, (50). Recuperado a partir de https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/93 .

Reyes, G. E. (2011). Problemas estructurales del sector agrícola y subsidio recurrente a otros sectores económicos en América Latina. Revista de Ciencias Sociales (Ve), 17(3):503-516.

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA Y DESCRIPCIÓN AGRONÓMICA DE UN VERTISOL DEL BAJÍO GUANAJUATENSE

HYDRODYNAMIC CHARACTERIZATION AND AGRONOMIC DESCRIPTION OF A VERTISOL FROM GUANAJUATO'S LOWLAND

Alejandro Rodríguez Guillén[1*], Salvador Villalobos Reyes[2], Pedro Antonio Dávalos González[3].

alejandrorodriguezguillen1@gmail.com

[1,2,3]Investigador en suelos, horticultura protegida y mejoramiento genético, respectivamente. Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Km 6.5 carr. Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto.

RESUMEN

A nivel mundial se considera que los Vertisoles (del latín *vertex*: voltear) cubren 335 millones de ha y se presentan principalmente en los trópicos semiáridos, con una precipitación media anual de 500 a 1,000 mm, y también se encuentran en los trópicos húmedos. En México ocupan 9.5 millones de ha, representando 8.3% del territorio nacional y se consideran los suelos más productivos del país y ocurren en diferentes zonas agroecológicas. De esa superficie, 18% son agricultura de temporal y 29.87% de riego. Estos suelos forman unidades puras con pocas asociaciones con otras clases de suelo, los cuales se concentran principalmente en el Altiplano Mexicano (Guanajuato y Querétaro) y en las planicies costeras del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco). También se encuentran en el Eje Neovolcánico Transmexicano en Michoacán, Morelos, Estado de México y Querétaro y en los distritos de riego de Sonora y Sinaloa. En Guanajuato los suelos de interés agrícola predominantes son los Vertisoles con 53.4% (554,051 ha) y, en menor grado, los Feozem con 33.1% (337,760 ha), lo que representa el 86.5% del total estatal y la mayoría de las áreas agrícolas se localizan en las partes bajas ("El Bajío"). Los Vertisoles se originan a partir de rocas ígneas o sedimentarias por meteorización o sedimentación, donde se acumulan arcillas tipo 2:1. Se localizan principalmente en depresiones y áreas planas a onduladas, en climas tropicales, subtropicales, semiáridos a subhúmedos y húmedos, con una alternancia clara entre la estación seca y húmeda. Las condiciones ambientales que conducen a la formación de un horizonte vértico o propiedades vérticas son aquellas donde ocurre suficiente precipitación pluvial para permitir el intemperismo de

los materiales parentales, pero no tan alta como para producir la lixiviación de bases; además de periodos secos, drenaje restringido y altas temperaturas (ISRIC, 2013). Contienen más de 30% de arcillas, y se mezclan constantemente por procesos de expansión y contracción, dando como resultado grietas profundas en la estación seca, caras de deslizamiento y agregados en forma de cuña. Estos suelos presentan grietas anchas y profundas en época de sequía. Son suelos muy duros, arcillosos y masivos. Frecuentemente de color negro, gris oscuro y rojizo. En general, los Vertisoles son suelos de más de 25 cm de profundidad; sin embargo, en Guanajuato la profundidad promedio es de 1 m o más y son susceptibles a la salinización y medianamente a la erosión (INEGI, 2009), aunque Castellanos (2000) indica que son de baja susceptibilidad a la erosión, pueden ser suelos muy fértiles y de alto potencial productivo si se manejan apropiadamente. El microrelieve gilgai es peculiar en estos suelos, aunque no se encuentra comúnmente. La vegetación predominante es de sabana, bosque o pastizal (Coulombe *et al*., 2000) pero, en El Bajío, la vegetación natural es muy variada. En un Vertisol típico de El Bajío, usando la olla y la membrana de presión se determinó el contenido volumétrico de humedad (θ) a tres profundidades (15, 30 y 60 cm) con el propósito de elaborar las curvas características de retención de humedad, los valores de humedad (Ps) para capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y humedad aprovechable (Ha), los parámetros hidrodinámicos: θ_r ($cm^3\ cm^{-3}$), θ_s ($cm^3\ cm^{-3}$), ψ_d, n, m y K_s ($cm\ d^{-1}$), la densidad aparente (δ) y se realizó una prueba de infiltración usando el infiltrómetro de doble cilindro.

Palabras clave: tensión hídrica, PMP, CC, curvas de retención de humedad e infiltración.

ABSTRACT

Worldwide, Vertisols (from the Latin *vertex*: flip to mix) are considered to cover 335 million ha and occur mainly in the semi-arid tropics, with a mean annual rainfall of 500 to 1,000 mm, and are also found in the humid tropics. In Mexico they occupy 9.5 million ha, representing 8.3% of the national territory and are considered the most productive soils in the country and occur in different agroecological zones. Of that surface, 18% are rainfed agriculture and 29.87% irrigated. These soils form pure units with few associations with other soil classes, which are mainly concentrated in the Mexican Altiplano (Guanajuato and Querétaro) and in the coastal plains of the Gulf of Mexico (Tamaulipas, Veracruz and Tabasco). They are also

found in the Trans-Mexican Neovolcanic Axis in Michoacán, Morelos, the State of Mexico and Querétaro and in the irrigation districts of Sonora and Sinaloa. In Guanajuato, the predominant soils of agricultural interest are Vertisols with 53.4% (554,051 ha) and, to a lesser degree, Feozem with 33.1% (337,760 ha), which represents 86.5% of the state total and most of the agricultural areas. They are located in the lower parts ("El Bajío"). Vertisols originate from igneous or sedimentary rocks by weathering or sedimentation, where 2:1 type clays accumulate. They are located mainly in depressions and flat to undulating areas, in tropical, subtropical, semi-arid to sub-humid and humid climates, with a clear alternation between the dry and humid season (ISRIC, 2013). They contain more than 30% clays, and are constantly mixed by expansion and contraction processes, resulting in deep cracks in the dry season, slip faces, and wedge-shaped aggregates. These soils present wide and deep cracks in the dry season. They are very hard, clayey and massive soils. Often black, dark gray and reddish. In general, Vertisols are soils more than 25 cm deep; however, in Guanajuato the average depth is 1 m or more and they are susceptible to salinization and moderately to erosion (INEGI, 2009), although Castellanos (2000) indicates that they are low susceptibility to erosion, they can be very fertile soils and high productive potential if properly managed. Gilgai microrelief is peculiar to these soils, although it is not commonly found. The predominant vegetation is savannah, forest or grassland (Coulombe et al., 2000) and, in El Bajío, the natural vegetation is highly varied. In a typical Vertisol from El Bajío using the pot and the pressure membrane, the volumetric moisture content (θ) at three depths (15, 30 and 60 cm) was determined with the purpose of developing the moisture retention characteristic curve, moisture values (Ps) for field capacity (FC), permanent wilting point (PWP) and usable moisture (Ha), hydrodynamic parameters: θr ($cm^3\ cm^{-3}$) [assumed zero], θs ($cm^3\ cm^{-3}$), ψd, n, m and Ks ($cm\ d^{-1}$), bulk density (δ), an infiltration test was performed using the double cylinder infiltrometer.

Keywords: water stress, PWP, FC, moisture retention curves and infiltration curve.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los Vertisoles de El Bajío están sumamente degradados porque durante más de 70 años han sido sometidos a una intensa explotación mediante el sistema de rotación gramínea-gramínea y a la tradicional quema de los residuos de cosecha, por lo que el contenido de materia orgánica original se redujo a valores de 1.8% o menos (Grageda *et al*., 1999). Es indiscutible que para mejorar la velocidad de infiltración de agua y la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, así como para favorecer las relaciones hídricas con los cultivos (mayor disponibilidad de humedad para las raíces, disminución de la evaporación directa), se debe incrementar el contenido de materia orgánica. Se han realizado intentos para ello mediante la adopción de la labranza de conservación y se ha promovido la adopción de esta tecnología. Sin embargo, la situación es que no se aprecia un cambio significativo en la rehabilitación de la fertilidad natural de estos suelos.

En un estudio reciente se muestrearon 154 lotes agrícolas, donde se encontró que el 85.7% del total son suelos son desde medianamente pobres en el contenido de materia orgánica (fluctuando de 1.21 a 1.80%) a extremadamente pobres (0.0 a 0.6%); el 12.3% son medianos (1.8 a 2.4%) y solamente el 1.9% son medianamente ricos (2.4 a 3.0%) (Aguilar *et al*., 2023). Por tal razón, es necesaria la implementación de prácticas agrícolas y de manejo del suelo cuyo propósito se enfoque a incrementar su contenido orgánico, tanto en el perfil como en la superficie (Vuelvas *et al*., 2000). Con estas prácticas, el suelo se mejora tanto en sus propiedades y **características físicas** (estructura; densidad aparente; permeabilidad al agua y al aire; velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento y retención de humedad, aireación e intercambio gaseoso; menor compactación y resistencia al laboreo, etc.), así como **químicas** (nivel de fertilidad en relación a su capacidad para abastecer de los nutrientes esenciales para los cultivos), y **biológicas** (mayor cantidad y diversidad de fauna y flora edáfica de naturaleza benéfica). Es decir, con todo lo anterior se consigue obtener un balance en la fertilidad físico-química y biológica del suelo, permitiendo lograr una productividad potencial óptima e integral para los cultivos.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizó un estudio en un suelo Vertisol característico de la Región de El Bajío, con el propósito de evaluar sus características hidrodinámicas y describir sus actuales propiedades agronómicas y problemas que están causando (Cuadros 1, 2 y 3).

Las características hidrodinámicas de los suelos formadas por las curvas de retención de humedad del suelo, θ(ψ), y de la conductividad hidráulica, K(ψ), son estimadas mediante modelación inversa con la ecuación de Richards. Se ha aceptado la función hiperbólica general presentada por Braddock *et al*. (2001) para la curva de retención y tres modelos fractales de la conductividad hidráulica propuestos por Fuentes *et al*. (2001): los modelos del poro de la media geométrica (PMG), del poro neutral (PN) y del poro grande (PG). La función hiperbólica contiene seis parámetros (θr, θs, ψd, λ, m, n); los contenidos de humedad residual (θr) y a saturación (θs) son asumidos iguales a cero y a la porosidad volumétrica total del suelo, respectivamente. Para obtener formas analíticas cerradas de la conductividad hidráulica a partir de los modelos fractales y explicitar la función θ(ψ), los tres parámetros de forma (λ, m, n) son reducidos a uno (m); la presión característica (ψd) y la conductividad hidráulica a saturación (Ks) forman parte de los parámetros desconocidos del sistema (ψd, Ks, m), los cuales pueden ser obtenidos replicando las observaciones de la presión en el perfil del suelo (Antonino *et al*., 2015).

Los parámetros obtenidos permiten reproducir las presiones observadas en las profundidades de 15, 30 y 60 cm, mediante el criterio de mínimos cuadrados; las presiones observadas en sus extremos son las condiciones de frontera y la condición inicial es obtenida con una interpolación lineal. La raíz del error cuadrático medio del grado efectivo de saturación indica que no existen diferencias significativas entre los tres modelos para describir la evolución temporal de la presión experimental. Sin embargo, las diferencias son significativas en la capacidad de predicción de la evolución temporal del contenido de humedad en las profundidades de 15, 30 y 60 cm, y en la predicción de la curva de retención experimental; el mejor modelo de predicción es el modelo del poro grande, seguido por el modelo del poro neutral y, finalmente, por el modelo del poro de la media geométrica.

Cuadro 1. Rango de puntos que forman las curvas características de retención de humedad de un suelo Vertisol a tres profundidades: Datos **h** en atm y θ en (cm^3 cm^{-3}).

Tensión atm	Humedad volumétrica θ (cm^3 cm^{-3}) Profundidad en (cm)		
	15	30	60
0.3	0.5313	0.53935	0.5196
0.5	0.4994	0.50485	0.4836
1	0.4532	0.4577	0.4356
2	0.4059	0.41055	0.3912
4	0.3432	0.34615	0.33
6	0.3366	0.3404	0.3276
10	0.3091	0.31165	0.3012
12	0.2992	0.30245	0.2928
15	0.2871	0.29095	0.282

Tensión* h (cm)	Humedad volumétrica θ (cm^3 cm^{-3}) Profundidad en (cm)		
	15	30	60
309.9	0.5313	0.53935	0.5196
516.5	0.4994	0.50485	0.4836
1033	0.4532	0.4577	0.4356
2066	0.4059	0.41055	0.3912
4132	0.3432	0.34615	0.33
6198	0.3366	0.3404	0.3276
10330	0.3091	0.31165	0.3012
12396	0.2992	0.30245	0.2928
15495	0.2871	0.29095	0.282

*Considerando 1 atmósfera = 1,033 cm.

Cuadro 2. Parámetros de la caracterización hidrodinámica de un suelo Vertisol, a tres profundidades.

Parámetros	Profundidad (cm)		
	0-15	15-30	30-60
θ_r (cm^3 cm^{-3})	0	0	0
θ_s (cm^3 cm^{-3})	0.5849	0.566	0.5472
ψ_d	208.5	305.6	274.78
n	2.32992	2.17179	2.16755
m	0.0708	0.0791	0.0773
Ks (cm d^{-1})	7.85	7.85	7.85

Cuadro 3. Valores de humedad (**Ps**) para CC y PMP de un suelo Vertisol a tres profundidades (Lote 23 del CEBAJ), en base a peso del suelo seco.

Parámetro	Profundidad (cm)		
	0-15	15-30	30-60
CC (%)	48.3	46.9	43.3
PMP (%)	26.1	25.3	23.5
Ha	22.2	21.6	19.8
Da (g cm^{-3})	1.1	1.23	1.35

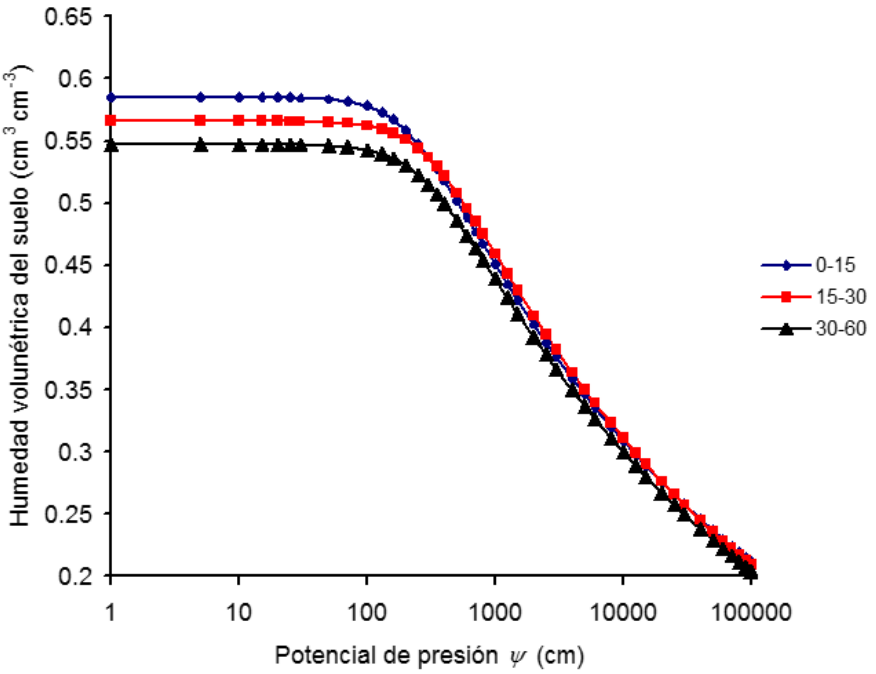


Figura 1. Curvas características de retención de humedad de un Vertisol típico de El Bajío guanajuatense, a tres profundidades.

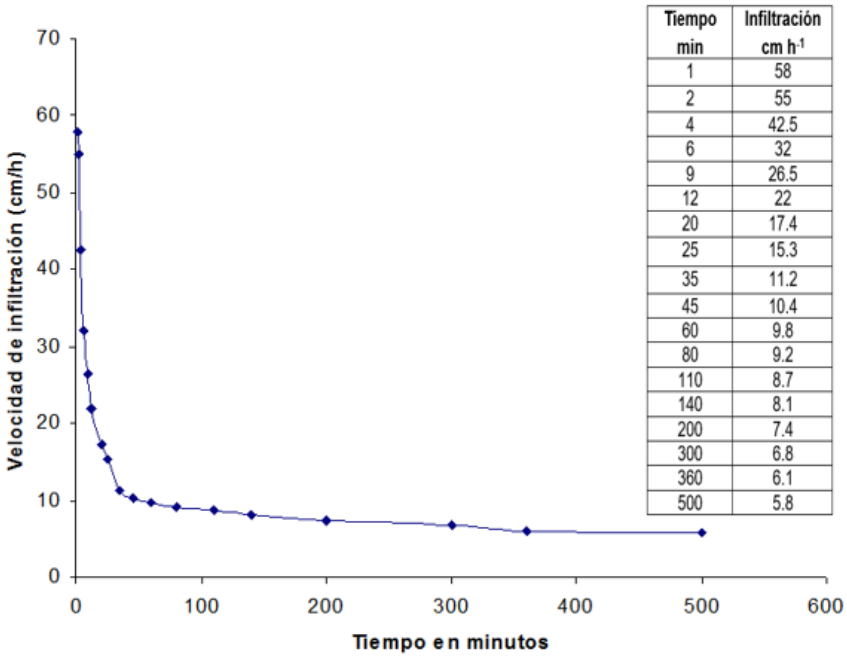
En general, los Vertisoles poseen un gran potencial productivo en granos (sorgo, trigo y maíz), caña de azúcar y hortalizas; sin embargo, presentan degradación física (66%) por compactación, de acuerdo con la SEMARNAT y el Colegio de Postgraduados o degradación química por declinación en su fertilidad (53%) Además de otros problemas que se presentan cuando los cultivos son regados con aguas residuales de uso urbano/doméstico e industrial, tal como la contaminación con metales pesados, residuos farmacéuticos y bacterias patógenas (Torres *et al*., 2016).

En los Vertisoles de El Bajío, de los micronutrientes esenciales para las plantas es común encontrar deficiencias de hierro (Fe) y zinc (Zn) y, con menor frecuencia, de manganeso (Mn). Normalmente en los suelos alcalinos o con bajos contenidos de materia orgánica existe deficiencia de todos o de alguno de estos nutrientes vegetales.

Es sobresaliente la alta susceptibilidad del sorgo a la deficiencia de hierro, así como del maíz y trigo a la de zinc (Castellanos *et al*., 2005). Las especies de algunas gramíneas, particularmente trigo y cebada, son extremadamente resistentes a clorosis férrico-manganésica debido a que sus raíces producen y secretan sustancias llamadas

fitosideróforos, que capturan el Fe^{3+} en complejos quelatados y, de esta forma, este nutriente es absorbido y distribuido dentro de la planta (Aguilar *et al*., 2023).

En estos suelos la principal limitante es la disponibilidad de hierro (Fe) y zinc (Zn), en menor proporción de manganeso (Mn) y, en ocasiones, la de fósforo (P). Debido a ello, las aplicaciones localizadas suelen ser más efectivas para evitar que el P o el Zn, cuando se aplican al suelo, sean fijados por los carbonatos (Castellanos, 2000).



Tiempo min	Infiltración cm h^{-1}
1	58
2	55
4	42.5
6	32
9	26.5
12	22
20	17.4
25	15.3
35	11.2
45	10.4
60	9.8
80	9.2
110	8.7
140	8.1
200	7.4
300	6.8
360	6.1
500	5.8

Figura 2. Curva velocidad de infiltración de agua en un Vertisol típico de El Bajío. guanajuatense.

El movimiento vertical del agua en el suelo, especialmente en los Vertisoles de textura fina de la Región de El Bajío guanajuatense está dando señales de alarma. La prueba de infiltración en campo es una herramienta poderosa para valorar el estado de cualquier suelo, por lo que se recurrió a esta técnica para evaluar su grado de afectación.

Para la Región de El Bajío guanajuatense, el terreno de cultivo, una rotación básicamente de sorgo–trigo, con siembra directa y cobertera, pero compactado, solamente permitió el

ingreso de 68.4 mm en 90 min, lo que equivale a una velocidad de 0.8 mm min^{-1}. Se infiltraron 94.1 mm en 720 min, lámina que es traducible a 0.13 mm min^{-1}. En cambio, en el sitio de referencia, terreno con vegetación nativa, no perturbado o mínimamente perturbado por más de 10 años, se infiltraron 204.7 y 425.2 mm en 90 y 720 min, respectivamente. En estos casos, la velocidad fue de 2.3 y 0.6 mm min^{-1}. Al comparar algebraicamente la lámina de agua que ingresa en 90 min: terreno de cultivo, 68.4 mm – sitio de referencia, 204.7 mm = -136.3 mm. El mismo procedimiento, pero ahora para 720 min: terreno de cultivo, 94.1 mm – sitio de referencia, 425.2 = -331.1 mm. De manera práctica, esto significa que el terreno de cultivo disminuyó 2.0 y 3.5 veces su capacidad para que el agua ingrese en 90 y 720 min, con relación al sitio de referencia. La lentitud en el movimiento del agua significa que hay problemas de anaerobiosis, de óxido–reducción y de siniestro por anegamiento cuando hay láminas de riego grandes y/o lluvias excesivas (Aguilar *et al*., 2023).

CONCLUSIONES

Los suelos con bajo contenido de materia orgánica y, por lo tanto, con drenaje restringido, causan una serie de problemas directos, como son la dificultad para que las raíces absorban el agua, inducen una mayor incidencia de enfermedades de raíz y pudriciones de las mismas en cultivos que son susceptibles. Además, experimentan grandes alteraciones por anaerobiosis, como cambios en las poblaciones de microorganismos del suelo, favoreciendo ese ambiente especialmente el desarrollo de bacterias sobre otros microorganismos, los que influyen en los procesos de óxido-reducción y, bajo esas circunstancias, mayor disponibilidad de ciertos micronutrientes en perjuicio de la absorción de otros: Un caso concreto es la mayor acumulación de Mn^{2+} asimilable el cual, a su vez, reduce la absorción de hierro por las plantas y, en consecuencia, se manifiesta una clorosis férrico-manganésica en fresas de El Bajío.

REFERENCIAS

Aguilar G., R.; Dávalos G., P. A.; Rodríguez G., A. 2023. La clorosis férrico-manganésica y su manejo. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Libro técnico (Proceso de edición). 95 pp.

Antonino, A. C. D.; Fuentes, C.; Soares, W. A.; Borges, E.; Netto, A. M.; Lima, J. R. S.; Lira, C. A., y Hammecker, C. 2015. Caracterización hidrodinámica de los suelos a partir del perfil de las presiones. Tecnología Y Ciencias Del Agua, 20(4), 45-52 pp.

Braddock, R. D.; Parlange, J. Y, y Lee, H. 2001. Application of asoil water hysteresis model to simple water retention curves. Transport in porous media. Vol. 44. 407-420 pp.

Castellanos R., J. Z.; Uvalle B., J. X., y Aguilar S., A. 2000. Memoria del curso sobre interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP (Savia). Instituto para la Capacitación y Productividad Agrícola (INCAPA). Segunda edición. 226 pp.

Castellanos R., J. Z.; Cueto W., J.A.; Macías C., J.; Salinas G., J. R.; Tapia V., L. M.; Cortés J., J. M.; González A., I. J.; Mata V., H.; Mora G., M.; Vásquez H., A.; Valenzuela S., C., y Enríquez R., S. A. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo. Campo Experimental Bajío. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1, septiembre 2005. 44 pp.

Coulombe, C. E.; Wilding, L. P., and Dixon, J. B. 2000. Vertisols. pp. 269-286. *In*: M. E. Sumner (ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press. New York, NY, USA.

Fuentes, C.; Brambila, F.; Vauclin, M.; Parlange, J. Y., y Haverkamp, R. 2001. Modelación fractal de la conductividad hidráulica de los suelos no saturados. Ingeniería hidráulica en México. Vol. 16, Núm. 2. 119-137 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Coberturas edafológicas serie I. Escala 1:250,000.

ISRIC (International Soil Reference and Information Centre). 2013. The Vertisols. Disponible en www.isric.org/isric/webdocs/docs/major_soils_of_the_world/set3/vr/vertisol.pdf.

Sotelo-Ruíz, E.; Gutiérrez-Castorena, Ma. del C.; Ortiz-Solorio, C. A.; Cruz-Botello, G., y Segura-Castruita, M. A. 2008. Historia y desarrollo de la clasificación de Vertisoles en el sistema FAO y taxonomía de suelos. Terra Latinoamericana 26:325-332.

Torres G., C. A.; Gutiérrez C., M. del C.; Ortiz S., C. A., y Gutiérrez C., E. V. 2016. Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión. Agricultural management of

Vertisols in Mexico: a review. Terra Latinoamericana, vol. 34, núm. 4, octubre-diciembre, 2016. 457-466 pp.

Vuelvas C., M. A.; K. Oleshko L., y Cabrera C., F.; 2000. Dinámica de la densidad aparente, del volumen y de la porosidad total del Vertisol éutrico y del Andosol mólico con la humedad. Agrociencia. Serie Agua-Suelo-Clima. 2(2):75-88.

CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DEL PLATANO THAI (*Musa* sp.) EN LA HUASTECA POTOSINA

Vargas-Hernández Juan[1*]; Ávila-Ayala Rolando[1]; Salinas-Morales José Luis[2]; Santiago-González Tomás[3]; Morales-Angulo Nallely[4]; Santiago-Hernández Anahí[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México. C.P. 78431.

[2]Programa de Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

[3]Chapingo, Centro Regional Universitario Occidente, Av. Rosario Castellanos 2332, Col. Residencial La Cruz; Guadalajara, Jal. México. C.P. 44950.

[4]Universidad del Bienestar Benito Juárez. Av. La Hacienda. No Ext. 316. Tampate 1ra sección. Aquismón S.L.P. México. C.P. 79773

*Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las evaluaciones se llevaron a cabo con el Grupo Lárraga en Rancho El Palmar, ubicada en el municipio de Tampamolón, S.L.P., huerta con 10 años de edad, de crecimiento libre, sin riego ni fertilización. El marco de plantación es de 2 x 6 metros, y la toma de datos en campo se realizó en marzo de 2023. Se seleccionaron 40 platas de plátano Thai (*Musa* sp). La caracterización morfológica se realizó de acuerdo a los descriptores para el Banano (*Musa* sp.) (IPGRI-INIBAP/ CIRAD, 1996). Las variables cuantitativas: altura de la planta, longitud, ancho (lamina foliar) y (peciolo de la lámina) se registraron según los descriptores específicos para el plátano. El objetivo del estudio fue caracterizar el plátano Thai cultivado en la Huasteca Potosina ya que presenta potencial para una importante fuente de ingresos a las familias rurales que trabajan directa o indirectamente en los procesos de producción. El análisis estadístico fue mediante un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos de muestreo, una planta como unidad experimental y tres repeticiones por muestreo. Los resultados revelaron una distribución heterogénea en altura, dividiéndose en tres categorías principales. El 60% de las plantas se encontró en el rango de 150 a 200 cm, el 25% en el rango de 300 a 400 cm y el 20% en el rango de 200 a 300 cm. Estos resultados indican una variabilidad significativa en el crecimiento de las plantas y sugieren la existencia de diferentes fenotipos o factores que influyen en su desarrollo.

Palabras clave: Plátano, Thai, variabilidad.

ABSTRACT

The evaluations were carried out with the Larraga Group at Rancho El Palmar, located in the municipality of Tampamolón, S.L.P., a 10-year-old orchard with unrestricted growth, without irrigation or fertilization. The planting frame is 2 x 6 meters, and field data collection was conducted in March 2023. Forty Thai banana (Musa sp.) plants were selected. Morphological characterization was performed according to the descriptors for Banana (Musa sp.) (IPGRI-INIBAP/CIRAD, 1996). The quantitative variables, plant height, length, width (leaf blade), and (petiole of the leaf), were recorded according to specific descriptors for banana. The objective of the study was to characterize Thai banana grown in the Huasteca Potosina region, as it presents potential as a significant source of income for rural families working directly or indirectly in production processes. The statistical analysis was conducted using a completely randomized experimental design with three sampling treatments, one plant as the experimental unit, and three replicates per sampling. The results revealed a heterogeneous distribution in height, dividing into three main categories. 60% of the plants were found in the range of 150 to 200 cm, 25% in the range of 300 to 400 cm, and 20% in the range of 200 to 300 cm. These results indicate significant variability in plant growth and suggest the existence of different phenotypes or factors influencing their development.

Key words. Banana, Thai, varibility.

INTRODUCCIÓN

El género *Musa* L., se divide en cinco secciones: Eumusa, Rhodochlamys, Callimusa, Australimusa e Ingentimusa; estas se distinguen por su número de cromosomas y caracteres morfológicos específicos (Cheesman, 1948). La sección Eumusa, contiene dos especies principales, *M. acuminata* Colla y *M. balbisiana* Colla, que son el origen de la mayoría de los bananos y plátanos comestibles (Devouard, 2001). En México se cultivan diferentes variedades en 16 estados, siendo Chiapas, Tabasco y Veracruz las principales entidades productoras (SADER, 2020), las variedades que se han identificado son: AAA (Gran Enano y Valery, “Subgrupo Cavendish”), AAB (Macho o Falso Cuerno y Dominico,”Subgrupo Plantain”), AAB (Manzano o Silk), ABB (Pera o Cuadrado) y AA (Dátil) cada variante presenta un sabor y textura distintos, y la piel puede ser amarilla, verdosa o rojiza. (Rotchanapreeda *et al*., 2016). Actualmente, la variante Thaí-banana (ABB) se cultiva en Nayarit el único estado productor de esta variedad (SIAP, 2020). En el 2010 en la

Huasteca Potosina se introdujo el cultivo de plátano Thaí (*Musa* sp.) con una superficie de dos hectáreas, que ha ido incrementándose gradualmente, con el objetivo de mejorar las condiciones socioeconómicas de la región, debido a que este cultivo representa una importante fuente de ingresos para muchas familias rurales que trabajan directa o indirectamente en los procesos de producción. Sin embargo, hay pocos estudios sobre el impacto ambiental y prácticas tradicionales de la variedad. En este contexto, el objetivo de este estudio es determinar las características cualitativas y agronómicas en el plátano Thaí cultivado en la Huasteca Potosina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en la propiedad Grupo Lárraga de Axtla de Tarrazas "Rancho El Palmar", en el municipio de Tampamolón, S.L.P., localizado a una latitud 21°31'17.2" N, longitud 98°46'35.9" W y altitud de 95 msnm, plantación de crecimiento libre (sin riego ni fertilización) con edad de 10 años, con una distribución de 2 x 6 metros en una superficie de dos hectáreas.

Diseño de muestreo. La toma de datos en campo se realizó en marzo de 2023. Se establecieron 20 sitios circulares distribuidos aleatoriamente en el área de estudio, con una superficie de 500 m^2 (0.05 ha), en cada sitio se consideró dos plantas de plátano Thai los cuales se marcaron para la toma de datos.

Variables evaluadas. La caracterización morfológica, se realizó de acuerdo al INIBAP-IPGRI- CIRAD (1996) evaluando las siguientes variables cuantitativas: altura de la planta, longitud, ancho (lamina foliar y peciolo de la lámina).

Análisis estadístico. El estudio se desarrolló mediante un diseño experimental completamente al azar. se recurrió a la estadística descriptiva calculando la frecuencia absoluta. La representación gráfica de los resultados se obtuvo con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific (versión 11.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1A muestra la distribución en altura de las plantas de plátano Thaí, esta distribución se lograron formar tres categorías diferentes, en primer lugar, el 60 % de las plantas presentaron altura de 150 a 200 cm, en segundo lugar, el 25 % comprendida entre

300 y 400 cm y, por último, el 20 % se ubicaron en el rango de 200 a 300 cm. Esta distribución heterogénea en altura, indica que las plantas de plátano Thaí presenta una variabilidad significativa en su crecimiento. La presencia de tres categorías distintas sugiere la existencia de diferentes fenotipos o factores que influyen en el crecimiento de las plantas. Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con los documentados por Parra-Pachón *et al*. (2009); estos autores observaron que en la variedad Boscó (ABB) y Felipita (ABB) presentaron hasta 3 metros de alto, aunque la mayoría de plantas cultivadas en el municipio de Tampamolón, S.L.P. mostraron un porte bajo, sin embargo, la altura depende del cultivar, la densidad de siembra que se utilice y condiciones edafoclimáticas.

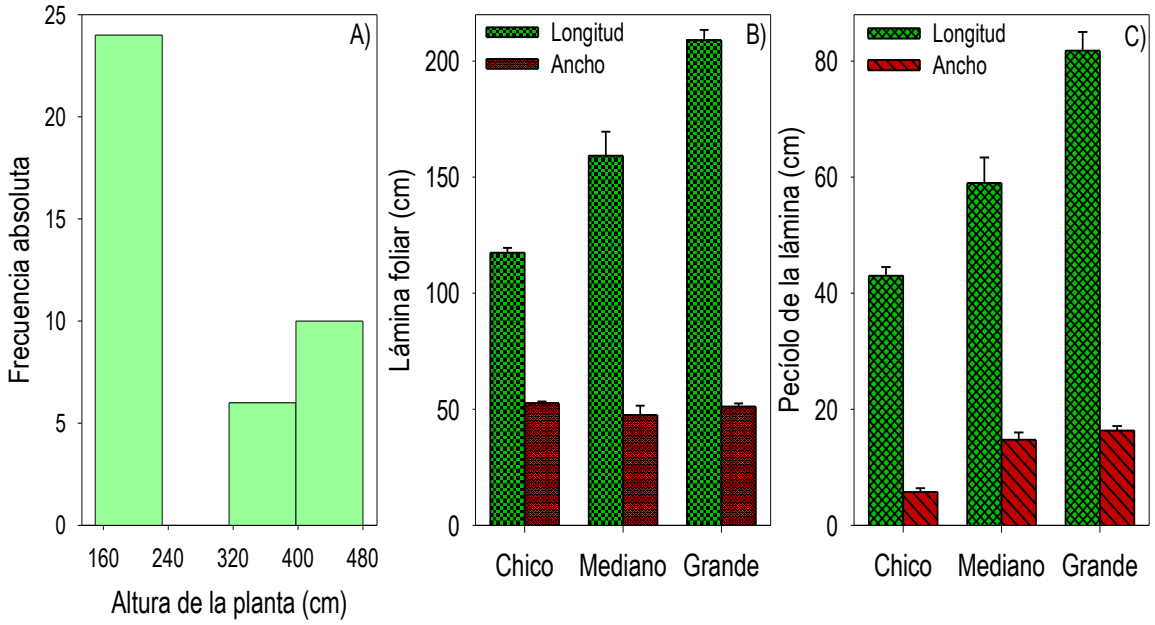


Figura 1. Frecuencia de altura en plantas de Thaí (A), promedio (±E.E.) de las dimensiones de la lámina foliar (B) y del peciolo de la lámina (C), Tampamolón, San Luis Potosí, México.

Todas las plantas evaluadas de plátano Thaí presentaron cera en la lámina foliar, lo que sugiere la presencia de una capa protectora en la superficie de las hojas. En relación al color de los márgenes del pecíolo, las plantas pequeñas presentaron colores (morado, azul y verde), el 37 % fue morado, mientras que el 15 % verde. El 25 % de las plantas de porte mediano-grande mostró una coloración morado-azul. Esto indica una cierta variabilidad en la coloración de los márgenes del pecíolo en las plantas de menor tamaño, por lo que existe una tendencia hacia una coloración estable en esta categoría.

Cuadro 1. Características cualitativas del pseudotallo en plátano Thaí cultivados Tampamolón, San Luis Potosí, México.

Enanismo	Morado-azul	Verde	Verde menta	Verde lima	Verde bosque	Verde amarillo	Verde oscuro
Chico	15	6	10	12	0	0	0
Mediano	8	0	0	0	8	0	0
Grande	10	0	0	0	0	5	5

En relación al pseudotallo, se observaron diferentes tonalidades de color. En las plantas pequeñas, el 30 % presentaba un color verde menta y el 25 % exhibía una coloración verde lima. Las plantas medianas, el 20 % se registró una coloración verde bosque. Por último, el 10 % de las plantas de mayor porte, se observó una combinación de verde amarillo y verde oscuro (Cuadro 1).

En la Figura 1B y C, indica que las plantas más altas mostraron las mayores longitud y anchura en la lámina foliar y el peciolo. Esto sugiere una correlación entre la altura de las plantas y el tamaño de las estructuras foliares. La lámina foliar del presente estudio tuvo longitudes que coincidieron con la variedad (*Musa paradisiaca* L.) *Musa* AAB, en relación al peciolo coinciden parcialmente con las planas de menor y mediano porte (Gerónimo *et al*., 2013). Estos resultados indican que las dimensiones de estas estructuras son caracteres relativamente estables y típicos en diversas variedades del género *Musa* sp.

CONCLUSIONES

Los resultados revelan una variabilidad significativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas de plátano Thaí, evidenciada por la distribución heterogénea en altura y las diferencias en la presencia de cera y la coloración de los márgenes del pecíolo y el pseudotallo. Estos hallazgos resaltan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor los factores involucrados y las implicaciones prácticas de estas diferencias en el cultivo.

REFERENCIAS

Cheesman, E.E. 1948. Clasification of the bananas. IIc. Cristical notes on species (c), M. sapientum. Kew Bull. 2: 145-53.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Panorama Agroalimentaria. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 128-129.

Devouard, A. 2001. Taxonomía de los bananos. Red internacional para el mejoramiento del banano y el plátano. Boletín de INIBAP.

Rotchanapreeda, S. Wongniam, S. C. Swangpol, P. P. Chareonsap, N. Sukkaewmanee, and J. Somana. 2016. "Development of SSR markers from Musa balbisiana for genetic diversity analysis among Thai bananas," Plant Systematics and Evolution, vol. 302, 739-761.

INIBAP, IPGRI, CIRAD. 1996. Descriptores para el banano (Musa spp). Italia: IPGRI. 63 p.

SADER. (20 de marzo de 2020). Aumentó 2.9 por ciento producción de plátano mexicano en 2020. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumento-2-9-por-ciento-produccion-de-platano-mexicano-en-2020?idiom=es.

Parra-Pachón, O. J., Cayón Salinas, D. G., & Polanía Vorenber, J. 2009. Morpho-agronomic Description of Plantain (*Musa* AAB, ABB) and Banana (*Musa* AAA) Materials Grown in San Andres Island. Acta Agronómica, 58(4), 292-298.

Gerónimo, F. G., Ibarra, Q. R., Navia, M., & Aguirre, G. 2013. Caracterizacion morfologica de platano (*Musa paradisiaca* L.) en la provincia nor Yungas de la Paz y Provincia Chapare de Cochabamba Bolivia. Revista Científica Agrociencias Amazonía, 1, 35.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE FRUTOS Y SEMILLAS DE *Lagenaria siceraria*

Basto-Pool Carolina Isabel[1*], Cutiño-Gonzales Ignacio[2], Hernández-Pinto Carlos David[2], Herrera-Parra Elizabeth[1]

[1]Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México.

[2]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico S/N, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: carolinabasto93@gmail.com

RESUMEN

Lagenaria siceraria es una especie tropical, perteneciente a la familia Cucurbitácea, cultivado por su fruto de gran dureza y empleado como recipiente y ornamento. Los frutos y semillas presentan gran diversidad por lo que es necesario caracterizarla en morfotipos de acuerdo a la similitud de caracteres. El objetivo del estudio fue evaluar las características morfológicas de frutos y semillas de *L. siceraria.* Se realizaron cinco colectas en los estados de Tabasco y Campeche. Los frutos se describieron de acuerdo a los descriptores publicados por Biodiversity International. La forma del fruto vario de periforme a forma de dos cuerpos divididos por una constricción. La longitud del fruto estuvo entre 13.5 y 30 cm, la circunferencia inferior del fruto vario entre 8.4 y 20 cm, la longitud de las semillas fue de 11.08 a 18.39 mm, el ancho entre 6.69 y 8.19 mm y el valor de esfericidad fue de 0.50. La colecta C1 presento los frutos de menor tamaño en consecuencia las semillas fueron más pequeñas, en contraste la colecta C2 registró frutos y semillas de mayor tamaño. En general, en las colectas se observó amplia variabilidad en forma, tamaño y color de fruto y por consiguiente en la forma y tamaño de la semilla.

Palabras clave: Morfología de frutos y semillas, caracterización morfológica, *Lagenaria siceraria.*

ABSTRACT

Lagenaria siceraria is a tropical species, belonging to the Cucurbitaceae family, cultivated for its very hard fruit and used as a container and ornament. The fruits and seeds present great diversity, so it is necessary to characterize it in morphotypes according to the similarity of characters. The objective of the study was to evaluate the morphological characteristics of fruits and seeds of *L. siceraria.* Five collections were made in the states of Tabasco and Campeche. Los frutos se describieron de acuerdo a los descriptores publicados por Biodiversity International. La forma del fruto vario de periforme a forma de dos cuerpos divididos por una constricción. The length of the fruit was between 13.5 and 30 cm, the lower circumference of the fruit varied between 8.4 and 20 cm, the length of the seeds was from 11.08 to 18.39 mm, the width between 6.69 and 8.19 mm and the sphericity value was 0.50. Collection C1 presented smaller fruits and consequently the seeds were smaller in contrast, collection C2 registered larger fruits and seeds. In general, in the collections, wide variability was observed in the shape, size and color of the fruit and consequently in the shape and size of the seed.

Keywords: Fruit and seed morphology, morphological characterization, *Lagenaria siceraria.*

INTRODUCCIÓN

Lagenaria siceraria es una planta trepadora de flores blancas, que pertenece a la familia de las cucurbitáceas. Se cultiva ampliamente en los trópicos y subtrópicos principalmente por sus frutos que presentan características muy variables en tamaño y forma (Muralidharan *et al.,* 2017). La forma del fruto varia de esférica a alargada, oblonga, periforme, cónica y forma de dos cuerpos divididos por una constricción (Morimoto *et al.,* 2005; Grimaldo-Juárez *et al.,* 2018). Las semillas también varían en tamaño, peso y color (Buthelezi *et al.,* 2019). Debido a la morfología de los frutos se utilizan como recipientes para el almacenamiento de agua y granos, instrumento musical o flotadores de pesca, además artesanalmente es decorado y comercializado en los mercados regionales (Yetisir *et al.,* 2008; Gürcan *et al.,* 2015). Por otra parte, las semillas maduras se tuestan y trituran hasta obtener una pasta que se emplea para condimentar guisos, también se extrae el aceite de la semilla que se utiliza como aceite de cocina y para el cabello (Chimonyo y Modi 2013; Pradhan *et al.,* 2013). A pesar del potencial agronómico y nutricional de *L. siceraria*, los estudios sobre las

características morfológicas de frutos y semillas son escasas. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue describir las características morfológicas de frutos y semillas de cinco colectas de *L. siceraria.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta o material vegetal

Las colectas de frutos de *L. siceraria* se realizaron en los estados de Tabasco y Campeche (Cuadro 1), los cuales fueron proporcionados por los agricultores o comprados en los mercados locales. Los frutos se enumeraron según el orden de colecta y se describieron de acuerdo a los estándares de la lista de descriptores publicada por Biodiversity International para Cucurbitaceae (2007) y Yetisir *et al.* (2008).

Cuadro 1. Clave, sitios de colecta y forma del fruto de *L. siceraria.*

Clave	Ubicación de colecta	Forma del fruto	Color del fruto	Textura del fruto
C1	Poblado Jalpa de Méndez, Tabasco.	Periforme	Café	Liso
C2	Poblado Cárdenas, Tabasco.	FDC	Café claro	Liso
C3	Villahermosa, Tabasco.	FDC	Café	Liso
C4	Villahermosa, Tabasco.	FDC	Café claro	Liso
C5	Poblado Hecelchakán, Campeche	Periforme	Café claro	Liso

FDC= Forma dividida por una constricción.

Medición de variables

A los frutos se les midió la longitud, la circunferencia superior (CSF), la circunferencia media (CMF), la circunferencia inferior (CIF) y se contabilizo el número de semillas por fruto (NSF). Posteriormente se tomaron al azar 30 semillas de cada colecta y se determinó el largo, ancho, espesor y el peso de 100 semillas. Con las mediciones de las semillas, se calcularon las siguientes variables: relación entre el ancho y largo de la semilla, diámetro medio aritmético (Da), diámetro medio geométrico (Dg) y esfericidad con las ecuaciones descritas por Pradhan *et al.* (2013).

Análisis de datos

Con los datos obtenidos se realizó un ANOVA y donde hubo diferencias se realizó una comparación de medias (Tukey P ≤ 0.05). Los análisis se realizaron con el software estadístico InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos en las mediciones de los frutos se presentan en el Cuadro 2. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.05). En la longitud del fruto la C4 presento el mayor valor con 30 cm que fue estadísticamente superior en 55 % a la C1 la cual registro la menor longitud (13.5 cm). En cuanto a la circunferencia del fruto el C2, C3 y C4 registraron la mayor circunferencia superior (11.4, 11.5 y 12.0 cm respectivamente), en la circunferencia media la C5 fue estadísticamente superior con 10.9 cm y en la circunferencia inferior la C4 obtuvo el mayor valor con 20.0 cm. En el número de semillas la C5 fue estadísticamente superior con 243 semillas. Al respecto Delgado-Paredes *et al.* (2014) indican que los frutos en *L. siceraria* varían en tamaños desde muy pequeños de 5 cm hasta muy grandes de más de 1 m de longitud. Por su parte, Morimoto *et al*. (2005) mencionan que las características morfológicas de forma del fruto son características importantes en la descripción de razas locales.

Cuadro 2. Características de los frutos y número de semillas de *L. siceraria.*

Clave	LF (cm)	CSF (cm)	CMF (cm)	CIF (cm)	NSF
C1	13.5 d	5.6 c	5.4 e	8.4 e	165 b
C2	23 b	11.4 a	8.5 b	16.0 c	137 c
C3	25 b	11.5 a	6.7 d	18.0 b	145 b
C4	30 a	12.0 a	7.7 c	20.0 a	132 c
C5	16.5 c	9.2 b	10.9 a	13.5 d	243 a

LF= Longitud del fruto, CSF= Circunferencia superior del fruto, CIF= Circunferencia inferior del fruto, CMF= Circunferencia media del fruto, NSF= Número de semillas por fruto. Los datos son medias. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, α = 0.05).

En las variables de la semilla, la longitud de semilla fue de 11.08 a 18.39 mm, con promedio de 15.21 mm, presentando la C1 el valor mínimo, mientras que la C2 registró el máximo valor. El ancho y espesor de la semilla osciló con valores promedios de 7.5 y 3.3 mm

respectivamente. La C2 obtuvo el mayor ancho y la C3 el mayor espesor, mientras que el menor tamaño lo tuvo la C1. El diámetro aritmético y diámetro geométrico fue de 6.86 a 9.99 mm y de 5.93 a 7.98 mm respectivamente, mientras que la esfericidad fue de 0.43 a 0.54 %. También se calculó la relación A/L (ancho de la semilla/largo de la semilla), el cual vario de 0.45 (C2) a 0.61 (C1) con un promedio de 0.50 (Cuadro 3). En este sentido las semillas más pequeñas se obtuvieron de los frutos de menor tamaño, resultados similares reportan Grimaldo-Juárez *et al.* (2018) en semillas de *L. siceraria*. Por su parte Delgado-Paredes *et al.* (2014) mencionan un promedio de 14.1 mm de largo y 7.5 mm de ancho en semillas de *L. siceraria.* El valor de esfericidad obtenido para todas las semillas presentó porcentajes cercanos a 0.50, por lo que las semillas no son de forma esférica ya que un valor de esfericidad de 0.70 a 0.80 es considerado esférico (Bande *et al*., 2012).

Cuadro 3. Características físicas de semillas de *L. siceraria.*

Clave	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Da (mm)	Dg (mm)	Esfericidad %	Relación A/L
C1	11.08 d	6.69 c	2.81 d	6.86 d	5.93 e	0.54 a	0.61 a
C2	18.39 a	8.19 a	3.39 b	9.99 a	7.98 a	0.43 c	0.45 c
C3	16.00 b	7.56 b	3.83 a	9.13 b	7.73 b	0.48 b	0.47 c
C4	16.16 b	7.50 b	3.50 b	9.05 b	7.49 c	0.47 b	0.47 c
C5	14.43 c	7.56 b	3.00 c	8.33 c	6.89 d	0.48 b	0.52 b

Da= diámetro aritmético. Dg= diámetro geométrico. Los datos son medias. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, α = 0.05).

CONCLUSIONES

Las colectas de *L. siceraria* presentan amplia variabilidad en forma, color, textura, longitud, circunferencia superior, medio e inferior de los frutos, así como en las variables de semillas en largo, ancho, espesor, diámetro aritmético, diámetro geométrico, esfericidad y relación ancho y largo. La integración de las cinco colectas en morfotipos diferentes mostró que existe gran variabilidad de la especie en los materiales del sureste de México. Lo cual, permite establecer las bases para futuros trabajos de caracterización y mejoramiento.

REFERENCIAS

Bande, Y. M., Adam, N. M., Azmi, Y. & Jamarie, O. (2012). A review of methodologies for determination of physical properties of seeds. In Engineering research methods. (Chapter 3). Raleigh, North Carolina, USA: Lulu Press, Inc.

Bioversity International. (2007). Guidelines for the development of crop descriptor lists. Bioversity technical bulletin series, 12, 2-2.

Buthelezi L.G., Mavengahama, S., & Ntuli, N. R. (2019). Morphological variation and heritability studies of Lagenaria siceraria landraces from northern KwaZulu-Natal, South Africa. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *20*(3), 922-930.

Chimonyo, V. G. P., & Modi, A. T. (2013). Seed performance of selected bottle gourd (Lagenaria siceraria (Molina) Standl.). American Journal of experimental agriculture, 3(4), 740-766.

Delgado-Paredes, G. E., Rojas-Idrogo, C., Sencie-Tarazona, Á., & Vásquez-Núñez, L. (2014). Caracterización de frutos y semillas de algunas cucurbitáceas en el norte del Perú. Revista fitotecnia mexicana, 37(1), 7-20.

Grimaldo-Juárez, O., Suárez-Hernández, Á. M., Ceceña-Durán, C., & González-Mendoza, D. (2018). Diversidad morfológica de semilla y fruto de diez colectas mexicanas de Lagenaria siceraria. Agronomía Mesoamericana, 29(1), 63-74.

Gürcan, K., Say, A., Yetişir, H., & Denli, N. (2015). A study of genetic diversity in bottle gourd [Lagenaria siceraria (Molina) Standl.] population, and implication for the historical origins on bottle gourds in Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 62(3), 321-333

Morimoto, Y., Maundu, P., Fujimaki, H., & Morishima, H. (2005). Diversity of landraces of the white-flowered gourd (Lagenaria siceraria) and its wild relatives in Kenya: fruit and seed morphology. Genetic Resources and Crop Evolution, 52, 737-747.

Muralidharan, B., Kanthaswamy, V., & Janaranjani, K. G. (2017). Correlation and path analysis for quantitative and qualitative traits in bottle gourd [Lagenaria siceraria (Molina) standl]. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(5), 2280-2283.

Pradhan, R. C., Said, P. P., & Singh, S. (2013). Physical properties of bottle gourd seeds. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15(1), 106-113.

Yetişir, H., Şakar, M., & Serçe, S. (2008). Collection and morphological characterization of Lagenaria siceraria germplasm from the Mediterranean region of Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 55, 1257-1266.

COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN SIEMBRA DE ENERO EN EL SUR DE

BEHAVIOR OF CORN HYBRIDS TO THE COMPLEX OF FOLIAR DISEASES IN JANUARY SOWING IN THE SOUTH OF SONORA

Ramírez Arredondo José Alfonso, Valenzuela Borbón Jesús Rafael y Armenta Cejudo Ramón Antonio.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En el sur de Sonora el cultivo de maíz es afectado por un complejo de enfermedades foliares. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2022. El objetivo de esta investigación fue conocer el comportamiento de híbridos de maíz en fecha de siembra en el mes de enero en el sur de Sonora. Las enfermedades que se presentaron con mayor severidad en los híbridos de maíz fueron: mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) y tizón foliar (*Exserohilum turcicum*). Otras enfermedades con menor intensidad fueron: roya común (*Puccinia sorghi*) y mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*). La severidad del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas en los híbridos de maíz Edison, Hipopótamo, U8G, U17G y DK 4050, fue de 19.33, 18.43, 18.10, 17.67 y 14.19 %AFD, respectivamente. Los mayores rendimientos se obtuvieron con los híbridos U17G, Edison y DK 4050 con 11.279, 10.902 y 10.303 t/ha, respectivamente. Los híbridos U17G y DK 4050 presentaron menor susceptibilidad al complejo y los mayores rendimientos durante la presente investigación. Los niveles relativamente bajos de severidad obtenidos, confirman que los híbridos de maíz en fecha de siembra en el mes de enero, pueden escapar en su etapa inicial de fructificación, al mayor periodo de infección de las enfermedades foliares en el mes de abril, lo cual hace posible la reducción de aplicaciones de fungicidas en este cultivo en el sur de Sonora.

Palabras clave: *mancha blanca, tizón foliar, roya común.*

ABSTRACT

Maize crop is affected by a complex of foliar diseases in the south of Sonora. This research was conducted during the spring-summer cycle of 2022. The objective of this research was to know the behavior of corn hybrids on planting date in the month of January in the south of Sonora. The diseases that presented with greater severity in the maize hybrids were: white spot (*Phaeosphaeria maydis*) and leaf blight (*Exserohilum turcicum*). Other diseases with less intensity were: common rust (*Puccinia sorghi*) and gray spot (*Cercospora zeae-maydis*).

The severity of the foliar disease complex in the middle third of plants in the Edison, Hippopotamus, U8G, U17G and DK 4050 corn hybrids was 19.33, 18.43, 18.10, 17.67 and 14.19% AFD, respectively. The highest yields were obtained with the U17G, Edison and DK 4050 hybrids with 11,279, 10,902 and 10,303 t/ha, respectively. The hybrids U17G and DK 4050 presented lower susceptibility to the complex and higher yields during the present investigation. The relatively low levels of severity obtained confirm that corn hybrids on planting date in January, can escape in their initial stage of fruiting, to the greater period of infection of foliar diseases in the month of April, which makes possible the reduction of fungicide applications in this crop in the south of Sonora.

Key words: *white spot, leaf blight, common rust.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales granos en nuestro país y constituye uno de los alimentos básicos para la población. En México el cultivo de maíz ocupa el primer lugar en superficie cultivada con 7,481,136 hectáreas y en el estado de Sonora se sembraron 54,277 hectáreas en el año 2020; pero la escasa agua en las presas ha ocasionado que la superficie cultivada con maíz se haya reducido a 15,093 ha en el año 2022 (SIAP-SADER, 2013-2022). Entre los factores que afectan el desarrollo de este cultivo se encuentran las enfermedades (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980) y las que se tiene reportadas en esta región son: roya común (*Puccinia sorghi*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y antracnosis (*Colletotrichum graminicola*) (Ramírez, 2022). La información regional

de tolerancia de híbridos y fechas de siembra como alternativas para el manejo de estas enfermedades es limitada (Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022). El objetivo de esta investigación fue conocer el comportamiento de híbridos de maíz en fecha de siembra en el mes de enero, para escapar en la etapa inicial de fructificación al mayor periodo de infección de las enfermedades foliares en el mes de abril, en las condiciones naturales del sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó durante el ciclo de primavera-verano 2022, en un lote de un agricultor en la comunidad de Torocobampo en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora, (26.429198 Latitud N y -109.053475 Longitud W) a 46 msnm y localizado a 13 km del mar. Se evaluó el comportamiento de cinco híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en una fecha de siembra tardía (7 de enero de 2022). Los Híbridos fueron: U17G, Edison, DK 4050, Hipopótamo y U8G; en condiciones de riego. El diseño experimental fue en franjas de ocho surcos de 120 m de longitud y a 0.8 m de separación. No se realizaron aplicaciones de fungicidas. Se tomaron datos del porciento de área foliar dañada (%AFD) en tres estratos de 20 plantas por híbrido: hoja bandera, una hoja de la parte media (inmediatamente superior al elote) y una hoja de la parte media del tercio inferior. Para evaluar la severidad se utilizó una escala, estimando visualmente el porcentaje de área dañada por las lesiones de cada una de las enfermedades presentes en cada hoja muestreada y dando valores en una escala continua de 0 a 100 % (Ramírez, Morales y López, 2009; Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019;). Se cosechó por separado cada una de las 20 plantas muestreadas por hibrido. Se obtuvo el rendimiento de mazorca y se estimó el rendimiento en t/ha, para ello, se consideró la densidad de plantas/m de cada una de las plantas muestreadas en cada uno de los híbridos. La información fue analizada con los datos climatológicos de la estación meteorológica automatizada de la comunidad Emiliano Zapata sur en la región Fuerte-Mayo ubicada a 1.6 km del sitio de estudio. Los resultados se analizaron considerando un diseño completamente al azar. Los análisis y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de temperatura en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora durante los meses de enero, febrero y marzo, fueron inferiores a los 10 °C y no permitieron el desarrollo de enfermedades. Las enfermedades foliares iniciaron su desarrollo a partir del mes de abril e incrementaron en los meses de mayo favorecidas por temperaturas mínimas superiores a 10 °C (Beckman y Payne,1983; Headrick y Pataky, 1986; Ramírez, 2022). El desarrollo de las enfermedades foliares del maíz en los meses de abril y mayo en la región Fuerte-Mayo fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 14.5 y 33.5 °C, humedad relativa promedio de 54.0% y 2 lloviznas ligeras que acumularon 0.75 mm (Figura 1). La severidad del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas en los híbridos de maíz Edison, Hipopótamo, U8G, U17G y DK 4050, fue de 19.33, 18.43, 18.10, 17.67 y 14.19 %AFD, respectivamente (Cuadro 2). Los valores de severidad en el tercio medio superiores a 20%, son considerados importantes en la reducción de rendimiento en el cultivo de maíz, la mayoría de los híbridos evaluados presentaron alrededor del 40% de plantas que superaron el 20% de follaje dañado por el complejo y solo en el híbrido DK 4050 se encontró un 25% de plantas muestreadas con valores de severidad mayores al 20% de follaje dañado en el tercio medio. Las enfermedades más frecuentes fueron: mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y roya común (*Puccinia sorghi*) con valores promedio en el tercio medio de 7.94, 6.74 y 2.28% de follaje dañado, respectivamente. La severidad de mancha gris fue mínima en el tercio medio de las plantas con promedio de 0.58 %AFD y la mancha zonada que se encontró integrando al complejo en otra investigación en esta región durante este ciclo, estuvo ausente en los híbridos evaluados (Cuadro 1). La menor severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de maíz durante este ciclo se puede atribuir a la fecha de siembra y a las escasas lluvias que se presentaron en los meses cálidos de abril y mayo (Cuadro 1 y 2). Durante este ciclo se encontró con mayor severidad a la mancha blanca, lo cual puede deberse a las temperaturas mínimas superiores a los 12 °C y a la cercanía al mar del sitio de estudio con solo 13 km y coincide con trabajos previos (Ramírez, 2022; Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022). La severidad promedio de mancha blanca fue de 7.94% y fue mayor en el híbrido U8G con 10.24% (Cuadro 2). Los bajos valores de severidad obtenidos en la presente investigación, confirman que los híbridos de maíz en fecha de siembra en el mes de enero, pueden escapar en su etapa inicial de fructificación al mayor periodo de infección de las enfermedades foliares en el mes de abril, en el sur de Sonora (Ramírez,

Valenzuela y Cabrera, 2019, Ramírez y Valenzuela, 2021; Ramírez, 2022). Los mayores rendimientos estimados se obtuvieron con los híbridos U17G, Edison y DK 4050 con 11.279, 10.902 y 10.303 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). Los híbridos U17G y DK 4050 presentaron menor susceptibilidad al complejo y los mayores rendimientos durante la presente investigación; este comportamiento del híbrido DK 4050 coincide con los resultados obtenidos en ciclos anteriores (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019; Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022). Los rendimientos durante este ciclo en fecha de siembra tardía coincidieron a los obtenidos en una investigación anterior con fechas de siembra (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019).

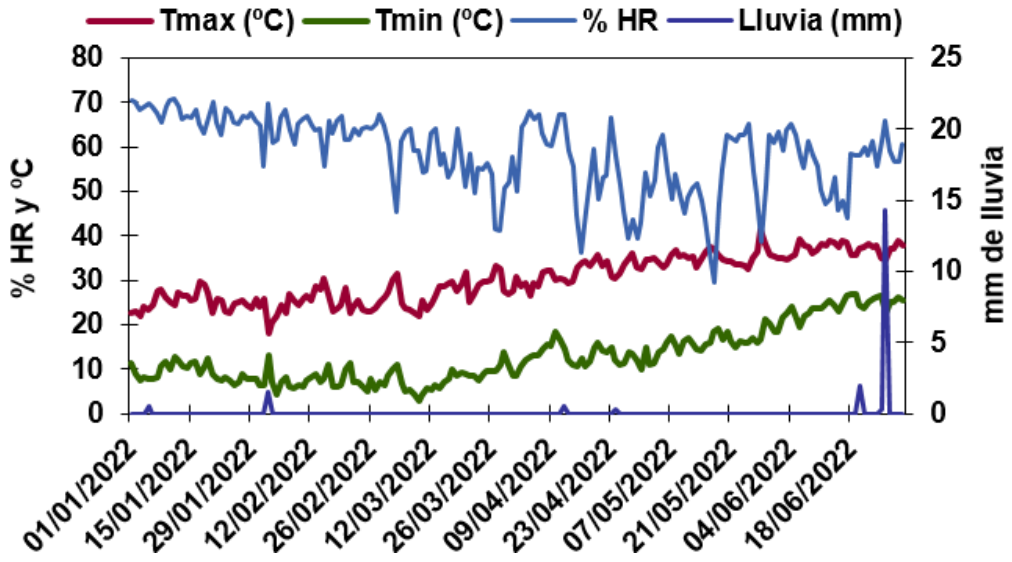


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica Emiliano Zapata sur, 2022.

Cuadro 1. Severidad del complejo de enfermedades foliares en híbridos de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Primavera-verano, 2022.

Híbridos de maíz	% Severidad de enfermedades foliares del maíz en el tercio medio[1]					Total %AFD
	Mancha blanca	Tizón foliar	Roya común	Mancha gris	Mancha zonada	
Edison	9.57	7.62	1.81	0.33	0.0	19.33
Hipopótamo	6.43	9.00	1.38	1.62	0.0	18.43
U8G	10.24	4.86	2.62	0.38	0.0	18.10
U17G	5.95	9.62	1.62	0.48	0.0	17.67
DK 4050	7.52	2.62	3.95	0.10	0.0	14.19
Promedio	7.94	6.74	2.28	0.58	0.0	17.54

[1]Tercio medio= primera hoja superior al elote.

Cuadro 2. Severidad del complejo de enfermedades foliares y rendimiento de híbridos de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Primavera-verano, 2022.

Híbridos de maíz	% Severidad de enfermedades foliares			Rendimiento	
	T. inferior	T. medio[1]	Hoja Bandera	Mazorca (g)	(t/ha)
U17G	95.2	17.6	7.4	89.8 a	11.279 a*
Edison	87.3	19.3	7.3	87.6 a	10.902 a
DK 4050	95.0	14.5	10.9	88.8 a	10.303 a b
Hipopótamo	91.9	18.4	11.1	79.1 ab	8.899 b
U8G	82.8	18.1	8.4	71.6 b	8.879 b
Promedio	90.4	17.6	9.0	83.3	10.052

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05= 1.568 t/ha

[1]Tercio medio= primera hoja superior al elote.

CONCLUSIONES

- Las enfermedades foliares del maíz encontradas en los cinco híbridos evaluados en el sur de Sonora fueron: mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), Roya común (*Puccinia sorghi*) y mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*).
- Los híbridos de maíz U17G y DK 4050 resultaron con el mayor rendimiento y mediana severidad de daño por el complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas.
- Los híbridos de maíz en fecha de siembra en el mes de enero, pueden escapar en su etapa inicial de fructificación al mayor periodo de infección de las enfermedades foliares en el mes de abril en el sur de Sonora.

REFERENCIAS

Beckman, P. M., and Payne, G. A. 1983. Cultural techniques and conditions influencing growth and sporulation of *Cercospora zeae-maydis* and lesion development in corn. Phytopathology 73: 286-289.

CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.

Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1986. Effects of night temperature and mist period on infection of sweet corn by *Puccinia sorghi*. Plant Disease, 70(10):950-953.

Olivares, S. E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.

Ramírez, A. J. A., Morales, C. A. y López, R. M. 2009. Comportamiento de híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) a un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memorias XII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.

Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. y Cabrera, C. F. 2019. Comportamiento de dos híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en tres fechas de siembra en el sur de Sonora. Memorias XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pág. 535-540.

Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. 2021. Comportamiento de híbridos de maíz a enfermedades foliares en siembra tardía en el sur de Sonora. Memorias XXIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pag. 470-474.

Ramírez, A. J. A. 2022. Severidad de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 65-69.

Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. y Armenta, C. R. A. 2022. Comportamiento de híbridos de maíz a enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 70-74.

Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. The American Phytopathology Society. pp.

SIAP-SADER, 2013-2022. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO A ENFERMEDADES DEL SUELO EN EL SUR DE SONORA

BEHAVIOR OF PINTO BEAN VARIETIES TO SOIL DISEASES IN THE SOUTH OF SONORA

Ramírez Arredondo José Alfonso y Padilla Valenzuela Isidoro.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de frijol en el sur de Sonora es afectado por un complejo de hongos del suelo. En esta región se desconocen varios aspectos sobre el patosistema radical del cultivo de frijol y la posible existencia de tolerancia varietal a estas enfermedades. El objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento de cinco variedades de frijol Pinto a las enfermedades del suelo en las condiciones naturales del sur de Sonora. Esta investigación se realizó en el sur de Sonora durante el ciclo primavera-verano 2021. Se evaluaron a enfermedades del suelo las variedades de frijol Pinto: Pinto Bill Z, Pinto Max, Pinto Rarámuri, Pinto Centauro y Pinto Saltillo. El diseño fue en bloques. La siembra se realizó el 05 de febrero de 2021. Se estimó la severidad de las enfermedades del suelo en las raíces de las variedades de frijol y el rendimiento por planta y en t/ha. El complejo de las enfermedades del suelo tuvo una incidencia promedio de 82%. Las enfermedades que se presentaron fueron las ocasionadas por *Fusarium spp*, *Rhizoctonia solani y Phytophthora spp* con 10.0, 9.0 y 8.6% de severidad en las raíces, respectivamente. Las variedades de frijol con menor daño por patógenos del suelo fueron: Pinto Rarámuri, Pinto Bill Z y Pinto Max con 22.7, 23.7 y 26.0% de severidad en sus raíces, respectivamente. El mayor rendimiento se obtuvo con Pinto Bill Z y Pinto Max con 14.40 y 15.05 gr/planta y una estimación de 2.549 y 2.358 t/ha, respectivamente.

Palabras clave: severidad, tolerancia, rendimiento

ABSTRACT

Bean cultivation in the south of Sonora is affected by a soil fungal complex. In this region, several aspects of the radical pathosystem of bean cultivation and the possible existence of varietal tolerance to these diseases are unknown. The objective of this research was to determine the behavior of five varieties of Pinto beans to soil diseases in the natural conditions in the south of Sonora. This research was conducted in the south of Sonora during the spring-summer 2021 cycle. The Pinto bean varieties were evaluated for soil diseases: Pinto Bill Z, Pinto Max, Pinto Rarámuri, Pinto Centauro and Pinto Saltillo. The design was in blocks. Planting took place on February 05, 2021. The severity of soil diseases in the roots of bean varieties and the yield per plant and in t/ha were estimated. The complex of soil diseases had an average incidence of 82%. The diseases that occurred were those caused by *Fusarium spp*, *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora spp* with 10.0, 9.0 and 8.6% severity in the roots, respectively. The bean varieties with the least damage by soil pathogens were Pinto Rarámuri, Pinto Bill Z and Pinto Max with 22.7, 23.7 and 26.0% severity in their roots, respectively. The highest yield was obtained with Pinto Bill Z and Pinto Max with 14.40 and 15.05 gr/plant and an estimate of 2,549 and 2,358 t/ha, respectively.

Keywords: severity, tolerance, yield

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol en el sur de Sonora es afectado por diversas enfermedades del suelo que causan la muerte de plántulas y pudriciones radicales en plantas adultas, ocasionadas por un complejo de hongos del suelo, integrado por la pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*), pudrición del cuello por *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*, pudrición radical por *Phytophthora spp* y *Fusarium spp* (Padilla, Ramírez, Ortiz, Cabrera y Valencia, 2021; Rodríguez et al., 2022). En el sur de Sonora, en trabajos previos se encontró que la enfermedad del suelo con mayor incidencia en el cultivo de frijol, fueron lesiones rojizas en la superficie de las raíces ocasionada por *Fusarium spp*, la cual se encontró en el 51.3 % seguida por la pudrición por *Phytophthora spp* y pudrición del cuello por *Rhizoctonia solani* con 7.4 y 6.3 %, respectivamente (Ramírez y Padilla, 2021). Las enfermedades del suelo son favorecidas por las altas densidades de siembra, la cual, se utiliza para asegurar una población aceptable de plantas de frijol, pero también pueden favorecer las enfermedades del suelo porque incrementan la humedad dentro del cultivo, además la cercanía entre las

plantas incrementa el contacto entre sus raíces, lo cual favorece la diseminación de los patógenos (Ramírez, Padilla, Rodríguez y Navarro, 2019). En esta región se desconocen muchos aspectos sobre el patosistema radical del cultivo de frijol y la información de la existencia de tolerancia varietal a estas enfermedades es limitada (Ramírez y Padilla, 2022). El objetivo de esta investigación fue conocer el comportamiento de variedades de frijol Pinto a las enfermedades del suelo durante primavera en las condiciones naturales del sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano 2021 en un lote del Campo La Uva ubicado en el Municipio de Navojoa, Sonora, en las Coordenadas 27.003084 latitud N y -109.458076 longitud W. La siembra se llevó a cabo el día 05 de febrero, en un suelo de barrial y condiciones de riego por goteo. La densidad de siembra fue de 20 semillas/metro. Se evaluaron a enfermedades del suelo cinco variedades de frijol Pinto: Pinto Bill Z, Pinto Max, Pinto Rarámuri, Pinto Centauro y Pinto Saltillo. El diseño fue en bloques de camas de 200 m de longitud a 100 cm de separación; dos hileras en la misma cama a 80 cm. La parcela útil fue de un surco de un m de longitud con cinco repeticiones. Durante la madurez fisiológica se cuantificó el número de plantas, para la estimación de la severidad de enfermedades del suelo en la raíz principal y estimar rendimiento se cosecharon 4 plantas de frijol por parcela útil. Durante el periodo del 17 al 19 de mayo se realizaron muestreos para estimar la incidencia y severidad de las enfermedades ocasionadas por hongos patógenos del suelo. Para evaluar la severidad de las enfermedades del suelo se utilizó una escala continua, estimando visualmente el porcentaje de área dañada por las lesiones de cada una de las enfermedades presentes en cada raíz de planta muestreada y dando valores de 0 a 100 % (Ramírez y Padilla, 2021); las plantas revisadas fueron cosechadas individualmente y se obtuvo el rendimiento en gr por planta, también se obtuvo la estimación del rendimiento en t/ha, donde se consideró la densidad de cada planta cosechada. Para el análisis se consideraron los datos de temperatura, humedad relativa y precipitación de la estación climatológica automatizada del Sitio Experimental Valle del Mayo, INIFAP, ubicada a 4 km del sitio de estudio. Los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas mínimas promedio de 11.6 y máximas de 32.2 °C que predominaron en el mes de abril, así como, las temperaturas mínimas y máximas de 15.5 y 35.5 °C que se presentaron durante la primera quincena del mes de mayo (Figura 1), favorecieron el desarrollo de lesiones por patógenos del suelo en las raíces de las plantas de frijol. Las enfermedades más comunes en el suelo en esta región durante la época cálida en los meses de septiembre y octubre al inicio del ciclo otoño-invierno corresponden a *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium spp*. (Ramírez y Padilla, 2022). Durante el muestreo realizado en madurez fisiológica se encontraron tres enfermedades radicales. *Rhizoctonia solani* con lesiones color marrón a la altura del cuello de las plantas y superficie del suelo, generalmente ocasionando solo un menor vigor de las plantas adultas; *Fusarium spp*, lesiones rojizas que cubrieron parcial o la totalidad de la raíz sin desprendimiento de la corteza y que ocasionaron menor vigor y hasta la mortalidad de las plantas adultas; *Phytophthora spp*, lesiones color café que cubrieron parcial o la totalidad de la raíz con desprendimiento de la corteza y que causaron menor vigor y hasta la mortalidad de las plantas adultas. La suma de las incidencias de cada una de las tres enfermedades encontradas superó en algunos casos el 100%, debido a que se encontraron en ocasiones dos de las enfermedades en la misma planta (Cuadro 1). La mortalidad de plantas de frijol en la etapa de plántula ocasionó que la densidad inicial de 18 plantas/m, solo resultara en una población promedio de 15.0 plantas/m en madurez fisiológica (Cuadro 1), lo que indica pérdida en la población por enfermedades del suelo. La variedad Pinto Bill Z tuvo la mayor densidad de plantas al final del ciclo con 16.0 plantas/m, lo que podría sugerir que esta variedad tiene mayor tolerancia a las enfermedades del suelo presentes a inicios del ciclo ocasionadas por *Rhizoctonia solani y Phytophthora spp*, las cuales estuvieron favorecidas poco después de la emergencia por dos precipitaciones de 15.2 y 9.1 mm en los días 19 y 27 de febrero (Figura 1); estas se encontraron en la variedad Bill Z con bajas incidencias de 20 y 10% al final del ciclo, respectivamente (Cuadro 1). Las condiciones de temperaturas relativamente frescas que predominaron durante el mes de abril favorecieron el desarrollo de las enfermedades ocasionadas por *Rhizoctonia solani y Phytophthora spp*, los cuales son comunes durante la época fría en el ciclo otoño-invierno en esta región (Ramírez y Padilla, 2022). La enfermedad del suelo con mayor daño a las raíces fue ocasionada por *Fusarium spp* con una severidad de 10.0%, seguida por la pudrición del cuello por *Rhizoctonia solani y Phytophthora spp* con 9.0 y 8.6 %,

respectivamente (Cuadro 2). Las variedades con menor daño fueron: Pinto Rarámuri, Pinto Bill Z y Pinto Max con 22.7, 23.7 y 26.0% de severidad en sus raíces, respectivamente (Cuadro 2). El resultado de menor severidad del complejo de enfermedades del suelo en frijol correspondió con el mayor rendimiento por planta y estimación de t/ha en la variedad Pinto Bill Z y Pinto Max con 14.40 y 15.05 gr/planta, respectivamente y una estimación de 2.549 y 2.358 t/ha, respectivamente. Pero en la variedad Rarámuri la menor severidad del complejo no se reflejó en el rendimiento, el cual fue de solo 10.43 gr/planta y una estimación de solo 1.698 t/ha (Cuadro 2 y 3); lo cual, pudo ser debido a una menor madurez fisiológica de esta variedad en la fecha que se realizó el muestreo y la cosecha. Por otra parte, cabe destacar el comportamiento de la variedad Pinto Saltillo, que aún con la mayor severidad por patógenos del suelo con 33.0%, estuvo en el primer grupo de significancia en rendimiento con 13.81 gr/planta y una estimación de 2.254 t/ha (Cuadro 3). Los resultados de esta investigación con las variedades Pinto Max y Pinto Bill Z, fortalecen el principio de control genético para el manejo de patógenos del suelo en el cultivo de frijol en el sur de Sonora.

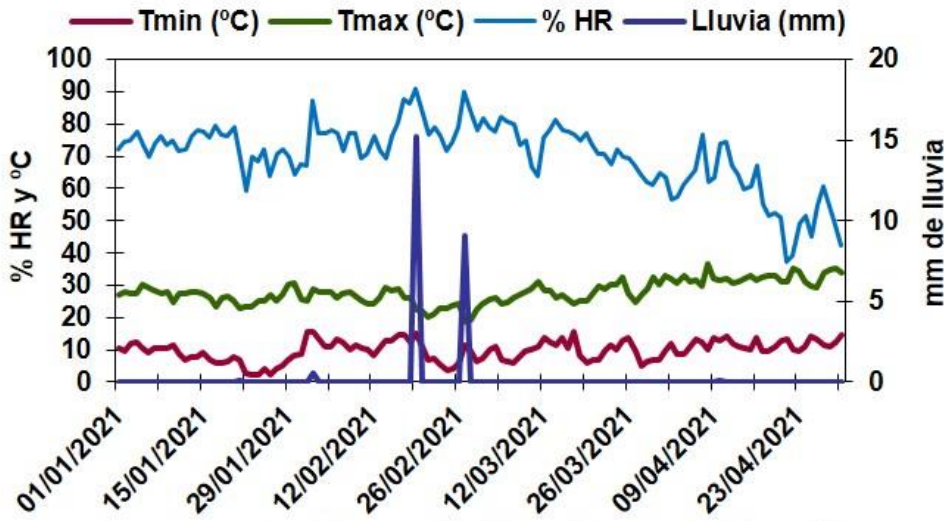


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de frijol en el sur de Sonora. Ciclo primavera-verano 2021. Estación SEMAY-INIFAP.

Cuadro 1. Incidencia de enfermedades del suelo en raíces de variedades de frijol Pinto en el sur de Sonora. Ciclo Primavera, 2021. INIFAP.

Variedad	Nº plantas/m	Incidencia de enfermedades del suelo			
		Rhizoctonia	Fusarium	Phytophthora	Total
Rarámuri	14.7	55.0	30.0	40.0	125.0
Saltillo	14.8	75.0	15.0	30.0	120.0
Max	14.0	40.0	50.0	15.0	105.0
Centauro	15.4	40.0	30.0	30.0	100.0
Bill Z	16.0	20.0	45.0	10.0	75.0
Promedio	15.0	46.0	34.0	25.0	105.0

Cuadro 2. Severidad de enfermedades del suelo en raíces de variedades de frijol Pinto en el sur de Sonora. Ciclo Primavera, 2021. INIFAP.

Variedad	Severidad de enfermedades del suelo			
	Rhizoctonia	Fusarium	Phytophthora	Total
Saltillo	16.2 a*	6.0 a*	10.7 a*	33.0
Centauro	10.7 a b	11.0 a	11.0 a	32.7
Max	6.0 b c	14.5 a	5.5 a	26.0
Bill Z	3.0 c	14.2 a	6.5 a	23.7
Rarámuri	9.0 b c	4.5 a	9.2 a	22.7
Promedio	9.0	10.0	8.6	27.6

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales estadísticamente DMS 0.05

Cuadro 3. Rendimiento de variedades de frijol Pinto evaluadas a enfermedades del suelo en el sur de Sonora. Ciclo Primavera, 2021. INIFAP.

Variedad	Enfermedades del suelo		Rendimiento	
	incidencia	Severidad	gr/Planta	t/ha
Bill Z	65	23.7	14.40 a*	2.549 a*
Max	85	26.0	15.05 a	2.358 a
Saltillo	85	33.0	13.81 a	2.254 ab
Centauro	90	32.7	10.50 b	1.792 b c
Rarámuri	85	22.7	10.43 b	1.698 c
Promedio	82	27.6	12.84	2.130

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales estadísticamente DMS 0.05

CONCLUSIONES

- Las enfermedades del suelo que se presentaron en todas las variedades de frijol fueron las ocasionadas por *Fusarium spp*, *Rhizoctonia solani y Phytophthora spp* con un promedio de 10.0, 9.0 y 8.6 % de severidad en las raíces, respectivamente.
- Las variedades de frijol con menor daño por patógenos del suelo fueron: Pinto Rarámuri, Pinto Bill Z y Pinto Max con 22.7, 23.7 y 26.0% de severidad en sus raíces, respectivamente.
- El mayor rendimiento se obtuvo con Pinto Bill Z y Pinto Max con 14.40 y 15.05 gr/planta y una estimación de 2.549 y 2.358 t/ha, respectivamente.

REFERENCIAS

Olivares, S. E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L

Padilla, V. I., Ramírez, A. J. A., Ortiz, E. J. E., Cabrera, C. F. y Valencia, F. P. 2021. Tecnología para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto para Productores Nº 108. CENEB-INIFAP. 32 p.

Ramírez, A. J. A., Padilla, V. I., Rodríguez, C. F. G. y Navarro, S. F. J. 2019. Efecto de la densidad de siembra en el desarrollo de las enfermedades del frijol en el sur de Sonora. Memorias DDA, CENEB-INIFAP. Pág. 13-14.

Ramírez, A. J. A. y Padilla, V. I. 2021. Incidencia de enfermedades radiculares en variedades de frijol en el sur de Sonora. Memorias DDA, CENEB-INIFAP. Pág. 25-27.

Ramírez, A. J. A. y Padilla, V. I. 2022. Comportamiento de variedades de frijol a enfermedades del suelo en el sur de Sonora. Memorias XXV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Mexicali, B. C. Pág. 565-569.

Rodríguez, C. F.G., Cortez, M. E., Sauceda, A. R. H., Acosta, G. J. A., Padilla, V. I. y Miranda, A. A. P. 2022. Tecnología para producir semilla de frijol en Sinaloa. Folleto Técnico N° 46. CENEB-CIRNO-INIFAP. 46 p.

CONOCIMIENTO DEL ENTORNO DE NEGOCIOS Y PROPENSIÓN AL RIESGO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS

KNOWLEDGE OF THE BUSINESS ENVIRONMENT AND RISK PROPENSITY OF AGRICULTURAL PRODUCERS

***Erick Baltazar Brenes[1] y Mercedes Borja Bravo[2]**

[1]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, México.

[2]Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

***Autor de correspondencia: baltazar.erick@inifap.gob.mx**

RESUMEN

Uno de los factores cruciales para la toma de decisiones en las empresas agropecuarias es el conocimiento del negocio y la comprensión de los cambios en el entorno. La propensión al riesgo del productor y conocimiento que tenga el productor sobre su agronegocio influirán en sus decisiones empresariales y en el resultado financiero de la unidad de producción. En este trabajo, se explora la propensión al riesgo de los productores y se analiza el conocimiento que tienen sobre su empresa y el entorno de negocios. Se aplicaron encuestas a productores de maíz de temporal y los resultados se analizaron con estadística descriptiva. Es evidente que los productores agropecuarios necesitan fortalecer su conocimiento del negocio para enfrentar los retos y riesgos del entorno cambiante.

Palabras clave: capacidades empresariales, riesgo de mercado, pequeños y medianos productores

ABSTRACT

One of the crucial factors for decision-making in agricultural companies is understanding the business and the changes in the environment. The producer's risk propensity and knowledge about their agribusiness will influence their business decisions and the financial outcome of the production unit. This study explores the producers' risk propensity and analyzes their knowledge about their company and the business environment. Surveys were

conducted with rainfed corn producers, and the results were analyzed using descriptive statistics. It is evident that agricultural producers need to strengthen their business knowledge to face the challenges and risks of the changing environment.

Keywords: business capabilities, market risk, small and medium-sized producers.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores cruciales para la toma de decisiones en las empresas es el conocimiento del negocio, tanto de los recursos que posee como de su entorno. Los cambios en el entorno tienen una influencia en los beneficios de la unidad de producción. Algunos de los factores externos que impactan a la empresa son: la inflación; aspectos políticos, sociales y culturales; y de salud. Recientemente, el fenómeno epidemiológico del COVID-19 modificó las condiciones de convivencia, lo que a su vez impactó en la producción y distribución de la mayoría de los productos y servicios a nivel mundial (Ruiz *et al*., 2022).

Por otro lado, el rumbo que toma la empresa depende de las capacidades de sus dirigentes para combinar los recursos disponibles y obtener el mayor beneficio, así como para adaptarse a los cambios del entorno (Leyva *et al*., 2018). En un entorno cambiante, las decisiones de los productores son complejas, y dependerán tanto de la información que tengan como de los elementos vinculados a la propensión al riesgo (Acuña *et al*., 2019). Los productores afrontan constantemente diferentes tipos de riesgos (climáticos, financieros, de mercado, etc.) que muchas veces se presentan de forma simultánea (Komarek *et al*., 2020).

En este trabajo se analiza el conocimiento que tienen los productores agropecuarios de su empresa y del entorno de negocios. Asimismo, se explora la propensión al riesgo de los productores y la autopercepción que tienen sobre algunas de las características que distinguen a un tomador de decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, se recopiló información mediante 36 encuestas realizadas a productores de maíz de temporal en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Las encuestas se llevaron a cabo durante el período comprendido entre mayo y junio de 2023.

La muestra incluyó tanto a pequeños como medianos productores, con el fin de obtener una perspectiva representativa de la población de interés en el municipio. Las encuestas fueron aplicadas de manera personalizada, lo que permitió una mayor interacción con los productores y una mayor confiabilidad en los datos recopilados.

Una vez recopilados los datos, se procedió a realizar un análisis estadístico descriptivo. Este análisis permitió resumir y presentar los resultados de manera clara y concisa, identificando patrones y tendencias en las respuestas de los productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la teoría de recursos y capacidades, se identifican diferentes recursos que influyen en la rentabilidad de las unidades de producción agropecuarias. Estos recursos incluyen los físicos, tecnológicos, financieros, humanos y de organización. En esta investigación la mayoría de los productores estuvo de acuerdo en que el uso adecuado de los recursos disponibles puede generar mayores beneficios a un menor costo y que el conocimiento de los recursos y procesos de la unidad de producción es crucial para una buena administración. Sin embargo, solo un 52.7% de los productores afirmó conocer todos los recursos y procesos de su empresa agropecuaria, lo que sugiere una falta de información completa en algunos casos.

En relación a la eficiencia en la administración, se hizo énfasis en el proceso de compras, ya que un proceso adecuado de adquisición de insumos puede reducir costos e incrementar la eficiencia del sistema de producción. Sin embargo, los resultados revelaron que la mayoría de los productores solo mencionó dónde realizan la adquisición de los insumos y las razones para elegir a un proveedor, lo que sugiere una falta de conocimiento detallado sobre el proceso de compras en su empresa (Tabla 1).

Tabla 1. Preferencias de los productores para adquirir sus insumos.

Criterio	**% de productores que lo consideran**
Compara precios y elije el menor	44.4
Compra en su misma localidad	33.3
Compra con proveedores conocidos	25.0
Compra en una localidad cercana	22.2
Elije los insumos con la mejor relación precio-calidad	13.9
Compra con el proveedor que esté más cercano	5.6
Que den asesoría incluida	5.6
Adquiere sólo productos conocidos	5.6
Ninguno	5.5
Que vendan a crédito	2.8
Que den un plazo de gracia para pagar	2.8
Con proveedores que sean de confianza	2.8
Resguarda el producto en su bodega	2.8
Se asocia con otros productores para realizar compras a un mejor precio	2.8
Compra con anticipación	2.8

Fuente: Elaborado con información de encuestas.

Un proceso de distribución eficiente del producto final puede disminuir costos y satisfacer las expectativas de los clientes. Sin embargo, los productores encuestados no tenían un proceso de distribución definido y se limitaron a mencionar el área de venta y el tipo de clientes a los que venden sus productos. Esto podría indicar una falta de enfoque en la optimización de la distribución y la gestión de la demanda, almacenamiento, trámite de pedidos, logística y atención al cliente. Treinta y seis porciento de los agricultores indicó producir exclusivamente para el autoconsumo, 55.5% unicamente para la venta y la minoría para doble propósito. Esta situación es consistente con los hayasgos de las investigaciones de Reyna-Ramírez *et al*., 2020. En la Tabla 2 se señalan las formas en que los productores prefieren vender su producto y el tipo de clientes, la mayoría de los encuestados indicó más de una característica.

Tabla 2. Distribución y destino de la producción.

Característica	**% de productores que la mencionaron**
En la localidad	8.3
En las localidades cercanas	11.1
Entrega en la bodega del comprador	8.3
A pie de parcela	11.1
A los vecinos	22.2
A los socios	2.8
A una empresa	8.3
A quien lo pague mejor	2.8

Fuente: Elaborado con información de encuestas.

El entorno de negocios también juega un papel importante en las decisiones de los productores. Las características del mercado, como la competencia y los grupos de consumidores, influyen en las estrategias y enfoques de venta. Aún cuando, el mercado del maíz se caracteriza por haber una concentración en todas las actividades: insumos, producción, comercialización, entre otras (Maximiliano-Martínez *et al.,* 2011), la mayoría de los productores afirmó tener muchas opciones para vender su producto y conocer a sus competidores principales.

Los negocios agropecuarios están sujetos a riesgos, especialmente relacionados con cuestiones climáticas y económicas. Además, debido a los cambios constantes de la economía mundial las empresas se encuentran con diferentes riesgos que pueden afectar su desempeño en el mercado (Pérez, 2017). Los productores encuestados consideraron que el nivel general de riesgo de su actividad productiva era alto en un 44.5%, medio en un 41.7% y bajo en un 13.8%. También indicaron los principales factores que afectaban su agronegocio y el nivel de insertidumbre de cada uno, lo que sugiere que son conscientes de los riesgos a los que se enfrentan (Tabla 3).

Tabla 3. Factores que afectan el agronegocio y nivel de riesgo.

Factor	**Proporción de productores por nivel de riesgo**			
	Alto	**Medio**	**Bajo**	**Nulo**
El aumento de los precios de los insumos	91.6	5.5	2.9	0.0
La disminución constante del precio del producto	63.8	33.3	2.9	0.0
La falta de apoyos gubernamentales	61.1	16.6	22.3	0.0
Las importaciones de productos similares	44.4	36.1	11.1	8.4
La delincuencia	41.6	11.1	41.6	5.7
La falta de crédito para producir	19.4	27.7	30.5	22.4
Los intermediarios en la venta del producto	22.2	44.4	22.2	11.2
La sobreoferta de mi producto en el mercado	13.8	36.1	33.3	16.8

Fuente: Elaborado con información de encuestas.

El conocimiento de la rentabilidad de la empresa y del mercado es crucial para la toma de decisiones informadas. La mayoría de los productores afirmó estar consciente del costo-beneficio de su negocio, no obstante menos del 40% lleva registros de gastos e ingresos para conocer la rentabilidad de su empresa. Además, mencionaron que tenían un conocimiento básico sobre el mercado, como precios locales, competidores locales e intermediarios, lo que sugiere una conciencia de la importancia de conocer las características que buscan los compradores de su producto.

Finalmente, en las pequeñas unidades de producción, caracterizadas por el minifundio y el monocultivo, el acceso al crédito es escencial para poder tecnificarlas y diversificar su producción (Castillo-Girón, 2018). Al respecto, la mayoría de los productores indicó que trabajaban con recursos propios, lo que destaca la necesidad de opciones de financiamiento para mejorar y escalar los procesos de sus unidades de producción (Tabla 4).

Tabla 4. Preferencias de los productores sobre financiamiento, producción y comercialización.

Preferencia	**Porcentaje de productores**
Prefiere trabajar con sus propios recursos económicos y no pedir prestado.	91.6
Siempre busca financiamiento para su empresa.	11.1
Prefiere aplicar el paquete tecnológico más económico.	61.1
Prefiere aplicar el paquete tecnológico que ofrece mayor beneficio-costo aunque la inversión sea mayor.	80.5
Siempre aplica todos los insumos recomendados en la producción.	72.2
Sólo aplica los insumos de producción que puede comprar.	61.1
Prefiere vender su producto a pie de parcela aunque el precio sea menor.	66.6
Prefiere buscar nuevos compradores para obtener el mejor precio por su producto.	47.2

Fuente: Elaborado con información de encuestas.

CONCLUSIONES

De este estudio se puede concluir que la mayoría de los productores comprende la importancia del conocimiento de los recursos y procesos de su empresa agropecuaria para una buena administración, pero, aproximadamente, solo la mitad los conoce, por lo que sería necesario capacitarlos en este sentido.

Por otro lado, tienen un conocimiento limitado sobre el proceso de compras en su empresa y una carencia de enfoque en la optimización de la distribución y gestión de la demanda. Tampoco conocen a detalle las particularidades de su mercado y no cuentan con un proceso claro de distribución lo cual podría limitar su capacidad para tomar decisiones competitivas.

Los productores son conscientes de los riesgos, pero menos del 40% lleva registros de gastos e ingresos para conocer la rentabilidad de su empresa, lo que podría afectar la toma de decisiones financieras informadas.

La mayoría prefiere trabajar con sus propios recursos económicos y no pedir prestado, resaltando la necesidad de opciones de financiamiento adecuadas para mejorar y escalar sus unidades de producción.

Finalmente, los productores agropecuarios necesitan fortalecer su conocimiento del negocio para enfrentar los retos y riesgos del entorno cambiante. La toma de decisiones informadas, la eficiencia en la administración, el conocimiento del mercado y la rentabilidad, y el acceso al financiamiento son áreas clave que deben mejorarse para una gestión más exitosa y sostenible.

REFERENCIAS

Acuña, C., Ortiz, J., Abad, M., & Naranjo, E. (2019). Toma de decisiones en las pymes ecuatorianas: industrias de pichincha y azuay. Revista ESPACIOS, 40 (40), 18. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338925389

Castillo-Girón, V. M., León-Mora, D., Alonso, O., & Ayala-Ramírez, S. (2018). Accesibilidad del financiamiento agropecuario en Ameca, Jalisco, México. Entramado, 14(1), 64-77. http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27135

Komarek, A. M., De Pinto, A., & Smith, V. H. (2020). A review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, *178*, 102738. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102738

Leyva Carreras, A. B., Cavazos Arroyo, J., & Espejel Blanco, J. E. (2018). Influencia de la planeación estratégica y habilidades gerenciales como factores internos de la competitividad empresarial de las Pymes. Contaduría y administración, 63(3), 17-38. DOI: https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1085

Maximiliano-Martínez, G., Rivera-Herrejón, M. G., Franco-Malvaíz, A. L., & Soria-Ruiz, J. (2011). La comercialización de maíz después de Conasupo en dos comunidades del norte del Estado de México. Economía, sociedad y territorio, 11(35), 197-224. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11116271008

Pérez, S. L. G. (2017). Las empresas agropecuarias y la administración financiera. Revista mexicana de agronegocios, 40(1345-2017-1410), 583-594. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14152127007

Reyna-Ramírez, C. A., Fuentes-Ponce, M. H., Rossing, W. A., & López-Ridaura, S. (2020). Caracterización de unidades de producción familiar agropecuarias mesoamericanas.

Agrociencia, 54(2), 259-277. Disponible en: https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1905

Ruiz, E., Salazar Gómez, J. F., Huerta Mora, I. R., Valdivia Rivera, M. D. J., & Hernández Cárdenas, M. (2022). Desarrollo de las capacidades empresariales: influencia en el crecimiento económico de las MiPyMEs mexicanas (Development of Business Capabilities: Influence on the Economic Growth of Mexican MSMEs). RAN-Revista Academia & Negocios, 8(1). Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560869828001

CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE HÍBRIDOS DE VAINILLA EN CONDICIONES DE CRECIMIENTO MÍNIMO

Enrique Hernández-Leal[1]*, Olga Bonilla-Barrientos[1], Iván Franco-Gaytán[2], Beatriz Martínez-Yañez[3], Delfino Reyes-López[4]

[1]INIFAP-Campo Experimental Delicias. [2]INIFAP - Campo Experimental La Laguna. [3]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. [4]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Teziutlán, Puebla, México. *Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) es una orquídea nativa del sureste de México y América Central. De esta se obtiene uno de los saborizantes más populares del mundo la cual se denomina “vainillina”. Desafortunadamente se encuentra en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra en riesgo y está sujeta a protección especial. Por eso el rescate y la conservación *in vitro* constituyen una herramienta económica a mediano y largo plazo. El objetivo del presente trabajo fue conservar a mediano plazo de manera *in vitro* híbridos de *Vanilla* en crecimiento mínimo. Para esto se utilizaron explantes de siete híbridos interespecíficos de *V. planifolia* con progenitores de diferente origen. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de manitol y sacarosa en el medio de cultivo que variaron de 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 g L^{-1}. El número de nudos, brotes y raíces se registró cada 30 d durante seis meses. El mejor tratamiento fue con 30 g L^{-1} de manitol y sin sacarosa en el medio de cultivo permitieron un crecimiento mínimo en la mayoría de los híbridos. A mayor manitol y menor contenido de sacarosa, menor fue la longitud, número de internudos, brotes y raíces de los explantes ($P \leq 0.05$). Se puede concluir que 30 g L^{-1} de manitol sin sacarosa en medio de cultivo *in vitro* reduce significativamente el crecimiento durante 180 d en híbridos de vainilla.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, manitol, conservación.

ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks) is an orchid native to southeastern Mexico and Central America (Salazar-Rojas *et al*., 2012). From this one of the most popular flavorings in the world is obtained, which is called "vanillin" (Greule *et al*., 2010). Unfortunately it is found in the NOM-059-SEMARNAT-2010 standard, this species is at risk and is subject to special protection. For this reason, rescue and in vitro conservation constitute an economic tool in the medium and long term (Pence *et al*., 2002). The objective of this work was to conserve in the medium term in vitro Vanilla hybrids in minimal growth. For this, explants of seven interspecific hybrids of V. planifolia with progenitors of different origin were used. The treatments consisted of different doses of mannitol and sucrose in the culture medium that varied from 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 g L^{-1}. The number of nodes, shoots and roots was recorded every 30 d for six months. The best treatment was with 30 g L^{-1} of mannitol and without sucrose in the culture medium, which allowed minimal growth in most of the hybrids. The higher the mannitol and the lower the sucrose content, the lower the length, number of internodes, shoots and roots of the explants ($P \leq 0.05$). It can be concluded that 30 g L^{-1} of mannitol without sucrose in in vitro culture medium significantly reduces growth during 180 d in vanilla hybrids.

Key words: *Vanilla planifolia*, mannitol, conservation.

INTRODUCCIÓN

La *Vanilla planifolia* J. es originaria del sureste de México y Centroamérica (Salazar-Rojas *et al*., 2012), de esta se obtiene un aromatizante de los más populares en el mundo llamado “vainillina” (Greule *et al*., 2010). En nuestro país, se encuentra en riesgo y sujeta a protección especial por lo que está dentro de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010. Por eso, su rescate y conservación *in vitro* constituyen una herramienta económica a mediano y largo plazo (Pence *et al*., 2002). La FAO (1995), la considera con un alto grado de erosión genética. En los últimos años en México, se ha reducido el área sembrada debido a bajos rendimientos (Luis-Rojas, 2020); además, se considera una actividad económica secundaria con productores de edad avanzada (Santillán-Fernández, 2019). Ante esto, es necesario generar estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* que ayuden a detener la pérdida de diversidad genética de este género en México y el mundo. Azofeifa *et al*. (2014) mencionan que su conservación debe estar bajo una estrategia integrada, que permita de manera sostenible su perpetuidad y se conserve la mayor variabilidad genética posible.

Uno de los métodos de conservación *ex situ* más utilizados es la conservación *in vitro*, cuyas ventajas son el ahorro de espacio, mano de obra, desarrollo de plantas sanas, altas tasas de multiplicación, suministro constante de plantas a los productores y mantenimiento de la fidelidad genética del material (Engelmann y González, 2013; Bonilla *et al*., 2015). El crecimiento mínimo de los explantes *in vitro* ha permitido una conservación exitosa a mediano y largo plazo (Bello *et al*., 2015). Para el desarrollo de esta técnica se han utilizado en el medio de cultivo componentes que retardan el crecimiento de los explantes para evitar subcultivos en periodos cortos como son los reguladores osmóticos como el manitol y el sorbitol (Hassan *et al*., 2014) e inhibidores del crecimiento como el ácido abscísico (ABA) (Barrueto y Carvalho, 2008) y paclobutrazol (Ziv, 2000). Existen evidencias que la sacarosa, manitol y sorbitol funcionaron muy bien para la conservación *in vitro* de ñame de agua (*Dioscorea alata*) y ñame blanco (*Dioscorea rotundata*) (Salazar & Hoyos, 2007). Rayas *et al*. (2013) estudiaron el efecto del manitol y el nitrato de plata para la conservación *in vitro* de malaga (*Xanthosoma* spp.).

En México, los estudios para crecimiento mínimo en vainilla se han enfocado solo en *V. planifolia* y no en híbridos interespecíficos. Por lo que está información es de suma importancia para programas de mejoramiento genético de esta especie, dado que los cruces generan combinaciones genéticas distintas a los progenitores. Asimismo, el comportamiento de cada híbrido puede ser diferente en los medios de cultivo utilizados para la conservación de materiales con alto potencial agronómico. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del manitol y la sacarosa, tanto individualmente como en conjunto, a diferentes dosis en un medio de cultivo para conservación in vitro en condiciones mínimas de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

El material biológico utilizado fueron siete híbridos obtenidos de diez accesiones de *V. planifolia* de Chiapas, Puebla, Quintana Roo y Veracruz, México. Las cruzas se realizaron manualmente de marzo a abril de 2013, los frutos se cosecharon 60 días después de la polinización. Las plantas *in vitro* F_1 se obtuvieron en el laboratorio de *in vitro* y crioconservación del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) en Tepatitlán, Jalisco, México. El cultivo *in vitro* se realizó en cuatro etapas: desinfección, siembra, incubación y multiplicación. Para el mantenimiento y multiplicación de las plantas *in vitro* se utilizó el medio de cultivo propuesto por Murashige y Skoog (1962), suplementado con 30

g L^{-1} de sacarosa, 1 g L^{-1} de carbón activado y 8,5 g L^{-1} de agar, el pH se ajustó a 5.7, el medio se esterilizó en un autoclave vertical Yamato modelo SM200 durante 15 min a 121 °C. Las plantas se incubaron a 18 °C, a 16 h luz y 8 h de oscuridad, con una intensidad de luz de 68 µmol m^{-2} s^{-1}, con lámparas fluorescentes blancas. Se cultivaron veinte protocormos de cada cruce hasta una altura de 12-15 cm, este procedimiento duro 2 años (2015 a 2016).

Para el experimento se utilizaron 15 plantas por híbrido, cortando yemas axilares de 1 cm de longitud dentro de una campana de flujo laminar. Los brotes se sembraron en tubos de ensayo que contenían 15 mL de medio de cultivo. El medio fue MS con (0,22 % (p/v)) Gelrite™ (Sigma®) como agente gelificante, se añadió manitol y sacarosa como fuente de carbono en concentraciones de 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 g L^{-1}. Los explantes se incubaron a 18 °C durante un fotoperíodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad, con una intensidad de luz de 68 µmol $m^{-2}s^{-1}$, con lámparas fluorescentes blancas. Los diferentes tratamientos fueron las concentraciones de manitol y sacarosa (Cuadro 1), los cuales se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y se utilizaron 10 explantes por tratamiento. Se evaluó la longitud del explante, el número de entrenudos y de brotes y raíces cada 30 días durante seis meses. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P≤0.05) con el software SAS v9 (SAS Institute, 2002).

Cuadro 1: Concentración de manitol y sacarosa en medios de cultivo para crecimiento mínimo de híbridos de Vanilla planifolia

TRATAMIENTO	SACAROSA (g L^{-1})	MANITOS (g L^{-1})
T1	0	0
T2	30	0
T3	25	5
T4	20	10
T5	15	15
T6	10	20
T7	2	25

T8	0	30

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento con 30 g L^{-1} de manitol y sin sacarosa (T8), fue el que tuvo la menor longitud de explantes, con 11,42 mm; aunque no hubo diferencias estadísticas con los tratamientos 7, 6, 5 y 1, no tuvo raíces y permitió valores menores en su internudo y número de brotes (Cuadro 2). Los datos sugieren que cuanto mayor es la concentración de manitol, más lento es el crecimiento de los explantes y similar a Testigo (T1). Rukundo (2012) encontró resultados similares en plántulas de banano cuando usó manitol como fuente de carbono. El uso de manitol en concentraciones superiores al 5.5 % tiene un efecto de crecimiento mínimo en yemas de *D. alata* (Borges *et al*., 2003). Las concentraciones de manitol en el medio de cultivo son variables y dependen de la especie, debido a que este compuesto se puede producir naturalmente en diversas especies vegetales como olivo, apio, zanahoria, perejil, café, calabaza, frijol, arveja etc. (Stoop *et al*., 1996).

Cuadro 2: Cuadrados medios del análisis de varianza en seis variedades convencionales de algodón.

TRATAMIENTO	Longitud (mm)		número de entrenudos		número de brotes		Número de raíces	
T1	11.60	c	0.16	f	0.93	b	0.03	e
T2	26.56	a	2.39	a	1.09	a	1.28	a
T3	21.36	b	1.91	b	1.11	a	0.94	ab
T4	19.05	b	1.78	bc	1.10	a	0.63	bc
T5	15.10	c	1.32	cd	1.12	a	0.46	cd
T6	14.36	c	1.09	de	1.00	ab	0.37	cde
T7	13.09	c	0.69	e	0.98	ab	0.11	de
T8	11.42	c	0.11	f	0.98	ab	0	e
DMS	3.71		0.46		1.14		0.4	

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En relación a la sacarosa como fuente de energía y carbono, el T2 con 30 g L^{-1} permitió los mayores valores de longitud, número de entrenudos y raíces en los explantes con 26.56 mm, 2.39 y 1.28, respectivamente. Menchaca *et al*. (2011) utilizaron 20 g L^{-1} de sacarosa en medio de cultivo, reportando buenos resultados para la germinación de semillas *in vitro* de un híbrido de *V. planifolia* y *V. pompona*. Gãtjens *et al*. (2018), reportan buenos resultados para la propagación masiva y formación de callos protocórmicos de vainilla a partir de puntas de raíces utilizando 30 g L^{-1} de sacarosa en el medio de cultivo. Por el contrario, los valores más bajos se registraron en los medios de cultivo sin sacarosa. Lemoine (2013) destaca que la síntesis, el transporte y el metabolismo de los azúcares son importantes en las plantas que crecen en el campo, ya que determinan su crecimiento. Sin embargo, en condiciones de cultivo in vitro, los explantes no son suficientemente autótrofos, ya que las condiciones no son muy adecuadas para la fotosíntesis, y la adición de azúcares al medio de cultivo es fundamental para satisfacer la demanda energética y de carbono para el adecuado desarrollo de los explantes (Rukundo, 2012).

CONCLUSIÓN

Las diferencias observadas en el comportamiento de los explantes de los híbridos de *V. planifolia* a las diferentes combinaciones de manitol y sacarosa podrían deberse a las nuevas combinaciones genéticas que se generan al realizar los cruces entre progenitores de distinto origen. Además, el manitol reduce significativamente el crecimiento de explantes de híbridos cuando se desarrollan en un medio de cultivo con concentraciones de 30 g L-1 de manitol y sin sacarosa.

REFERENCIAS

Azofeifa-Bolaños, J.B., Paniagua-Vásquez, A., & García-García, J.A. (2014). Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp. (Orquidaceae) en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 25,189-202.

Barrueto, L.P., & Carvalho, C.B. 2008. Importance of abscisic acid (ABA) in the *in vitro* conservation of cassava (*Manihot esculentus*). Chilean Journal of Agricultural Research, 68, 304-308. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392008000300011

Bello, B.J.J., García, G.G.G., & Iglesias, A.L. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) bajo condiciones de lento crecimiento *in vitro*. Revista Fitotecnia Mexicana, 38(2), 165-171. https://www.revistafitotecniamexicana.org/contacto.html

Bonilla, M.M.M., Mancipe, M.C., & Aguirre, M.A.C. 2015. Conservación *in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 1(6), 67-81. https://doi.org/10.22490/21456453.1264

Borges, M., Meneses, S., Vázquez, J., & García, M. 2003. Conservación *in vitro* de Germoplasma de *Dioscorea alata* L. por crecimiento mínimo. Plant Genetic Resources Newsletter, 133, 8-12.

Engelmann, F., & González, A.M.T. 2013. Introducción a la conservación ex situ de los recursos genéticos vegetales. In: F. Engelman, & A.M.T. González, (Eds). Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. pp. 25-35. San José, Costa Rica, IICA.

Gãtjens, B.O., Acuña, M.C.L., Montero, C.W., Díaz, C., & Torres, S. 2018. Propagación masiva y formación de callos protocórmicos de vainilla a partir de ápices radicales. Polibotánica, 45, 157-180. http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.45.12.

Greule, M., Tumino, L., Kronewald, T., Hener, U., Schleucher, J., Mosandl, A., & Keppler, F. 2010. Improved rapid authentication of vanillin using 813C and 82H values. European Food Research and Technology, 231, 933-941.

Hassan, N.A., Stino, R.G., Gomaa, A.H., & Al-Mousa, R.M. 2014. *In vitro* medium-term germplasm conservation and genetic stability of grape (*Vitis vinifera* L.). Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 6(1), 9-17. DOI: 10.5829/idosi.jhsop.2014.6.1.1133

Lemoine, R.S., La Camera, S., Atanassova, R., Dédaldéchamp, F., Allario, T., Pourtau, N., Bonnemain, J.L., Laloi, M., Coutos, T.P., Maurousset, M.L., Faucher, M., Girousse, C., Lemonnier, P., Parrilla, J., & Durand, M. 2013. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. Frontiers in Plant Science, 4, 1-21. DOI:10.3389/fpls.2013.00272

Luis-Rojas, S., Ramírez-Valverde, B., Díaz-Bautista, M., Pizano-Calderón, J., & Rodríguez-López, C. (2020). La producción de vainilla (*Vanilla planifolia*) en México: análisis y pronóstico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1:175-187. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2065

Menchaca, G.R.A., Ramos, P.J.M., Moreno, M.D., Luna, R.M., Mata, R.M., Vázquez, G.L.M., & Lozano, R.M.A. 2011. Germinación *in vitro* de híbridos de *Vanilla planifolia* y *V. pompona*. Revista Colombiana de Biotecnología. 13(1). 80-84. DOI:10.15446/rev.colomb.biote

Murashige, T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

Pence, V.C., Sandoval, J.A., Villalobos, V.M., & Engelmann, F. (Eds.). 2002. *In vitro* collecting techniques for germplasm conservation. IPGRI Technical Bulletin No. 7. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Rayas, A., Cabrera, M., Santos, A., Basail, M., López, J., Medero, V. & Beovides, Y. 2013. Efecto del manitol y el nitrato de plata en la conservación *in vitro* de la malanga (*Xanthosoma* spp.). Revista Colombiana de Biotecnología. 15(1). 167-171. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/28620/42015

Rukundo, P. 2012. Comparative study of effects of table sugar, Laboratory grade sucrose and manitol on growthof banana plantlets under *in vitro* condition. Rwanda Journal, 76(28), 76-83. DOI: 10.4314/rj.v28i1.6

Salazar R., & R.A. Hoyos. 2007. Multiplicación y tuberización in vitro de ñame (Dioscorea alata L.) en sistema de inmersión temporal. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. Vol. 60, No. 2. p. 3907-3921.

Santillán-Fernández, A., Trejo, C.M., Martínez, S.A., Martínez, A.L., Vásquez, B.N., Luis, M.S. 2019. Potencial productivo de *Vanilla planifolia* Jacks en el Totonacapan, México, mediante técnicas geográficas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(10), 789-802.

SAS Institute. (2002). User´s Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA

Salazar-Rojas V. M., B. E. Herrera-Cabrera, A. A. Delgado, M. Soto-Hernández, F. Castillo-González and M. Cobos-Peralta. 2012. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. Genetic Resources and Crop Evolution 59:875-887.

Stoop, J., Williamson, J., & Pharr, D.M. 1996. Mannitol metabolism in plants: a method for coping with stress. Trends Plant Science. 1:139-144. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(96)80048-3

Ziv, M. 2000. Bioreactor technology for plant micropropagation. In, J. Janick, (Ed.). Horticultural Reviews, Vol. 24. pp. 1-30).

CONTABILIDAD PARA LA AGRICULTURA

Cuellar-Vázquez, José Enrique; Hernández-Gaytán, Mireya; García-Guerrero, Nancy; Solís-Velásquez, Luz Elena; Vitela-González, Máximo

Tecnológico Nacional de México campus La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.

RESUMEN

La contabilidad agrícola es el registro sistemático de las operaciones económicas que realizan los agricultores en el desarrollo de su actividad productiva. Esta herramienta permite a los agricultores conocer el uso óptimo de sus recursos, como la superficie, el trabajo, insumos y el capital. Así, pueden analizar su rentabilidad y eficiencia, y tomar mejores decisiones para mejorar su productividad y competitividad. Además, la contabilidad agrícola ayuda al gobierno a diseñar políticas de apoyo y subsidio para los insumos agrícolas, como los fertilizantes y los abonos. También facilita la investigación y la innovación en el sector agrícola. Sin embargo, muchos agricultores no llevan un registro adecuado de sus ingresos y gastos, lo que dificulta el análisis de su situación económica y financiera. Algunos de los desafíos que enfrenta la contabilidad agrícola son la asignación de los costos entre los diferentes cultivos y actividades relacionadas, como la ganadería y la avicultura, y la falta de un sistema estandarizado de gestión y contabilidad agrícola. Estos problemas se pueden superar con una mayor capacitación y concienciación de los agricultores sobre la importancia de la contabilidad agrícola para mejorar su productividad y competitividad. En conclusión, la contabilidad agrícola es una herramienta importante para el desarrollo del sector agrícola en México. Permite a los agricultores conocer el uso óptimo de sus recursos, analizar su rentabilidad y eficiencia, y tomar mejores decisiones para mejorar su productividad y competitividad. También ayuda al gobierno a diseñar políticas de apoyo y subsidio para los insumos agrícolas, y facilita la investigación y la innovación en el sector agrícola. Sin embargo, muchos agricultores no llevan un registro adecuado de sus ingresos y gastos, lo que dificulta el análisis de su situación económica y financiera. Se recomienda mejorar la capacitación y la concienciación de los agricultores sobre la importancia de la contabilidad agrícola.

Palabras clave. Productividad, Herramientas de contabilidad, Subsidio, contabilidad agrícola

ABSTRACT

Agricultural accounting is the systematic recording of the economic operations carried out by farmers in the development of their productive activity. This tool allows farmers to know the optimal use of their resources, such as land, labor, inputs and capital. Thus, they can analyze their profitability and efficiency, and make better decisions to improve their productivity and competitiveness. In addition, agricultural accounting helps the government to design support and subsidy policies for agricultural inputs, such as fertilizers and manures. It also facilitates research and innovation in the agricultural sector. However, many farmers do not keep an adequate record of their income and expenses, which hinders the analysis of their economic and financial situation. Some of the challenges faced by agricultural accounting are the allocation of costs among different crops and related activities, such as livestock and poultry farming, and the lack of a standardized system of management and agricultural accounting. These problems can be overcome with more training and awareness of farmers about the importance of agricultural accounting to improve their productivity and competitiveness. In conclusion, agricultural accounting is an important tool for the development of the agricultural sector in Mexico. It allows farmers to know the optimal use of their resources, analyze their profitability and efficiency, and make better decisions to improve their productivity and competitiveness. It also helps the government to design support and subsidy policies for agricultural inputs, and facilitates research and innovation in the agricultural sector. However, many farmers do not keep an adequate record of their income and expenses, which hinders the analysis of their economic and financial situation. It is recommended to improve the training and awareness the farmers on the importance of agricultural accounting.

Keywords. Productivity, Accounting tools, Subsidy, Agricultural accounting.

INTRODUCCION

La agricultura en México es un sector importante de la economía del país tanto histórica como políticamente, ya que emplea directa o indirectamente 6.4 millones, 12.2 (pequeria, 2021) . Sin embargo, el sector agrícola no ha logrado aumentar su productividad al mismo ritmo que otros sectores. Entre los factores que explican este rezago se encuentra la falta de una gestión agrícola adecuada, que incluye la contabilidad agrícola. A diferencia de la gestión industrial y empresarial, la agricultura no cuenta con métodos contables, sistemas

de costes y técnicas de gestión exhaustivos, detallados y sistemáticos. La Normativa Internacional Contable (NIC) 41 Agricultura regula la contabilidad de las actividades agrícolas, es decir, la transformación de los activos biológicos (plantas y animales vivos) en productos agrícolas (producto cosechado de los activos biológicos de la entidad) (Pérez & Pérez, 2008). Según esta norma, los activos biológicos se deben medir al valor razonable menos los costes de venta. La NIC 41 se emitió por primera vez en diciembre de 2000 y entró en vigor para los períodos anuales que comenzaron aproximadamente en enero de 2003.

MATERIALES Y METODOS

En esta sección se abordan los principales problemas que presentan los productores agricolas y la forma de abordarlos desde un punto de vista financiero.

Ayuda a la productividad

La agricultura, al igual que la industria y el comercio, puede beneficiarse de las técnicas de gestión y la contabilidad (financiera, de costes y de gestión) para reducir los costes y aumentar la productividad. De hecho, el sector agrícola merece una mayor atención contable que el sector industrial, ya que provee de materias primas a la industria. Con el incremento de la inversión y el uso de maquinaria y equipos modernos en la agricultura, la contabilidad y las técnicas de gestión se han vuelto más relevantes. México es uno de los países catalogados como centros de origen e importante centro de domesticación de especies agrícolas, animales y de microorganismos que cuenta con unos 5.4 millones de agricultores, 880.000 ganaderos y 145.000 pescadores y acuicultores (Agricultura, 2023). A diferencia de los Estados Unidos y otros países, las unidades de producción en México no se operan ni se gestionan de forma empresarial y, por lo tanto, la contabilidad adecuada para la agricultura ha recibido poca atención. Los agricultores (especialmente los pequeños) no llevan cuentas o, si las llevan, la base de sus registros contables es el efectivo y satisfacen sus necesidades adoptando un sistema de contabilidad de partida simple. Como las cuentas se llevan sobre la base del efectivo, los inventarios y otros elementos no se tienen en cuenta; la imagen real de los resultados operativos no se refleja en la contabilidad.

Mantenimiento de registros

Los registros que llevan los agricultores deben estar diseñados de manera que muestren el costo de producción de cada unidad por separado y también el costo de los productos terminados. El sistema de contabilidad agrícola debe dividirse en secciones basadas en unidades de producción, como diversos cultivos, ganado y otras categorías de gastos basadas en la ubicación. Como la mayoría de las unidades de producción siguen siendo básicamente de propiedad familiar, con la contabilidad hecha por un miembro de la familia, los registros específicos deben ser normalmente aquellos que proporcionen, con un mínimo esfuerzo, toda la información que el agricultor debe tener. Al igual que la contabilidad para las industrias y los comercios, el principal objetivo de las cuentas agrícolas es conocer los resultados operativos de la agricultura. Además de este objetivo principal, otros objetivos específicos de las cuentas agrícolas son:

a. Satisfacer organismos externos; es decir, a las distintas agencias gubernamentales y a las entidades de crédito, como bancos, otorgantes de hipotecas o propietarios, etc.
b. Proporcionar información sobre las fortalezas y debilidades de cada unidad de producción. Estos datos ayudan a determinar qué operaciones se deben enfatizar para obtener el ingreso óptimo del capital invertido.
c. La contabilidad también debe proporcionar información para la correcta división de ingresos y gastos entre el propietario y el arrendatario. La naturaleza de las unidades de producción hace que sea esencial llevar un registro contable como una empresa, para que se pueda hacer una distribución equitativa de los ingresos y egresos. Dicho registro debe establecer una base sólida para la distribución de la propiedad en caso de fallecimiento o cualquier otro motivo que provoque la redistribución de los activos entre los distintos miembros de la familia.
d. En los últimos años se ha puesto un mayor énfasis en el uso marginal de los registros. Las organizaciones agrícolas, así como las universidades, han recopilado información obtenida de una muestra de agricultores con el fin de asesorarles mejor en la gestión de sus operaciones.

Pautas útiles

Las cuentas en el sector agrícola son de gran utilidad para los agricultores buscando volverlas más productivas y rentables. Las cuentas, si se mantienen adecuadamente, pueden proporcionar a los agricultores pautas útiles para revisar y modificar sus planes y así mejorar sus finanzas y asuntos operativos. Las cuentas de las granjas pueden proporcionar la siguiente información útil (Bexell, 1911):

a) La cantidad de dinero invertido por superficie, mejoras del suelo, edificios, alimentos, ganado y maquinaria;
b) Insumos anuales en el negocio agrícola clasificados como superficie, trabajo y capital;
c) Los rendimientos de cada unidad productiva;
d) La cantidad de trabajo y calidad y el costo de la mano de obra contratada.
e) Rendimiento por hectárea para los diversos cultivos;
f) Medidas de eficiencia para cada empresa ganadera como:
    1. Producción por vaca;
    2. Huevos por gallina;
    3. Retornos por vaca o por litro;
    4. Retornos por gallina, etc;
g) Retornos totales, insumos totales y retornos netos por una unidad de producción.

El productor que lleva un registro durante varios años no solo puede determinar los resultados de un año determinado, sino también puede compararlos con los de los años anteriores. El registro de insumos que lleva el agricultor le indica en qué medida y en qué proporciones está utilizando la superficie aprovechable, mano de obra y capital. Además, los registros indicarán los montos anuales de capital utilizados para mejoras del suelo, edificios agrícolas; cercas, maquinaria y energía. El agricultor también puede estimar el valor de su gestión (en función de lo que costaría si se contratara) y así tener un listado completo de los insumos para todos los factores de producción. Los rendimientos de los cultivos para cualquier año pueden ser comparados con los de los años anteriores o con las estadísticas del país.

RESULTADOS

Los registros agrícolas son una valiosa fuente de información para medir y operar la eficiencia financiera no solo en relación con un individuo, sino que también son de gran

valor, si se resumen y se disponen de registros comparables para una zona determinada. Se pueden obtener los siguientes beneficios del análisis de grupos de registros agrícolas:

1. La organización de una unidad de producción se puede comparar con la organización de otras unidades de producción en la región;
2. La eficiencia de cada empresa productiva y cada elemento importante de entrada se puede comparar con los rendimientos y las entradas de unidades de producción similares;
3. Los ingresos de una unidad de producción se pueden comparar con los ingresos de otras unidades de producción en tamaño y sistema de producción;
4. También se pueden comparar los ingresos de distintos sistemas de producción.

La contabilidad para los sistemas de producción se puede clasificar de la siguiente manera:

- Registros que tratan sobre la forma en que se utiliza el tiempo, no solo en lo que respecta a los trabajadores, sino también a la maquinaria agrícola y otras actividades;
- Registros que tratan sobre el uso de materias primas, alimentos, abono, combustible, aceite lubricante, semillas, etc;
- Registros que tratan sobre la alimentación, la cría, la leche, los huevos, etc. del ganado; y
- Registros que tratan sobre los cultivos: superficie, tipos, rendimientos, etc.

Cabe señalar que el número y el tipo de registros que pueden ser útiles varían mucho según el tamaño de la granja y forma de operar.

Clasificación adecuada

Para determinar el costo de cada cultivo por separado, comparar varios cultivos y medir la efectividad de las actividades aliadas, es necesario clasificar adecuadamente las distintas cuentas y llevar un conjunto completo de libros de cuentas. Las ventas y los ingresos y otros gastos deben clasificarse según las actividades y los departamentos. Para este propósito, las cuentas se pueden clasificar en los siguientes encabezados principales:

- Cultivo: para cada cultivo se deben mantener cuentas separadas.
- Ganado: para cada grupo de ganado (como vacas, búfalos, ovejas, ganado lechero, etc.) se debe hacer un registro separado.

- Aves de corral: se debe hacer un registro separado para determinar la rentabilidad de esta actividad. Entre las especies que entra en este rubro son pollos, gallinas, gallos, pavos, etc. y deben registrar en diferentes cuentas.
- Productos: varios productos agrícolas y aliados se deben registrar en cuentas separadas. Para este propósito se deben abrir cuentas de leche, crema, huevos, lana, otros productos lácteos y ganaderos, etc.
- Artículos relacionados con los cultivos: en este grupo se pueden incluir cuentas relacionadas con los cultivos como fertilizantes químicos, comercialización, semillas, etc., que, en conjunto, forman una parte importante del costo de producción.
- Artículos relacionados con el ganado: elementos importantes relacionados con el ganado como tarifas de cría, comercialización, gastos veterinarios y medicina se deben registrar en cuentas distintas.
- Artículos de propiedad: se deben mantener adecuadamente las cuentas relacionadas con la superficie de producción, edificio, maquinaria y equipos (como tractores, herramientas pequeñas, etc.).
- Elementos generales: Los elementos generales pueden incluir el alquiler, la electricidad, el combustible, el aceite y la grasa para el funcionamiento de las máquinas y equipos, el costo de la mano de obra, las reparaciones, los impuestos y otros pagos gubernamentales, etc.

En la primera categoría se colocarían elementos como edificios, equipos y ganado en producción. El segundo contendría inventarios de productos, en mano, que se venderán en un corto período de tiempo. Estos incluirían varios cultivos y ganado. En el caso del ganado que se mantiene a largo plazo, como vacas lecheras en producción, se debe llevar un registro mucho más detallado. Por ejemplo, para cada vaca individual que produce leche, litros de leche por mes, el peso de la vaca, el costo inicial, el costo de alimentación, los gastos veterinarios, etc. deben registrarse claramente y mostrarse en los libros contables (Bexell & Nichols).

Activos depreciables

Es necesario registrar ciertos detalles de los activos depreciables. Esta categoría incluiría, entre otros: edificios, tractores y otros equipos, ganado de cría; etc. Para cada activo comprado, se debe registrar la siguiente información:

- Costo original
- Depreciación proporcionada
- Precio de venta (si se vende)
- Ganancia o pérdida en la venta
- Fecha de venta
- Método de depreciación
- Vida económica estimada de los activos
- Comprado a
- Vendido a
- Costo de reposición.

Los detalles sobre los activos no solo ayudarían a determinar la verdadera ganancia o pérdida, sino que también mostrarían el momento en que los activos deben ser reemplazados y los fondos requeridos para reemplazarlo. Con frecuencia hay acuerdos con los trabajadores o mano de obra contratada que requieren que parte de su pago se haga en forma de comida, alojamiento, etc. Se deben llevar cuentas especiales para este propósito. Uno de los problemas contables en la agricultura es la dificultad de asignar costos entre varios cultivos. Para analizar eficazmente la eficiencia de las distintas unidades de producción, es necesario que el agricultor asigne estos costos en diferentes unidades. Por ejemplo, varios fertilizantes aplicados a un campo tienen beneficios residuales para los cultivos durante un período de tiempo. Además, un subproducto de un cultivo puede ser beneficioso para otro cultivo o unidad de producción.

Medición de la eficiencia

El valor de los registros financieros como herramienta para determinar y analizar la eficiencia de la organización y el funcionamiento de una unidad de producción depende principalmente del grado en que varias medidas evalúan la eficiencia como unidad (Rustagi). Lo siguiente es un esquema de las medidas seleccionadas que se pueden calcular a partir de un registro completo para evaluar la eficiencia de cada unidad de producción, describir la organización, medir el nivel de insumos agrícolas y la eficiencia de la empresa productiva:

a) Medidas de los ingresos agrícolas y la eficiencia general de la unidad de producción: 1. Ingresos totales; 2. Retornos del capital total invertido; 3. Ingresos netos por

hectárea; 4. Relación de ingresos brutos-retornos por cada peso de insumos; y 5. Relación de ingresos netos-ingresos netos por cada peso de insumos.

b) Eficiencia organizativa: 1. Porcentaje de superficie por cultivos; 2. Porcentaje de retornos por cultivo; 3. Porcentaje de retornos de la empresa ganadera.
c) Inversiones e insumos: 1. Insumos totales no alimentarios; 2. Insumos totales de la unidad de producción; 3. Inversión en superficie y capital; 4. Hectáreas y calidad del suelo; 5. Hectáreas en cultivos; 6. Cantidad de mano de obra contratada; 7. Inversión en ganado vivo; y 8. Inversión en insumos y equipos.
d) Eficiencia de producción: 1. Porcentaje de superficie cultivable por cultivo; 2. Rendimiento por hectárea para diferentes cultivos; 3. Índice de rendimiento de los cultivos; 4. Valor de la producción por hectárea; y 5. Costo de fertilización por hectárea cultivable.
e) Eficiencia de la producción ganadera: 1. Cantidad de alimento por unidades de producción; 2. Costo del alimento por unidad producida; 3. Retornos por cada peso de alimento; y 4. Retornos por encima del costo del alimento por cabeza o unidad de producción.
f) Eficiencia laboral: 1. Costo laboral por hectárea por cultivo; y 2. Índice de costo laboral.
g) Eficiencia de la maquinaria: 1. Costo de la maquinaria por hectárea por cultivo; y 2. Índice de costo de la maquinaria.
h) Eficiencia en la compra y venta: 1. Precios recibidos por los productos importantes; 2. Precios pagados por las compras principales; 3. Índice de precios: y 4. Gasto por hectárea.

Debido al relativamente largo ciclo de producción en las operaciones agrícolas, la elaboración de informes para fines de gestión debe ser tan frecuente como lo es en otras formas de negocio. Esto es especialmente necesario en el caso de la agricultura mecanizada que implica una gran inversión. Los informes se preparan generalmente solo al final del año de cultivo. Para una gestión más eficiente, debería haber informes frecuentes que muestren los ingresos, gastos y otra información financiera y operativa. Estos informes beneficiarían al agricultor y le permitirían esforzarse por obtener mejores resultados que solo un informe anual. Estos informes también proporcionarían el costo de producción de un cultivo particular para permitir al agricultor tomar una decisión para el futuro.

CONCLUSIONES

En conclusión, se puede decir que ahora se ha vuelto imperativo para todas las unidades agrícolas adoptar herramientas, métodos y técnicas contables. Con el uso aumentado de mejores semillas, fertilizantes y otros insumos y la mejora de los factores institucionales, la agricultura en México se puede modernizar mediante el desarrollo de un sistema contable adecuado que cubra los aspectos financieros, de costos y de gestión.

REFERENCIAS

Agricultura, I. I. d. C. p. l. (2023). México: Un gigante del sector agropecuario decidido a cerrar brechas sociales en el campo | Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Retrieved from https://bit.ly/43TMHG0

Bexell, J. A. (1911). *Farm Accounting and Business Methods*: Home correspondence school.

Bexell, J. A., & Nichols, F. G. J. Teacher's reference book to accompany Principles of bookkeeping and farm accounts.

pequeria, S. d. i. a. y. (2021). *Empleo en el sector primario*.

Pérez, M. d. C. C., & Pérez, E. I. C. J. P. d. (2008). NIC 41: Agricultura. (197), 58-71.

Rustagi, R. J. L., New Delhi,. Financial Management, Taxman Publication Pvt.

CONTROL DE *Phakopsora pachyrhizi* (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS QUIMICOS EN SOYA

Vicente-Hernández, Zeferino[3]; Felipe-Victoriano, Moisés[1]; Maldonado-Moreno, Nicolás[1]; Rodríguez-Guerra, Raúl[2]; Méndez-Aguilar, Reinaldo[1]*

[1]INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, kilómetro 55 Carretera Tampico-Ciudad Mante C.P. 89610, Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. [2]INIFAP, Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, C.P. 67400, General Terán, Nuevo León, México. [3]Profesionista independiente. *Autor para correspondencia: mendez.reinaldo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de fungicidas en incidencia, severidad y efectividad de fungicidas contra *Phakopsora pachyrhizi* en soya variedad Huasteca 700. Se evaluaron tres mezclas de fungicidas: fluxapyroxad 21.2 % + piraclostrobina 21.2 % (350 mL/ha), ciproconazol 7.27 % + azoxystrobin 18.20 % (300 mL/ha), tebuconazole 22.63 % + trifloxystrobin 22.63 % (250 mL/ha) y un control con surfactante (Agrega®), al 0.1%. Las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora de motor con boquillas de cono hueco con ángulo de 80°, ajustando un gasto de 200 L/ha. La incidencia, severidad y eficiencia de fungicidas se evaluaron semanalmente de los 7 a los 56 días después de la aplicación (DDA). Las mezclas de tebuconazole + trifloxystrobin y ciproconazol + azoxystrobin mantuvieron un buen control de la roya asiática, el cual se mantuvo por debajo de 7 % de incidencia hasta antes de los 49 DDA, periodo en el que los tratamientos testigos, presentaron una incidencia del 100%. Con la aplicación de mezclas de triazoles y estrobirulinas la severidad se puede mantener por debajo del 0.5 %, y proporcionan un periodo de protección de hasta 56 DDA. La aplicación de fungicidas en el cultivo de soya en otoño-invierno reduce significativamente la incidencia y severidad de roya asiática.

Palabras clave: Incidencia, Severidad, Roya asiática, Triazoles, Estrobirulinas

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the efficiency of fungicides in incidence, severity and effectiveness of fungicides against *Phakopsora pachyrhizi* in soybean variety Huasteca 700. Three mixtures of fungicides were evaluated: fluxapyroxad 21.2% + pyraclostrobin 21.2% (350 mL/ha), cyproconazole 7.27% + azoxystrobin 18.20% (300 mL/ha),

tebuconazole 22.63 % + trifloxystrobin 22.63 % (250 mL/ha) and a control with surfactant (Agrega®), at 0.1%. The applications were made with a motorized backpack sprayer with hollow cone nozzles with an 80° angle, an expense of 200 L/ha. The incidence, severity and efficiency of fungicides were evaluated weekly from 7 to 56 days after application (DAA). The mixtures of tebuconazole + trifloxystrobin and cyproconazole + azoxystrobin maintained an excellent control of Asian rust, which remained below 7 % incidence until before 49 DAA, period in which the control treatments presented an incidence of 100%. With the application of mixtures of triazoles and strobirulins, the severity can be maintained below 0.5%, and provides a protection period of up to 56 DAA. The application of fungicides in the soybean crop in autumn-winter significantly reduces the incidence and severity of Asian rust.

Key words: Incidence, Severity, Asian rust, Triazoles, Strobirulins

INTRODUCCIÓN

La roya asiática, *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, puede ocasionar pérdidas en rendimientos entre 10 y 90 % en soya. Esta enfermedad tiene sus orígenes en el continente asiático, en México se reportó por primera vez en 2005 (Terán-Vargas et al., 2013), su control se basa principalmente mediante fungicidas de las familias de los triazoles y estrobirulinas (Ivancovich, 2005), en diversas regiones productoras de soya en Brasil se ha observado que la aplicación de mezclas de fungicidas es más efectiva contra roya asiática, respecto a aplicaciones por separado (Garcés-Fiallos y Forcelini 2011). En México se ha documentado que en siembras tardías de primavera verano o en ciclo otoño invierno si no se realiza un manejo para roya asiática, puede provocar una defoliación prematura en un periodo muy corto de tiempo (20-25 días) pudiendo afectar los rendimientos hasta en 100 %. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de fungicidas y en incidencia, severidad y efectividad de fungicidas contra *Phakopsora pachyrhizi* en la variedad Huasteca 700 de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de enero a mayo de 2023, durante el ciclo otoño-invierno, en el Sitio Experimental Ébano ubicado en el municipio de Ébano, San Luis Potosí, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Se evaluaron tres mezclas de fungicidas: fluxapyroxad 21.2 % + piraclostrobina 21.2 % (Merivon® 350 mL/ha), ciproconazol 7.27 % + azoxystrobin 18.20 % (PRIORI XTRA® 300 mL/ha), tebuconazole 22.63 % + trifloxystrobin 22.63 % (CONSIST MAX® 250 mL/ha) y un control con surfactante (Agrega®), al 0.1%, en soya variedad Huasteca 700, con fecha de siembra del 30 de diciembre de 2020. La primera aplicación se realizó el día 3 de marzo de 2021, cuando se observaron las primeras hojas con síntomas y signos de roya asiática, y se repitió 12 días después. Las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora de motor con boquillas de cono hueco con ángulo de 80°, ajustando un gasto de 200 L/ha.

Los muestreos se llevaron a cabo a los 7, 15, 21, 27, 35, 43, 49 y 56 días después de la aplicación (DDA); la incidencia se estimó a partir de la revisión de 10 plantas por repetición, donde se observaron plantas sanas y plantas enfermas por roya asiática. Para severidad se empleó la escala propuesta por Franceschi et al. (2020). La eficiencia de los fungicidas se estimó de acuerdo con Abbott, (1925). El experimento se planteó en un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos con 6 repeticiones, de ocho surcos a un distanciamiento de 0.76 m de ancho por 15 m de largo. Durante el ciclo de cultivo se aplicó un riego de pre-siembra el día 3 de enero y dos riegos de auxilio el 21 de febrero y 27 de marzo. Los datos de incidencia y severidad se procesaron mediante un análisis de varianza seguida de una prueba de medias de Tukey (α=0.05) en el software estadístico de SAS 9.0. La efectividad de los fungicidas se analizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de la enfermedad mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de los 15 a los 56 DDA (Pr > F 0.0288; <0.0001), mientras que para severidad solo se mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de los 35 a los 56 DDA (Pr > F0.0168; <0.0001). El tratamiento testigo, presento la mayor incidencia de roya asiática, alcanzando el 100% a los 49 DDA (Figura 1A). Los fungicidas tebuconazole + trifloxystrobin y ciproconazol + azoxystrobin mantuvieron un buen control de la roya asiática, el cual se mantuvo por debajo de 7 % de incidencia hasta antes de los 49 DDA. La mezcla de fluxapyroxad + piraclostrobina, presento una incidencia de 25 % desde los 42 a los 56 DDA (Figura 1A).

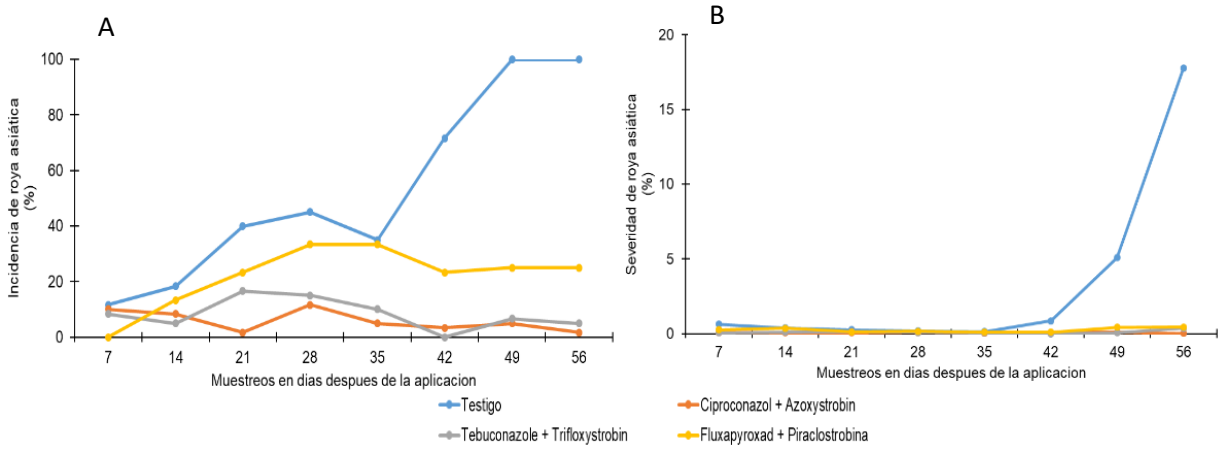


Figura 1. A) Incidencia y B) severidad de roya asiática en soya de la variedad Huasteca 700, en el Municipio de Ébano, SLP (2023).

Con la aplicación de los fungicidas, tebuconazole + trifloxystrobin, ciproconazol + azoxystrobin y fluxapyroxad + piraclostrobina, el daño foliar se puede mantener por debajo del 0.5 %, hasta los 56 DDA, periodo de evaluación en el que el tratamiento control presenta el mayor daño foliar con un 17.74 % (Figura 1B). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Aguayo et al. (2010) y Fajardo-Franco et al. (2021) quienes mencionan que con la aplicación de piraclostrobina + epoxiconazol y azoxystrobin y ciproconazol se reduce significativamente la incidencia y severidad de la roya asiática en soya.

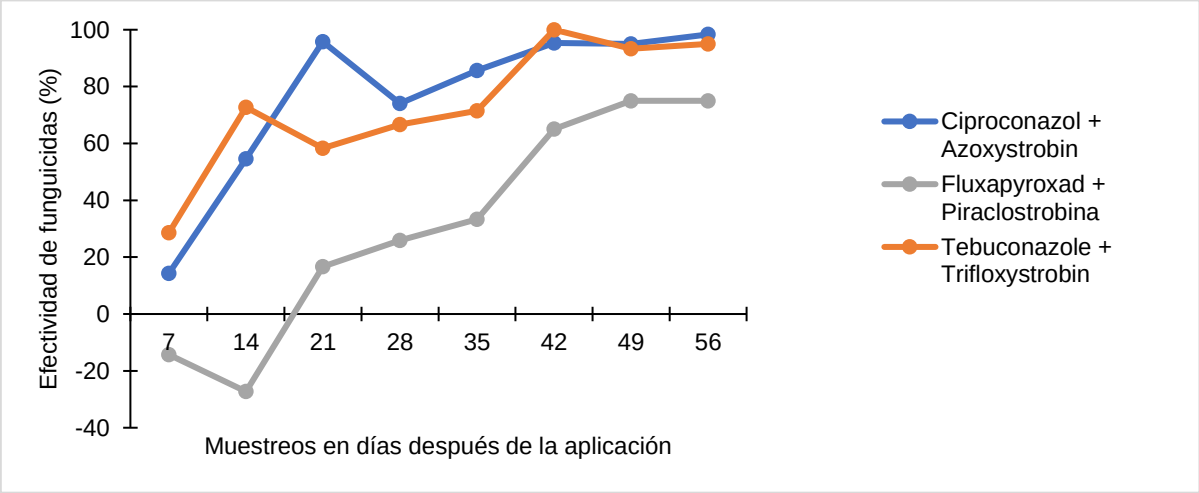


Figura 2. Efectividad de fungicidas en campo contra roya asiática en el Municipio de Ébano, SLP. (2023).

Respecto a la efectividad de los fungicidas evaluados se observó que con dos aplicaciones en el ciclo otoño invierno, posterior a la detección de las primeras plantas con síntomas de la enfermedad, se proporciona un periodo de protección de más de 56 días. Los fungicidas ciproconazol + azoxistrobin (14.2-98.3 %) y tebuconazole + trifloxystrobin (28.5-95 %) presentan una mayor eficiencia en el control de roya asiática, respecto a fluxapyroxad + piraclostrobin (16-75 %), y la efectividad más alta se observa en los últimos muestreos (Figura 2). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Enciso-Maldonado et al. (2021) y Enciso-Maldonado et al. (2022). quienes mencionan que los ingredientes activos tebuconazole + trifloxystrobin, fluxapyroxad + piraclostrobin y ciproconazol + azoxistrobin presentan una mayor eficiencia contra roya asiática.

CONCLUSIONES

La aplicación de mezclas de triazoles y estrobirulinas reducen significativamente la incidencia y severidad de roya asiática en el cultivo de soya respecto a un tratamiento control sin aplicación. Las mezclas de ciproconazol + azoxystrobin y tebuconazole + trifloxystrobin proporciona un mejor control de roya asiática, respecto a fluxapyroxad + piraclostrobin, así mismo los fungicidas evaluados proporcionan un amplio periodo de protección que permiten un buen llenado de grano y semilla de buena calidad en otoño invierno.

REFERENCIAS

Abbot W.S. (1925). A method of computing effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology.; 18:256-267.

Aguayo Trinidad, S., Orrego Fuente, A.L., & Rodríguez Espínola, H.N. (2010). Incidencia, severidad y control químico de la roya asiática (Phakopsora pachyrhizi Sydow) en cultivares convencionales de soja. Investigación Agraria, 12(1), 11-16.

Enciso-Maldonado, G.A., Maidana-Ojeda, M., Aquino, P.R.M., Gamarra, M.A.F., & Schlickmann-Tank, J.A. (2021). Eficacia de fungicidas para el control de manchas foliares en soja en el distrito de Minga Guazú, Paraguay. *Agrotecnia*, (31), 31-37.

Enciso-Maldonado, G.A., Núñez-Ramírez, R.A., Montoya-García, C.O., Schlickmann-Tank, J.A., Maidana-Ojeda, M., Mendoza-Duarte, M.J., & Sanabria-Velázquez, A.D. (2022). Efecto de la época de siembra y diferentes programas aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya asiática de la soja. *Investigaciones y Estudios-UNA*, *13*(2), 37-48.

Fajardo-Franco, M.L., Guzmán-Plazola, R.A., González-Baca, G., Terán-Vargas, A.P., Vaquera-Huerta, H., & Aguilar-Tlatelpa, M. (2021). Desarrollo epidémico de la roya asiática de la soya bajo la acción de fungicidas y variables climáticas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *44*(3), 323-323.

Franceschi, V.T., Alves, K.S., Mazaro, S.M., Godoy, C.V., Duarte, H.S., & Del Ponte, E. M. (2020). A new standard area diagram set for assessment of severity of soybean rust improves accuracy of estimates and optimizes resource use. *Plant Pathology*, *69*(3), 495-505.

Garcés-Fiallos, F.R., & Forcelini, C.A. (2011). Control químico de la roya asiática de la soya en el Planalto Medio, RS., Brasil. *Agronomía Mesoamericana*, *22*(2), 387-395.

Ivancovich A. (2005). Soybean rust in Argentina. Plant Disease-St Paul. 89(6):667-668.

Terán-Vargas A.P., Ascencio-Luciano G., Rosales-Robles E. (2013). Control químico de la roya asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi*. Folleto técnico, CIRNE-INIFAP, 71 p

CONTROL QUÍMICO DEL CARBÓN PARCIAL DEL TRIGO

CHEMICAL CONTROL OF PARTIAL BUNT OF WHEAT

Fuentes-Dávila, Guillermo*, Torres-Cruz, María Monserrat, Félix-Valencia, Pedro, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, y Félix-Fuentes, José Luis

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000. Autor principal: *fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los fungicidas comerciales Rango, Tacora, Velficur y Opus, se evaluaron en campo para determinar su efectividad biológica en el control del carbón parcial (*Tilletia indica*) del trigo, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Veinte espigas por repetición de la variedad Tacupeto F2001, se inocularon durante el embuche inyectando 1 mL por espiga, con una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL). Las dosis de los productos se hicieron de acuerdo a las instrucciones indicadas por las empresas comerciales. La primera aplicación se realizó diez días después de la inoculación (Zadoks 56-58), y la segunda diez días después de la primera. Las espigas inoculadas se desgranaron manualmente y los granos sanos e infectados se contabilizaron para determinar el porcentaje de granos infectados. La efectividad biológica de los productos evaluados fue la siguiente: Opus 91.6, Velficur 83.2, Tacora 80.2 y Rango 70.3%. El testigo inoculado sin tratamiento tuvo un promedio de 18.59% de granos infectados. No hubo diferencias estadísticas en los porcentajes de grano infectado que se obtuvieron entre los productos que se evaluaron, luego de que los datos se transformaran (arcoseno) (Tukey, p = 0.05), y el coeficiente de variación fue 16.17%. No se observaron efectos fitotóxicos que los tratamientos que se aplicaron hayan causado en las plantas de trigo.

Palabras clave: Carbón parcial, *Tilletia indica*, Control químico, Fungicidas.

ABSTRACT

Commercial fungicides Rango, Tacora, Velficur, and Opus, were evaluated in the field to determine their biological effectiveness to control partial bunt (*Tilletia indica*) of wheat. A completely randomized design was used with four replications. Twenty spikes per replication of cultivar Tacupeto F2001 were inoculated by injection during the boot stage applying 1 mL per spike of an allantoid sporidial suspension (10,000/mL). Commercial rates indicated by the fungicide-producing companies of each product were followed. The first application was carried out ten days after inoculation (Zadoks 56-58), and the second one ten days later. Inoculated spikes were threshed by hand and the healthy and infected kernels were counted to determine the percentage of infected grains. The biological effectiveness of the products evaluated were Opus 91.6, Velficur 83.2, Tacora 80.2, and Rango 70.3%. The untreated inoculated check had a mean of 18.59% infected grains. There were no statistical differences in the percentage of infected grains obtained with the products evaluated after arcsin transformation (Tukey, p = 0.05), and the coefficient of variation was 16.17%. No phytotoxic effects of treatments applied to the wheat plants were observed.

Key words: Partial bunt, *Tilletia indica*, Chemical control, Fungicides.

INTRODUCCIÓN

El carbón parcial del trigo causado por el hongo *Tilletia indica* Mitra, es la enfermedad más importante de la semilla y del grano en el noroeste de México (Figura 1) (Fuentes-Dávila, 1997).



Figura 1. Síntomas de carbón parcial en el grano de trigo.

El efecto negativo de esta enfermedad en la calidad de la harina, así como las regulaciones cuarentenarias tanto domésticas como internacionales, causan pérdidas económicas a los productores (SARH, 1987; Brennan *et al*., 1900; SAGARPA, 2002). Aunque el mejoramiento genético para resistencia ha sido un objetivo prioritario desde finales de la década de los 80 e inicios de los 90 (Metzger, 1986; Warham *et al*., 1986; Rajaram *et al*., 1991), un programa de manejo integrado de la enfermedad es de suma importancia. Se han evaluado varias estrategias de control químico (Fuentes-Dávila *et al*., 2022), pero como el agente causal incide mediante infecciones florales, la aplicación de agroquímicos durante el espigamiento, floración y antesis, es la que mejores resultados de control proporciona. Muchos productos comerciales se han evaluado, pero los que mejor control han proporcionado son los del grupo de los triazoles y estrobilurinas (Fuentes-Dávila *et al*., 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar varios fungicidas del grupo de los triazoles, para el control del carbón parcial en trigo, inoculado artificialmente en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo de cultivo otoño-invierno 2020-2021 en la Estación Experimental Norman E. Borlaug, ubicado en la manzana 910 del Valle del Yaqui (27°22´04.64´´ latitud norte y 109°55´28.26´´ longitud oeste, 37 msnm), en donde prevalece un clima cálido [BW (h)] y extremadamente caliente y seco [BS (h)], de acuerdo a la clasificación de Köppen y modificada por García (2004). La fecha de siembra fue el 17 de

diciembre de 2020 con una densidad de 80 kg de semilla por hectárea. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, utilizando la variedad comercial de trigo harinero Tacupeto F2001. Las parcelas experimentales consistieron de 4 camas con dos hileras de 3 m de largo y con 0.80 m de separación entre camas. La inoculación se llevó a cabo durante el embuche mediante inyección, aplicando 1 mL por espiga con una suspension de esporidios alantoides (10,000/mL) en 20 espigas, en las hileras centrales de cada parcela. El inóculo se preparó siguiendo el protocolo descrito por Fuentes-Bueno y Fuentes-Dávila (2007). Se aplicaron las dosis de los productos indicados en su presentación comercial: Opus 12.5 SC (Epoxiconazol) 1 L ha^{-1} p.c., Rango 250 EW (Tebuconazol) 0.60 L ha^{-1} p.c., Tacora 25 EW (Tebuconazol) 0.60 L ha^{-1} p.c., y Velficur 25 EA (Tebuconazol) 0.60 L ha^{-1} p.c.. Para aplicar los productos se utilizó una aspersora manual Solo de 15 litros con una boquilla, y el volumen de agua se basó en 250 L ha^{-1}. La primera aplicación se realizó diez días después de la inoculación (Zadoks 56-58), y la segunda diez días después. Las espigas inoculadas se desgranaron manualmente, y el porcentaje de granos infectados se determinó mediante el conteo de granos sanos e infectados de las 20 espigas, en cada repetición de cada tratamiento y del testigo. La efectividad biológica se obtuvo mediante la formula de Abbot (1925). El análisis de varianza se realizó una vez que se transformaron los datos mediante el arcoseno (Steel y Torrie, 1980) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p = 0.05$). La fitotoxicidad en las plantas de trigo se evaluó diez días después de cada aplicación de los productos, de acuerdo a la escala EWRS (Champion, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencias estadísticas significativas se detectaron entre los tratamientos con los productos y el testigo sin tratamiento, con respecto al porcentaje de granos infectados (Cuadros 1 y 2). El coeficiente de variación fue de 16.17%. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey indicó que todos los tratamientos fueron efectivos en reducir el porcentaje de granos infectados en comparación con el testigo sin tratamiento, el cual tuvo el promedio más alto del porcentaje de infección (18.59%), con un rango de 9.4 a 18.9%. El rango real de los promedios del porcentaje de granos infectados que se obtuvo de las espigas tratadas con los diferentes productos fue de 0.91 a 9.3% (promedio de Opus 1.5%, Velficur 3.1%, Tacora 3.6% y Rango 5.5%). La efectividad biológica de los productos evaluados fue la siguiente: Opus 91.6, Velficur 83.2, Tacora 80.2 y Rango 70.3%.

Cuadro 1. Analisis de varianza del porcentaje de granos infectados con carbón parcial, en espigas de la variedad de trigo harinero Tacupeto F2001, tratadas con los fungicidas Opus, Tacora, Velficur y Rango, así como en espigas del testigo sin tratamiento, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola 2020-2021.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F	F tab
Tratamientos	4	797.4022	199.350	10.99	3.06
Error	15	272.0969	18.139		
Total	19				
C.V.	16.17				

Cuadro 2. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey de los datos transformados del porcentaje de granos infectados con carbón parcial, en espigas de la variedad de trigo harinero Tacupeto F2001, tratadas con los fungicidas Opus, Tacora, Velficur y Rango, así como en espigas del testigo sin tratamiento, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola 2020-2021.

Tratamiento	Grano infectado (%)		Separación de medias
	Real	Transformado	
Opus	1.56	7.09	A
Velficur	3.11	9.89	A
Tacora	3.67	9.99	A
Rango	5.51	13.47	A
Testigo	18.59	25.06	B

No se observaron efectos fitotóxicos que los tratamientos que se aplicaron hayan causado en las plantas de trigo. El grupo de productos pertenecientes a los triazoles, los cuales afectan la biosíntesis del ergosterol, componente primario de la membrana celular de los hongos (Pérez-García *et al*., 2005; Ribas e Ribas *et al*., 2016), demuestran que continúan teniendo efectividad en reducir el porcentaje de granos infectados por *Tilletia indica* en trigo,

por lo que su uso racional, constituye un componente importante en el manejo integrado de la enfermedad.

CONCLUSIONES

La efectividad biológica de los productos evaluados fue la siguiente: Opus 91.6, Velficur 83.2, Tacora 80.2 y Rango 70.3%. El testigo sin tratamiento tuvo un promedio de 18.59% de granos infectados. No hubo diferencias estadísticas en los porcentajes de granos infectados que se obtuvieron entre los productos que se evaluaron, luego de que los datos se transformaran (arcoseno) (Tukey, p = 0.05), y el coeficiente de variación fue 16.17%. No se observaron efectos fitotóxicos que los tratamientos que se aplicaron hayan causado en las plantas de trigo.

REFERENCIAS

Abbot WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18(2):265-267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a.

Brennan JP, Warham EJ, Hernandez J, Byerlee D, and Coronel F. 1990. Economic Losses from Karnal bunt of wheat in Mexico. CIMMYT Economic Working Paper 90/02.

Champion GT. 2000. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC Newslwtter, December 2000, 7.

Fuentes-Bueno I, and Fuentes-Dávila G. 2007. Reaction of wheat cultivars WL-711 (*Triticum aestivum*) and Altar C84 (*T*. *turgidum* subsp. *turgidum*) to inoculation with *Tilletia indica* cultures obtained from infected wheat cultivars Baviacora M92 (*T*. *aestivum*) and Altar C84 under natural conditions in the Yaqui valley, Sonora, Mexico. Annual Wheat Newsletter 53:48-52.

Fuentes-Dávila G. 1997. Carbón Parcial del trigo: situación actual y perspectivas. pp. 105-118. In: Primer Simposio Internacional del Trigo. Cd. Obregón, Sonora, México. 203 p.

Fuentes-Dávila G, Torres-Cruz MM, Félix-Valencia P, Rosas-Jáuregui IA, and Félix-Fuentes JL. 2022. Biological effectiveness of fungicides Priori Xtra, Folicur, Approach Prima,

and Maxtrobin Xtra for control of karnal bunt. International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch 7(4):83-94. https://doi.org/10.35410/IJAEB.2022.5747

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 p. Disponible en: http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1. Consultado el 11 de mayo de 2023.

Metzger RJ. 1986. Screening for resistance to karnal bunt. pp. 25. In: Proceedings of the fifth biennial smut workers' workshop. April 28-30, 1986. Cd. Obregón, Sonora, México. p. 38

Pérez-García A, Fernández-Ortuño D, De Vicente A, Torés JA y López-Ruiz FJ. 2005. Resistencia a inhibidores de la biosíntesis de ergosterol y a estrobilurinas en oídio de cucurbitáceas. https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/173-noviembre-2005/resistencia-a-inhibidores-de-la-biosntesis-de-ergosterol-y-a-estrobilurinas-en-odio-de-cucurbitceas. consultado el 15 de junio de 2023.

Rajaram S, Fuentes-Davila G, van Ginkel M, Getinet G, Camacho M, Montoya J, Amaya A, Peña J, He Zhong H, and Tinayou C. 1991. Breeding bread wheat resistance to Karnal bunt (*Tilletia indica*). pp. 14-15. In: Update on Karnal Bunt Research in Mexico. Wheat Special Report No. 7. CIMMYT, Mexico, D.F.

Ribas e Ribas AD, Spolti P, Medeiros Del Ponte E, Zawada Donato K, Schrekker H, and Meneghello Fuentefria A. 2016. Is the emergence of fungal resistance to medical triazoles related to their use in the agroecosystems? A mini review. Brazilian Journal of Microbiology 47:793-799.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-001-FITO-2001, por la que se establece la campaña contra el carbón parcial del trigo. Diario Oficial viernes 8 de Febrero, 2002. México, D.F. pp. 1-18.

SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1987. Cuarentena interior No. 16 contra el Carbón Parcial del trigo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Diario Oficial, (jueves) 12 de Marzo de 1987, México.

Steel RGD, and Torrie JH. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition. McGraw-Hill Book Company. New York, NY, USA. 633 p.

Warham EJ, Mujeeb-Kazi A, and Rosas V. 1986. Karnal bunt (*Tilletia indica*) resistance of *Aegilops* species and their practical utilization for *Triticum aestivum* improvement. Canadian Journal of Plant Pathology 8:65-70.

Zadoks JC, Cheng TT, and Konzak CF. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x

CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE SERRANO CULTIVADO CON BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL

González-Flores, Vianey Maythe[1]; González-Mancilla, Apolinar[2]*; Ortiz-Rodríguez, Cesar Israel[1]; Zelaya-Molina, Lily Xóchilt [3]; Espino-Moreno, Mercedes[1]; Ríos-Vega María Esther[2]; Orona-Castillo Ignacio[2]

[1]Estudiante de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED). [2]Profesores Investigadores FAZ-UJED, km 32 Venecia, Gómez Palacio Durango, México. [3]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, Boulevard de la Biodiversidad No. 400, Tepatitlán de Morelos 47600, Jalisco, México.

Autor de correspondencia: apolinar.gonzalez@ujed.mx

RESUMEN

El uso de biofertilizantes elaborados con bacterias promotoras de crecimiento vegetal, representa hoy en día una alternativa para producir plántulas con mayor vigorosidad y de calidad para su trasplante. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la inoculación de siete cepas diferentes de bacterias para probar sus efectos en plántulas de chile serrano, esto con el fin de generar una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes químicos. El experimento fue completamente al azar con ocho tratamientos y veinte repeticiones cada uno, se evaluaron variables de altura, numero de hojas, clorofila, área foliar, peso fresco y seco de raíz hojas y tallo. Se encontraron resultados significativos en los tratamientos siendo el M1B6 el que presento mejores resultados, por lo que la inoculación con esta bacteria puede ser una alternativa para la producción de plántulas de chile serano sin tener que emplear fertilizantes químicos.

Palabras clave: *Rizobacterias, Capsicum annuum L., biofertilizantes, chile serrano.*

ABSTRACT

The use of biofertilizers made with plant growth-promoting bacteria represents today an alternative to produce more vigorous and quality seedlings for transplantation. In the present work, the effect of the inoculation of seven different strains of bacteria was evaluated to test their effects on Serrano pepper seedlings, in order to generate an alternative to reduce the use of chemical fertilizers. The

experiment was completely randomized with eight treatments and twenty repetitions each, variables of height, number of leaves, chlorophyll, leaf area, fresh and dry weight of root leaves and stem were evaluated. Significant results were found in the treatments, being M1B6 the one that presented the best results, so inoculation with this bacterium can be an alternative for the production of serano pepper seedlings without having to use chemical fertilizers.

Key words: *Rhizobacteria, Capsicum annuum L., biofertilizers, serrano chili.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es de gran importancia a nivel mundial ya que se produce en varios países, México se encuentra entre los principales productores de esta hortaliza ocupando el segundo lugar a nivel mundial con una producción de 2.8 millones de t producidas en 2021 (FAOSTAT, 2023). A nivel nacional Coahuila y Durango produjeron en 2021, 31 527 y 30 490 t, respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2023).

Se ha comprobado que el uso de fertilizantes químicos, aunque pude potenciar el rendimiento de los cultivos, trae consigo una serie de aspectos negativos como lo son la contaminación del suelo, agua y ambiente, además de los costos que se han incrementado en los últimos años (Czaja *et al*., 2015; Castellanos *et al*., 2017), por ello diversos trabajos se han enfocado en la búsqueda de alternativas para reducir los problemas en suelo, agua, plantas y salud humana (Yuan *et al*., 2017; Verma *et al.,* 2020).

Una de las alternativas utilizadas por diversos autores, es la utilización de biofertilizantes elaborados con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) (González-Mancilla *et al*., 2017; Beltrán-Bernal *et al.,* 2022; Camacho-*Rodríguez et al.,* 2022), mismos que se encuentran de forma natural en la rizosfera de las plantas. La rizosfera es definida como aquella parte del suelo que está influenciada por los exudados radicales, es considerado un ecosistema muy dinámico donde interactúan y coexisten diversos microorganismos.

Las RPCV son bacterias habitantes naturales de la rizosfera y que al ser inoculados en plantas pueden mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos, así como lograr la reducción del uso de fertilizantes químicos (Ramakrishna *et al.,* 2019). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de diferentes cepas de rizobacterias en el crecimiento de plántulas chile serrano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizado en el km 32 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, del ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango, México, con coordenadas geográficas 25° 78' 60'' latitud norte y 103° 35' 07'' longitud oeste, altitud de 1 110 msnm. Se estableció un experimento a nivel semillero bajo un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y veinte repeticiones cada uno (Cuadro1).

Cuadro 1. Tratamientos, claves de las cepas utilizadas y origen de las mismas.

Tratamiento	Cepas	Origen
1	M1B1	Rizosfera de maíz
2	M1B6	Rizosfera de maíz
3	M2B3	Suelo
4	M3B3	Vermicompost
5	M3B6	Vermicompost
6	M5B1	Rizosfera de chile serrano
7	M5B4	Rizosfera de chile serrano
8	Testigo	

Para el aislamiento de las rizobacterias se colecto suelo y se procesó en el laboratorio de microbiología bajo todas las condiciones de asepsia, mediante la técnica de dilución seriada en placa de Agar se hicieron diluciones de 10^3,10^4 y 10^5 y se incubaron a 28 °C durante 48 horas, hasta el crecimiento de colonias. Se resembraron las colonias en Agar nutritivo hasta obtenerlas en su forma pura.

Para la preparación del inoculo se utilizaron 7 cepas previamente aisladas, se utilizaron frascos de 100 mL para preparar 20 mL mismos que fueron sembrados con un aza bacteriano, se dejaron los frascos en agitación constante por 48 horas a 28 ºC, hasta obtener 10^6 UFC por mililitro. Para la siembra se utilizaron charolas de germinación de 200 cavidades, las cuales fueron llenadas con sustrato Peat moss y se agregó una semilla por cavidad. La forma de inocular fue durante la siembra en el que se agregó el inoculo microbiano al sustrato antes mencionado, una vez homogenizado y lograr la condición de

humedad adecuada se procedió a rellenar el semillero, posteriormente se realizó la siembra de las semillas de chile serrano.

Se midieron las variables altura, número de hojas, clorofila y área folia. La altura se midió con una regla graduada en cm partiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja. El número de hojas se contó de manera visual tomando en cuenta todas aquellas completamente desarrolladas. Para determinar el Índice de Cantidad de Clorofila (ICC) en las plantas, se utilizó un medidor de clorofila (Fluorímetro) Marca OptiSciences (CCM-200 Plus). Para el área foliar se utilizó un aparato de medición de área foliar marca LI-COR (Model LI-3100 Área Mater), se colectaron todas las hojas completamente desarrolladas y se pasaron por el aparato, se registró el valor en cm^2.

Los datos obtenidos de las variables fueron procesados en Excel, posteriormente se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los datos se analizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS 2002, recomendado para Windows versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en chile serrano.

La altura y el número de hojas de las plantas de chile serrano, mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$), se observó la inoculación con la M1B6 fue la que presento mayor altura con 6.6 cm y mayor número de hojas por plántula con un promedio de 7.4 hojas, después de este la inoculación con M2B3 fue la que presento valores significativos con 5.1 cm y 7 hojas respectivamente, él tratamiento M5B1 tuvo valores de 5 cm de altura y 6.8 hojas por plántula y en los tratamientos M5B4, M1B1, M3B6 no hubo mucha significancia con respecto al testigo (Figura 1).

En los resultados de la clorofila el tratamiento M2B3 fue el que presento el valor más alto con 5.49 ICC, después le siguen los tratamientos M1B6 Y M1B1 Con valores de 3.18 ICCy 2.88 ICC. Los tratamientos M3B6 Y M5B1 no hubo mucha significancia entre tratamientos pues se obtuvieron valores de 2.60 y 2.69 ICC respectivamente. En el área foliar el mayor valor se registró en el tratamiento M1B6 con un valor de 5.92 cm^2, después se registró un valor de 5. 25 cm^2 en el tratamiento M2B3. Los tratamientos M1B1, M3B6, M3B3, M5B1 fueron estadísticamente similares entre ellos con valores de más de 3.6 cm^2, pero estadísticamente diferentes con respecto al testigo que presento un valor de 2.68 cm^2 siendo el más bajo registrado de todos los tratamientos (Figura 2).

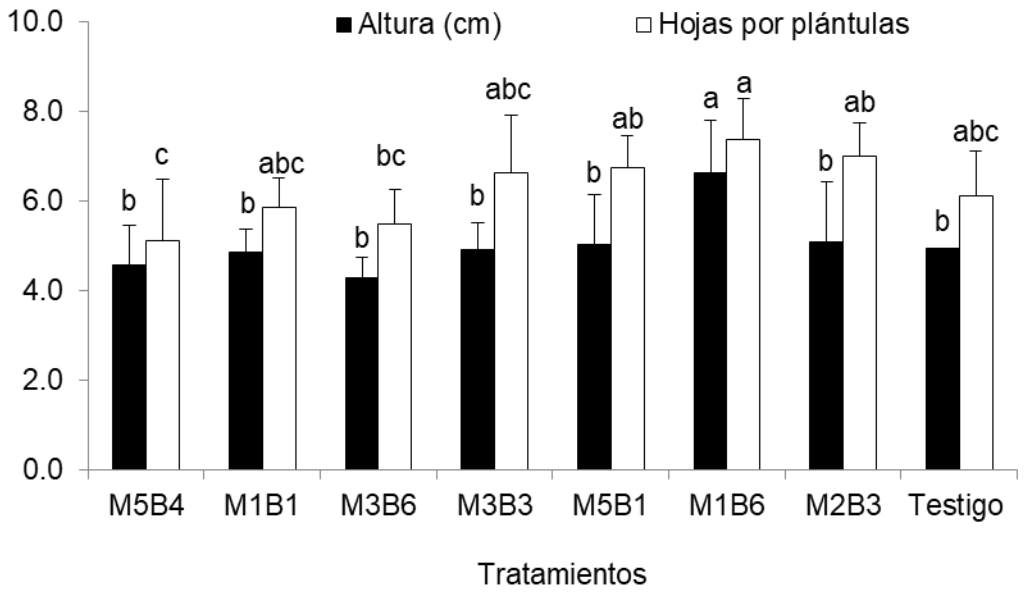


Figura 1. Efecto de la inoculación de diferentes rizobacterias en la altura y número de hojas en plántulas de chile serrano. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). n = 12, ±EE.

En los resultados obtenidos de los pesos frescos y secos (Cuadro 2), también se obtuvieron diferencias estadísticas entre tratamientos; todos los tratamientos con cepas fueron superiores al testigo el cual registro un peso fresco total de 93.8 mg y 15.5 mg de preso seco. El tratamiento con la cepa M2B3 fue la que registro los valores más altos con un valor de 181.3 mg en biomasa fresca y 49.2 mg en biomasa seca de plántula, posteriormente le siguió el tratamiento con la cepa M5B1 quien presento 153.8 de biomasa fresca y 24.5 mg de biomasa seca por plántula.

En un trabajo similar, pero en chile poblano González-Mancilla *et al*. (2017), encontraron incrementos en el crecimiento de plántulas cuando se inocularon con Serratia plymuthica y Rhizobium nepotum, al promover mayor altura y mejor producción de biomasa seca radical y área en plántulas de chile poblano. Aunque en este trabajo, las cepas aún no han sido identificadas, posiblemente sus efectos positivos estén relacionados con algunos mecanismos de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, por ejemplo la fijación

simbiótica de nitrógeno, la solubilización de fosfatos y producción de auxinas (Troskie *et al*., 2014; González-Mancilla *et al*., 2017) y que han sido correlacionados con el crecimiento y desarrollo en diferentes cultivos agrícolas, siendo principalmente de *Capsicum annum* (Amaresan *et al*., 2012; González-Mancilla *et al*., 2017; Ahmed *et al*., 2022; Almaraz-Suarez *et al*., 2022).

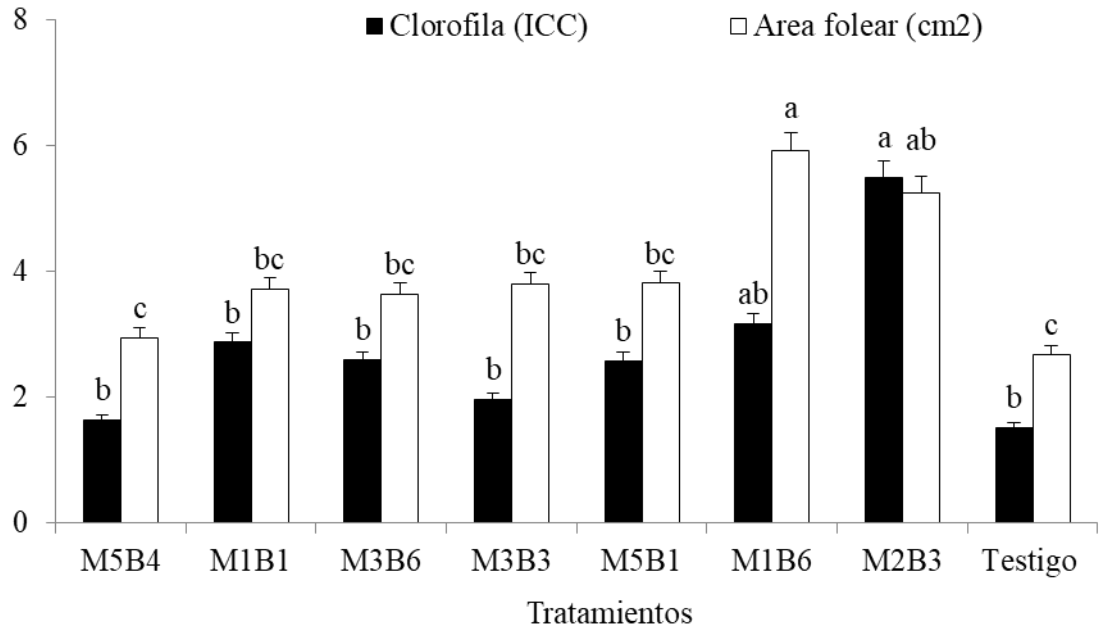


Figura 2. Efecto de la inoculación de diferentes rizobacterias en clorofila y área foliar de las plantas de chile serrano. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). n = 12, ±EE.

Cuadro 2. Efecto de la inoculación de las rizobacterias en el peso fresco y seco de hojas, tallo y raíz, en plántulas de chile serrano.

Tratamientos	PFH	PFT	PFR	Total	PSR	PST	PSH	Total
	----------Miligramos----------							
M5B4	56.3ab	22.5c	22.5c	101.3b	4.3b	1.8b	6.2b	12.3c
M1B1	61.3ab	22.5c	32.5bc	116.3ab	3.9b	1.7b	6.3b	11.9c
M3B6	78.8a	33.8bc	34.6abc	147.1ab	7.0ab	2.4ab	7.9b	17.3bc
M3B3	62.9ab	37.5bc	33.8abc	134.1ab	6.0ab	3.1a	14.2ab	23.3b
M5B1	66.3ab	35.0bc	52.5ab	153.8ab	3.9b	2.7ab	17.9ab	24.5b
M1B6	29.4b	65.0a	27.5bc	121.9ab	6.3ab	3.8a	7.2b	17.2bc
M2B3	72.5ab	48.8ab	60.0a	181.3a	3.8b	3.7a	41.7a	49.2a
Testigo	46.3ab	18.8c	28.8bc	93.8b	8.6a	2.1ab	4.7b	15.5bc

PFH= Peso fresco de hojas, PFT = peso fresco de tallo, PFR = peso fresco raíz, PSR = peso seco raíz, PST = peso seco de tallo, PSH = peso seco de hoja.

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvieron resultados significativos en el crecimiento de plántulas por el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal; las cepas M1B6 y M2B3 lograron incrementar las variables altura, número de hojas, área foliar y producción de biomasa fresca y seca en las plántulas inoculadas. Se recomienda seguir trabajando con estas cepas de bacterias, sobre todo aquellas que tuvieron la facultad para mejorar el crecimiento de estas plántulas, finalmente identificar los microorganismos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada a la primera autora, mediante el programa de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable.

REFERENCIAS

Ahmad F., Ahmad I., Khan M. S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiol Res. 163: 173-181.

Almaraz-Suárez J. J., Ferrera-Cerrato R., González-Mancilla A., González-Mancillas R., Orona-Castillo I., Gutiérrez-Guzmán U. N., Preciado-Rangel P. (2022) Eficiencia fotoquímica y crecimiento de chile poblano inoculados con rizobacteria y hongos micorrízicos arbusculares. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3126. DOI: 10.19136/era.a9n3.3126

Amaresan N., Jayakumar V., Kumar K., Thajuddin N. (2012). Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic bacteria and their effect on tomato (Lycopersicon esculentum) and chili (Capsicum annuum) seedling growth. Ann. Microbiol. 62(2):805- 810.

Beltrán-Pineda, M. E. Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. Mutis, 12(1). https://doi.org/10.21789/22561498.1771

Camacho R. M., Almaraz S.J.J., Vázquez V.C., Angulo C. A., Ríos V.M.E., González M.A. (2022). Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el desarrollo y rendimiento del chile jalapeño. Revista mexicana de Ciencias Agrícolas ISSN 2007-0934. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3273

Castellanos J. Z., Cano R. P., García C. E. M., Olalde P. V., Preciado R. P., Ríos P. J. L., García H. J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. Compost Sci. Util. 25(1):S70-S77. Doi: 10.1080/ 1065657X.2017.1362673.

Czaja K., Góralczyk K., Strucinski P., Hernik A., Korcz W., Minorczyk M., Lyczewska M., Ludwicki J. K. (2015). Biopesticides - towards increased consumer safety in the European Union. Pest Management Science 71: 3-6.

FAOSTAT (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/ faostat/es/#data/QCL.

González M. A., Almaraz S. J. J., Ferrera C. R., Rodríguez G. M. P., Taboada G. O. R., Trinidad S. A., Alarcón A., Arteaga G. R. I. (2017). Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Revista internacional de contaminación ambiental. 33(3): 463-474.

Ramakrishna W., Yadav R., Li K. (2019). Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. Applied Soil Ecology, 138, 10-18. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.019.

SIAP (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado:https://www.gob.mx/siap

Troskie A. M., Beer A., Vosloo J. A., Jacobs K., Rautenbach M. (2014). Inhibition of agronomically relevant fungal phytopathogens by tyrocidines, cyclic antimicrobial peptides isolated from Bacillus aneurinolyticus. Microbiology 160(9): 2089-2101.

Yuan J., Z. M. Sha, D. Hassani, Z. Zhao, and L. K. Cao (2017). Assessing environmental impacts of organic and inorganic fertilizer on daily and seasonal greenhouse gases effluxes in rice field. Atmos. Environ. 155: 119-128. doi: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.02.007

Verma B. C., P. Pramanik, D. Bhaduri (2020). Organic fertilizers for sustainable soil and environmental management. pp. 289-313. In: R. Swaroop Meena (ed.). Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production. Springer. Singapore. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_10

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL GUAR EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y EL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS

GROWTH AND DEVELOPMENT OF GUAR IN FUNCTION OF PLANT DENSITY AND ROW SPACING

David Guadalupe Reta Sánchez[1], Juan Isidro Sánchez Duarte[2], Esmeralda Ochoa Martínez[2], Arturo Reyes González[2], Karla Rodríguez Hernández[2]

[1]Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México. reta.david@inifap.gob.mx; [2]Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue obtener información sobre el crecimiento, desarrollo y el potencial de rendimiento del guar, en respuesta al distanciamiento entre surcos y densidad de población en la región centro-sur de Chihuahua. El experimento se realizó en Delicias, Chihuahua durante el ciclo primavera-verano de 2021. Se evaluaron cuatro distanciamientos entre surcos (30, 45, 60 y 75 cm) y cuatro densidades de población (30, 45, 60 y 75 plantas m^{-2}). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un arreglo factorial 4 × 4 de los tratamientos. Se determinó el rendimiento de semilla y se midió semanalmente la altura de planta, el índice de área foliar y la intercepción de radiación solar. Se obtuvo la relación entre la intercepción de radiación solar y el rendimiento se semilla con regresión lineal simple. El guar se desarrolló en condiciones de temperatura cercanas a las requeridas para un adecuado crecimiento vegetativo, y ligeramente mayores a las requeridas para el desarrollo de órganos reproductivos. El aumento de la densidad de población de 30 a 75 plantas m^{-2} y la reducción del distanciamiento entre surcos de 75 a 30 cm aumentaron le intercepción de radiación solar. Sin embargo, sólo la disminución del distanciamiento entre surcos incrementó el rendimiento de semilla, con una tasa de 52.3 kg por unidad porcentual de aumento en la intercepción de radiación solar. El mayor potencial de rendimiento en guar se obtuvo en surcos estrechos a 30 cm.

Palabras clave: *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], fenología, radiación solar

ABSTRACT

The objective of the study was to obtain information on the growth, development, and yield potential of guar, in response to row spacing and population density in the central-southern region of Chihuahua. The experiment was carried out in Delicias, Chihuahua during the spring-summer season of 2021. Four row spacings (30, 45, 60 and 75 cm) and four population densities (30, 45, 60 and 75 plants m^{-2}) were evaluated. A randomized complete block experimental design with three replications was used, with a 4 × 4 factorial arrangement of the treatments. Seed yield was determined and plant height, leaf area index and solar radiation interception were measured weekly. The relationship between solar radiation interception and seed yield was obtained with simple linear regression. The guar developed in temperature conditions close to those required for adequate vegetative growth, and slightly higher than those required for the development of reproductive organs. The increase in the population density from 30 to 75 plants m^{-2} and the reduction of row spacing from 75 to 30 cm increased the interception of solar radiation. However, only the decrease in the distance between rows increased seed yield, with a rate of 52.3 kg per percentage unit of increase in the interception of solar radiation. The highest yield potential in guar was obtained in narrow furrows at 30 cm.

Key words: *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], phenology, solar radiation

INTRODUCCIÓN

En la región centro-sur de Chihuahua se siembran alrededor de 50 mil hectáreas de cultivos anuales bajo irrigación durante los ciclos de primavera y verano. En el ciclo de 2018, los principales cultivos anuales fueron algodón, maíz forrajero y chile verde, los cuales ocuparon el 84 % de la superficie total. En el resto de la superficie se establecieron cultivos como cebolla, cacahuate, frijol y soya (**SIAP, 2018**). La región Centro-sur de Chihuahua se caracteriza por una limitada e irregular disponibilidad de agua, altas temperaturas y presencia de salinidad en el suelo, problemas que en las próximas décadas se incrementarán debido al calentamiento global (**Andrade y Montero, 2014**). Esta situación indica que es importante aumentar la sustentabilidad de la agricultura en la región a través de una mayor diversidad de cultivos.

Por sus características agronómicas y su creciente uso a nivel mundial, el guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] es un cultivo con alta demanda, debido a que es la principal fuente de galatomananos, que son ampliamente utilizados en diversas industrias

como el procesamiento de alimentos, textiles, papeles, farmacéutica y la extracción de petróleo y gas natural (**Mudgil et al., 2014**). El guar es un cultivo con tolerancia a salinidad (**Ashraf et al., 2005**), sequía y altas temperaturas (**Kumar, 2015**), con un ciclo de 90 a 120 días, que le permite adaptarse a diferentes patrones de cultivo. Estas características indican que el guar puede integrarse en el sistema de producción agrícola de la región centro-sur de Chihuahua. Para ello es necesario obtener información sobre su desarrollo y el potencial de rendimiento del cultivo con variaciones en el distanciamiento entre surcos y la densidad de población, dos de las prácticas agronómicas que son más importantes en la intercepción de radiación solar y la utilización de nutrientes del suelo (**Reta-Sánchez et al., 2016**), y en gran parte determinan el potencial de rendimiento de los cultivos. El objetivo del estudio fue obtener información sobre el crecimiento, desarrollo y el potencial de rendimiento del guar en respuesta al distanciamiento entre surcos y densidad de población en la región centro-sur de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Delicias del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Delicias, Chihuahua, México a 28° 11' latitud norte y 105° 30' longitud oeste, con una altitud de 1178 m. La textura del suelo es franco arenoso en el estrato 0-30 cm y franco arcilloso arenoso en 30-60 cm. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó en forma manual con sulfato de amonio y fosfato monoamónico granulares, a razón de 50 kg N y 100 kg P_2O_5 ha^{-1}, incorporando los fertilizantes con un paso de rastra. La siembra se realizó manualmente en suelo seco el 18 de mayo de 2021. El mismo día se aplicó el riego de siembra con una lámina de 20 cm. Posteriormente, la fertilización se complementó durante el ciclo del cultivo. Antes del primer riego de auxilio se aplicó fertilización nitrogenada en dosis de 100 kg ha^{-1} con sulfato de amonio granulado como fuente. También se aplicó en el suelo un quelato EDDHA de hierro (Ultra ferro 6 %), en dosis de 4 kg ha^{-1}. En el segundo riego de auxilio se fertilizó con 100 kg N ha^{-1} utilizando sulfato de amonio granulado, y además se aplicaron 50 kg ha^{-1} de Mg con sulfato de Mg (16 % MgO).

Se evaluó la variedad de guar "Santa Cruz" establecida bajo cuatro distanciamientos entre surcos (30, 45, 60 y 75 cm) y cuatro densidades de población (30, 45, 60 y 75 mil plantas m^{-2}). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un arreglo factorial 4 × 4 de tratamientos, donde el factor A fueron los distanciamientos entre surcos, y el factor B, las densidades de población. Las parcelas

experimentales fueron de 10, 8, 6 y 6 surcos para los distanciamientos de 30, 45, 60 y 75 cm, respectivamente, con una longitud de 7 m. La parcela útil para determinar rendimiento de semilla fue de 4 m^2 de la parte central de las parcelas.

Se aplicaron dos riegos a los 31 y 69 dds, con una lámina de 18 cm. No se presentaron problemas de plagas. El control de maleza se realizó manualmente y con azadón. Se determinó semanalmente el índice de área foliar (IAF) y la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa en todas las parcelas del experimento. Para ello se utilizó un ceptómetro AccuPAR modelo Lp-80 PAR/LAI (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). Se tomaron tres lecturas por parcela entre las 1200 y 1400 h tiempo solar. Se realizaron tres mediciones arriba y otras tres abajo del dosel, en forma paralela a la superficie del suelo. El sensor se colocó a un ángulo de 45° respecto a los surcos. También se midió cada semana la altura de cinco plantas al azar en cada parcela experimental. Cerca del final del ciclo se aplicó el herbicida Atectra® (Dicamba) para defoliar el cultivo en dosis de 0.5 L ha^{-1} el 25 de agosto de 2021 (99 dds). La cosecha final para determinar el rendimiento de semilla por hectárea se llevó a cabo el 13 de septiembre de 2021 (118 dds). Se realizaron análisis de regresión lineal para determinar la relación entre la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa promedio durante el ciclo con el rendimiento de semilla ($P \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clima durante el ciclo de crecimiento

Durante el ciclo de crecimiento del guar la temperatura media ambiental fluctuó de 26.1 a 24.5 °C de la siembra a la cosecha con la mayoría de las vainas en maduración (Cuadro 2). La temperatura media de máximas fue de 35.2 a 33.2 °C, mientras que la media de mínimas varió de 15.1 a 25.9 °C. Durante el período de germinación y emergencia de plántulas, las temperaturas fueron cercanas a las óptimas para el cultivo, las cuales varían de 25 a 35 °C (**Gresta et al., 2018**). En el período de emergencia a inicio de floración (33 dds), el cultivo se desarrolló en temperaturas medias de 26.1 a 27.4 °C, con máximas de 35.2 a 36.5 ° y mínimas de 15.1 a 16.9 °C, condiciones de clima cercanas a las requeridas para un adecuado crecimiento vegetativo del cultivo con 14 °C como temperatura mínima y 34.1 °C como óptima (**Baath et al., 2020**).

Cuadro 2. Factores del clima durante el desarrollo del guar establecido en cuatro distancias entre surcos y cuatro densidades de población durante el ciclo primavera-verano de 2021 en Delicias, Chihuahua.

Periodo	Temperatura (°C)			HR	ET	Lluvia
	Med. max.	Med. min.	Media	(%)	(mm)	(mm)
18-31 mayo	35.2	15.1	26.1	29.2	102.2	0
1-15 junio	36.5	16.9	27.4	38.4	105.2	0
16-30 junio	35.1	19.0	27.5	50.3	97.5	0
1-15 julio	32.0	19.2	25.4	71.9	87.0	28.5
16-31 julio	33.3	18.3	25.7	64.0	88.7	9.2
1-15 agosto	31.9	19.0	25.1	71.4	76.6	24.0
16-31 agosto	33.2	18.6	25.7	67.4	88.4	19.4
1-15 septiembre	33.2	15.9	24.5	60.8	81.9	1.1

Med. Max, media de máximas; Med. Min, media de mínimas; HR, humedad relativa; ET, evapotranspiración.

En la etapa del desarrollo y crecimiento de vainas, el guar presenta requerimientos de temperatura en un intervalo menos amplio (19-31°C) respecto al crecimiento vegetativo, con un máximo de rendimiento de vainas a los 25 °C (**Baath et al., 2020**). Esto significa que el guar en nuestro estudio desarrollo sus órganos reproductivos en temperaturas durante el día, ligeramente mayores a las óptimas reportadas, sin embargo, la temperatura media fue similar a la temperatura óptima (25 °C) reportada por **Baath et al., 2020**).

Crecimiento y desarrollo del cultivo

El cultivo de guar presentó un ciclo de crecimiento de 118 dds hasta la etapa de cosecha. El inicio de floración ocurrió a los 33 dds cuando las plantas de guar alcanzaron 15 cm de altura. El cultivo continuó creciendo hasta el final del ciclo en todos los tratamientos hasta una altura promedio de 83 cm, con la formación y crecimiento de vainas y semillas ocurriendo simultáneamente con el secado de las primeras vainas en la parte baja del dosel (76 dds). En esta etapa el cultivo presentó 24 nudos en el tallo principal, con vainas en crecimiento entre los nudos 3 y 17, con longitudes de 3 a 12 cm. La altura de planta fluctuó de 80 a 100 cm (Figura 1).

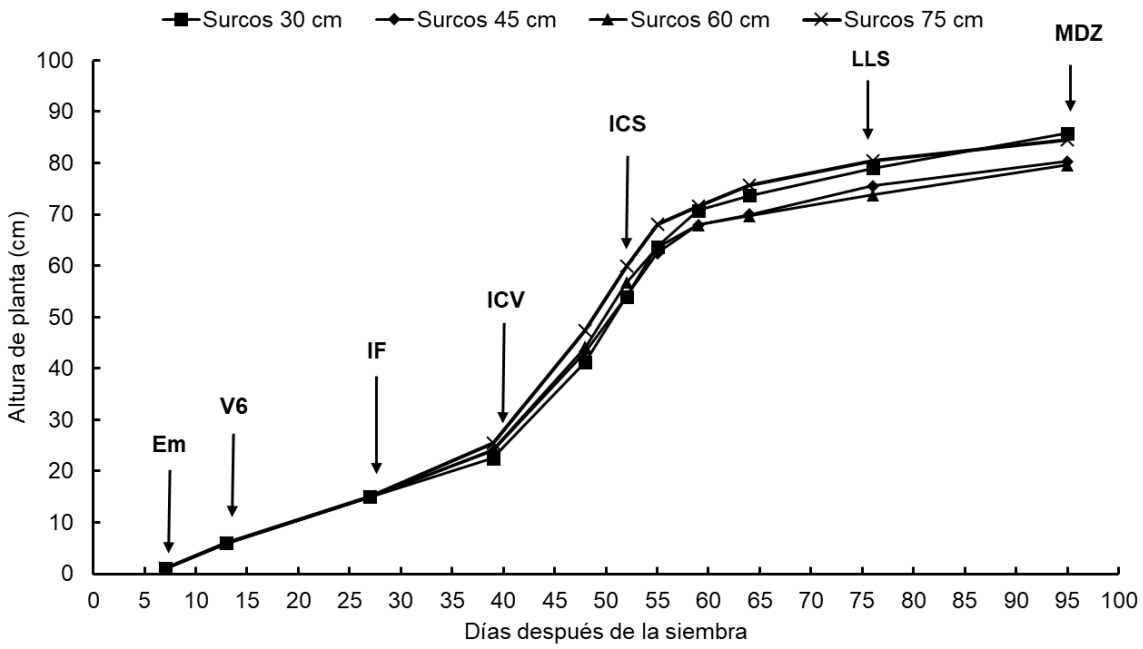


Figura 1. Altura de planta durante el ciclo de crecimiento del cultivo de guar establecido en cuatro distancias entre surcos durante el ciclo de primavera-verano 2021 en el Campo Experimental Delicias del INIFAP. Em = emergencia; V6 = seis hojas; IF = inicio de floración; ICV = inicio de crecimiento de vainas; ICS = inicio de crecimiento de semillas; LLS = llenado de semillas; MDZ = madurez.

Índice de área foliar e intercepción de radiación solar

Durante el ciclo de crecimiento se observó en todos los distanciamientos entre surcos un incremento en el IAF hasta los 57 dds (4.0 a 5.36) para posteriormente disminuir significativamente al avanzar el ciclo a madurez (1.54 a 2.186) (Figura 2). Se observó una mayor producción de IAF conforme la distancia entre surcos disminuyó de 75 a 30 cm, con los mayores valores en los surcos a 30 cm tanto a los 57 dds (5.36) como al final del ciclo (2.19). La disminución del IAF ocurrió debido a la pérdida de hojas en los estratos inferiores y medios del dosel al ocurrir el proceso de maduración de vainas.

La intercepción de radiación solar durante el ciclo presentó un comportamiento similar al observado en el IAF, con los mayores valores (87.9 a 97.2%) a los 57 dds, para posteriormente disminuir hasta los 93 dds (57.8 a 76.3%) (Figura 2). También durante todo el ciclo de crecimiento, los surcos a 30 cm presentaron una mayor intercepción de radiación solar. De hecho, los surcos a 30 cm fueron los únicos que alcanzaron valores superiores a 95%, mientras que en los otros la máxima intercepción fue de 93.1% en surcos a 45 cm y

88.0% en surcos a 60 y 75 cm, respectivamente. Esto significa que los surcos a 30 cm alcanzaron más temprano el punto crítico de 95% de intercepción, y conservó hasta madurez los mayores valores.

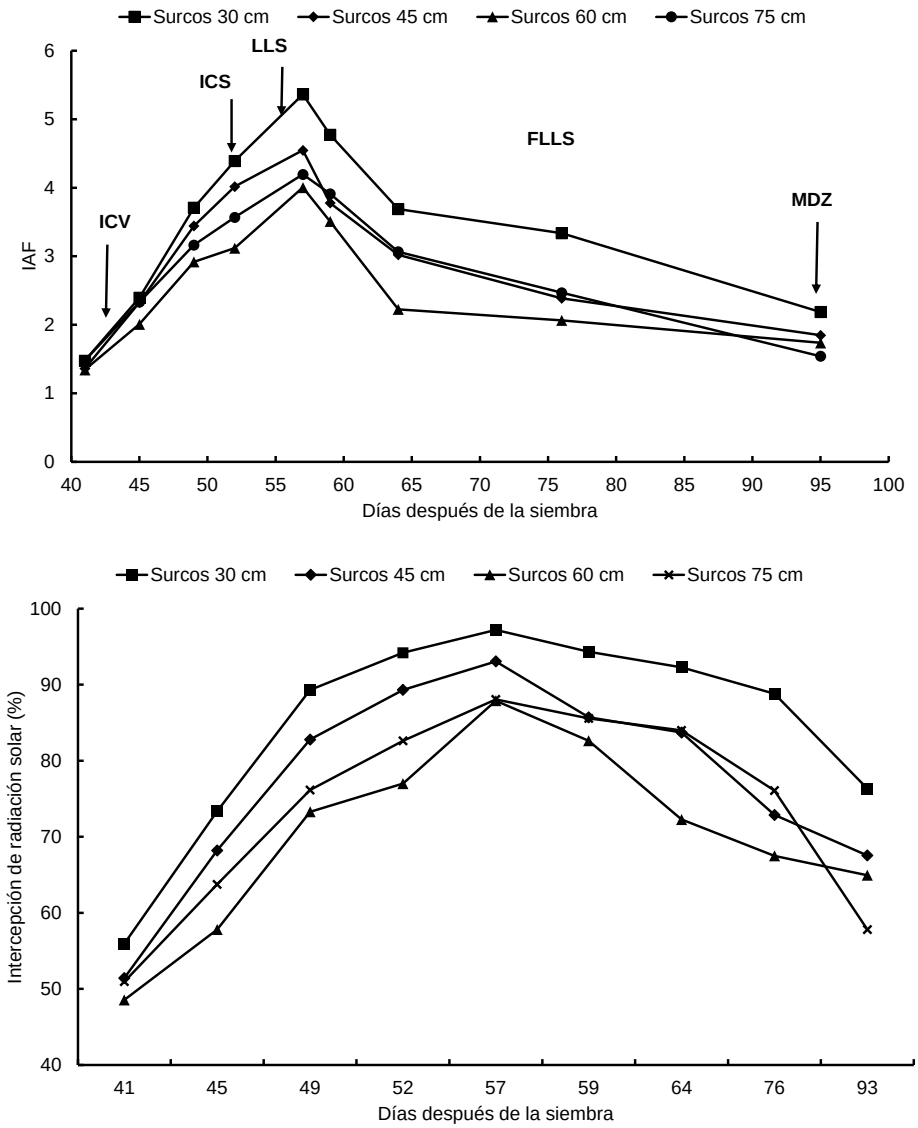


Figura 2.

Índice de área foliar (IAF) e intercepción de radiación solar del cultivo de guar establecido en cuatro distancias entre surcos durante el ciclo de primavera-verano 2021 en el Campo Experimental Delicias del INIFAP. ICV = inicio de crecimiento de vainas; ICS = inicio de crecimiento de semillas; ILLS = Inicio llenado de semillas parte inferior en plantas; LLS = llenado de semillas parte central y superior en plantas; MDZ = madurez.

Intercepción de radiación solar y rendimiento de semilla

El aumento de la densidad de población de 30 a 75 plantas m^{-2} incrementó la capacidad de intercepción de radiación solar del cultivo de 72 a 79%; sin embargo, esto no se reflejó en un incremento del rendimiento de semilla. Por otra parte, cuando se evaluó la reducción del distanciamiento entre surcos de 75 a 30 cm, se observó que la intercepción de radiación solar del cultivo aumentó de 70 a 85%, lo cual se asoció a un incremento lineal del rendimiento de semilla de 52.3 kg por unidad porcentual de incremento en la intercepción de radiación solar (Figura 3).

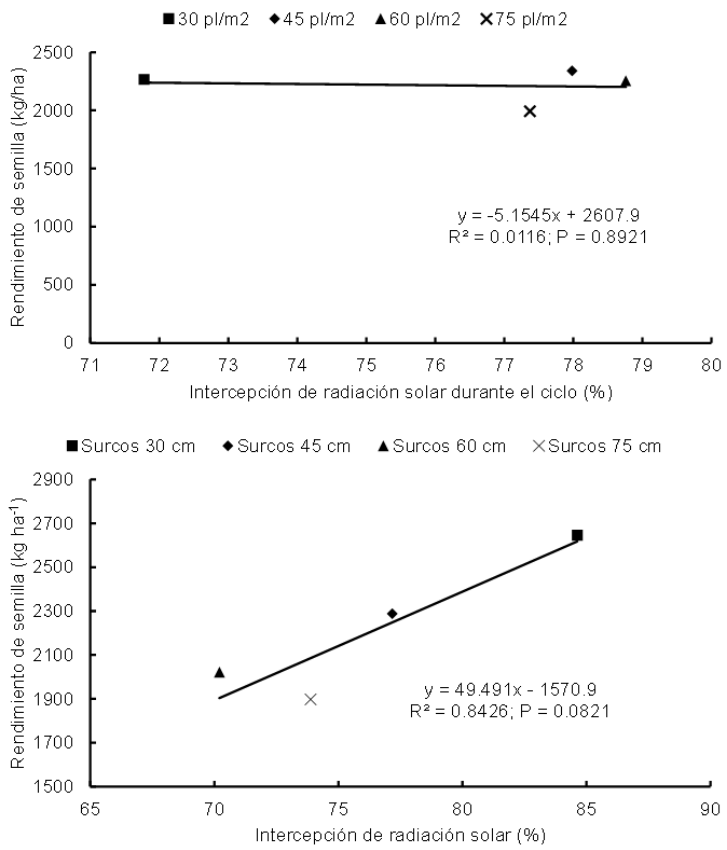


Figura 3. Relación entre la intercepción de radiación solar promedios durante el ciclo (%) con el rendimiento del cultivo de guar establecido en cuatro densidades de población y cuatro distanciamientos entre surcos en el ciclo de primavera-verano 2021 en el Campo Experimental Delicias del INIFAP.

La nula respuesta en rendimiento de semilla al incremento de la densidad de población indica que la variedad utilizada (Santa Cruz) mostró suficiente plasticidad en sus componentes del rendimiento de semilla. En otros estudios donde se han utilizado variedades de guar con capacidad de ramificación, se ha observado que las mejores densidades de población varían de 11 a 20 plantas m^{-2} (**Singh, 2014; Mahdipour-Afra et al., 2021**); mientras que en variedades sin ramificación la densidad de población óptima se incrementa a 40 plantas m^{-2} (**Sing, 2014**). En cuanto a la respuesta positiva en rendimiento de semilla a la reducción del distanciamiento entre surcos, también se ha observado en otros estudios con guar, mayores rendimientos en surcos estrechos a 30 y 45 cm respecto a los surcos a 60 cm (**Akhtar et al., 2012; Ramanjaneyulu et al., 2018**). La ventaja en surcos estrechos se origina de una distribución más equidistante entre plantas, lo cual decrece la competencia entre plantas e incrementa la intercepción de radiación solar y la producción de biomasa (**Reta-Sánchez et al., 2016**; **Feng et al., 2019**).

CONCLUSIONES

El aumento de la densidad de población no afectó el rendimiento de semilla del guar; sin embargo, la reducción del distanciamiento entre surcos aumentó la intercepción de radiación solar, lo cual se asoció a un incremento lineal del rendimiento de semilla.

REFERENCIAS

Akhtar, L.H., Shahjhan B., Salah-ud-Din, S., Rashid, M. 2012. Response of new guar strains to various row spacings. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 49(4): 469-471.

Andrade V.M., Montero, M.M.J. 2014. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. E. Herrera, M. López, J. Carrillo (eds.). Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua. Primera edición. pp:26-35.

Ashraf, M.Y., Akhtar, K., Sarwar, G., Ashraf, M. 2005. Role of rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. Agronomy for Sustainable Development. 25: 243-249. https://doi.org/10.1051/agro:2005019

Baath, G.S., Kakani, V.G., Gowda, P.H., Rocateli, A.C., Northup B.K., Singh, H., Katta, J.R. 2020. Guar responses to temperature: Estimation of cardinal temperatures and photosynthetic parameters. Industrial Crops and Products. 2020, 145, 111940. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111940

Feng, L., Raza, M.A., Chen, Y., Khalid, M.H.B., Meraj, T.A., Ahsan, F., Fan, Y., Du, J., Wu, X., Song, C., Liu, C., Bawa, G., Zhang, Z., Yuan, S., Yang, F., Yang, W. 2019. Narrow-wide row planting pattern improves the light environment and seed yields of intercrop species in relay intercropping system. PLoS ONE. 14(2): e0212885. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212885.

Gresta, F., Cristaudo, A., Trostle, C., Anastasi, U., Guarnaccia, P., Catara, S., Onofri A. 2018. Germination of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) genotypes with reduced temperature requirements. Aust. J. Crop. Sci. 12: 954-960. DOI:10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1049

Kumar, D. 2015. Guar. Status, potential, prospects, challenges and R & D road map. Toward boosting exports. Technology Information, Forecasting and Assessment Council. 38 p.

Mahdipour-Afra M., AghaAlikhani, M., Abbasi, S., Mokhtassi-Bidgoli, A. 2021. Growth, yield and quality of two guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) ecotypes affected by sowing date and planting density in a semi-arid área. PLoS ONE 16(9): e0257692. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257692

Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S. 2014. Guar gum: processing, properties and food applications – A review. Journal of Food Technology. 51:409-418. https://doi.org 10.1007/s13197-011-0522-x.

Ramanjaneyulu, A.V., Madhavi, A., Neelima, T.L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K., Srinivas, A. 2018. Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub) in semi arid climate of southern Telanagana, India. Legume Research 41(2):287-292. DOI:10.18805/lr.v0i0.7599

Reta-Sánchez, D.G., Serrato-Corona, J.S., Quiroga-Garza, H.M., Gaytán-Mascorro, U. 2016. Forage yield and chemical composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by sowing methods. Grass and Forage Science. 71(2):281-290. https://doi.org/10.1111/gfs.12174

SAS Institute. 2011. The SAS system for windows, release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.

SIAP (Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. Gobierno de México.

Singh, S.K. 2014. An analysis of guar crop in India 2013-2014. CCS National Institute of Agricultural Marketing. United States Department of Agriculture. 100 p.

DAÑO FÍSICO MECÁNICO EN DIENTE DE AJO MEDIANTE FUERZA DE COMPRESIÓN

Carlos Rojas Santillán *, Raúl Vidal García Hernández, Ernesto Martínez Reyes

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: garcia.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

En inifap-Aguascalientes se realizaron pruebas de carga axial sobre el diente de ajo blanco Aguascalientes como uso en semilla para su reproducción, de la cual se determinaron los paramentos mínimos y máximos del daño mecánico de la semilla. Los datos servirán para selecciona componentes mecánico-electrónico que deberá tener el diseño de mecanismo experimental de la sujeción de la semilla. Para ello se utilizó la máquina Texture Analyzer CT3 la cual se calibró con parámetros para obtener los resultados del daño mecánico después de la compresión de la semilla de ajo. Derivando de ello, la presión máxima y acorde de manipulación. Finalmente, los datos nos servirán para la postulación de un nuevo mecanismo que cumpla con dichos resultados.

Palabras clave:

(Daño mecánico, semilla de ajo, compresión máxima, sujeción optima)

ABSTRACT

Inifap-Aguascalientes conducted axial load tests on the Aguascalientes white garlic clove for use in seed for its reproduction, from which the minimum and maximum mechanical damage to the seed was determined. The data will be used to select mechanical-electronic components that should have the design of the experimental mechanism of seed clamping. For this purpose, the Texture Analyzer CT3 machine was used, which was calibrated with parameters to obtain the results of mechanical damage after garlic seed compression. Deriving from this, the maximum pressure and handling chord. Finally, the data will be used for the postulation of a new mechanism that meets these results.

Key words

(Mechanical damage, garlic seed, maximum compression, optimum clamping)

INTRODUCCIÓN

El daño físico mecánico de un producto agrícola o biológico, dará pauta a la calidad de comercialización y en el caso de la semilla, a la eficiencia de emergencia. Por lo que, los daños dependen directamente de la carga a la que es sometido el material biológico, es por ello que, la reología, estudia la deformación y la tensión que se ejerce a un objeto, es decir; trata principalmente sobre la determinación de las propiedades físico mecánicas de los materiales (Yam Tezec *et al*., 2010). De acuerdo con Rojas, *et al* (2011), la humedad es otra propiedad que es requerida determinar para obtener una adecuada labor de post-cosecha y facilidad de la misma.

En el proceso de diseño de los mecanismos y dispositivos se debe prevenir la deformación que se genera en los materiales biológicos a partir del control de las cargas que actúan (Iznaga-Benítez y Antonio-Braunbeck, 2011). Además, para que un material biológico se pueda manipular con más seguridad debe cumplir con ciertos criterios técnicos, ya sea desde la cosecha, el almacén y los medios dónde se pretendan transportar. De acuerdo con Mohsenin (1970), un producto agrícola que posee el mismo comportamiento lineal de un material estructural, se denomina como punto de bio-fluencia, en el cual ocurre un incremento en la deformación con un decrecimiento o ningún cambio en la fuerza. Según Reveles (2009), algunas variedades de ajo como Sainero o Ahualulco que producen bulbos chicos en comparación con otras como Jaspeado Calera, por ello hay que tomar en cuenta las características propias de cada variedad al momento de seleccionar bulbos para semilla o clasificarlos para su venta. Se puede resumir que, cada variedad de semilla de ajo, tendrá diversas características físico-mecánicas de resistencia a la deformación. Por lo cual se deberá realizar pruebas para identificarlas para el manejo adecuado de las mismas. Y así mismo diseñar prototipos con mecanismos para la sujeción y posicionamiento de la semilla de ajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas de resistencia físico-mecánicos de los dientes de ajo se realizaron en el Campo Experimental Pabellón, para lo cual se utilizó la variedad ajo blanco Aguascalientes, son ajos con aceptación en la región y de exportación. Las variaciones más frecuentes que se presentan entre éstos son: la forma, el tamaño, y la estructura, de tal manera que se requiere un mínimo de 15 probetas a ensayar para cada muestreo (ASAE Standard, 1995).

Dicho lo anterior, se obtuvieron 15 muestras; principalmente por escases de ajo blanco Aguascalientes.

El material biológico que se utilizó, fue seleccionando ajos uniformes con la mínima variación del diámetro ecuatorial. Para la prueba se utilizaron ajos de tres gramos a seis gramos, con una muestra total de 15 dientes de ajos con una humedad deseable como la que utiliza el productor mayor a 70%, tomando en cuenta que el material fue colectado del Campo Experimental de Pabellón y con el tamaño de acuerdo a la norma mexicana del calibre #6, de acuerdo a la literatura. La lectura que se tomó de la propiedad mecánica de la hortaliza, fue el dato máximo de carga de compresión (MCC) para evitar el daño estructural por manipulación a la hora de realizar algún mecanismo para su siembra en el suelo. Es así, como se tomó en cuenta la máxima carga de compresión para el diseño de un sistema de siembra mecánico-electrónico de ajo.

Para el caso de diseño experimental sólo tendrán los datos de medias, máximos y mínimos, covarianza. Para la prueba mecánica de la máxima carga de compresión, se tomó de referencia la masa de los dientes de ajo para la variedad blanco Aguascalientes.

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad ()$$

$$s=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \qquad (1)$$

$$c_v=\frac{s}{\bar{x}}\cdot 100 \qquad (2)$$

Donde

$\bar{x}$ – Media;

s – Desviación estándar;

c_v – Coeficiente de variación, %;

n – Número total de mediciones;

x_i – Valor de la medición.

Para la determinación de las propiedades mecánicas se utilizó la máquina de pruebas “Texture Analizer CT3 Brookfield”, con una capacidad de 50 kg de carga, las cuales se realizaron en el Laboratorio de Sanidad Vegetal del INIFAP (Figura 1). De tal manera, se obtuvieron valores de las propiedades mecánicas, máxima carga de compresión con una

extensión de 0.9 mm de carga axial (eje de las y). La velocidad de avance que aplicó se fue de 10 mm/segundo; donde durante la experimentación se observó que, la posición de la semilla que mejor se ajustó para las pruebas fue de manera horizontal, debido que es una posición en que el ajo llega estar en mayor contacto con la base durante el aplastamiento. La variedad utilizada para las pruebas de interés fueron los ajos blancos de acuerdo con las preferencias locales y del extranjero.



FIGURA 1. Máquina para carga a compresión de la semilla de ajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente Cuadro 1 se muestran los resultados de las pruebas realizadas a 15 dientes de ajos sometidos a una carga de compresión en la máquina de pruebas de texturas, en INIFAP Aguascalientes.

CUADRO 1. **Resultados de MCC**

Muestra	**Diámetro bulbo (mm)**	**Mda (g)**	**Diente MCC (kgf)**	**Energía (mJ)**
PROMEDIO	62.4	4.6	20.8	7.2
MÁX	66	6	29.8	10.5
MIN	57	3	7.1	4.0
S	3.36	1.2	6.8	1.9
C V	5.4	26.6	32.6	27.1

Dónde: Mda: Masa diente de ajo; S; desviación estándar; CV: coeficiente de variación; MÁX: valor máximo; MÍN: valor mínimo.

Como se observó en el Cuadro 1, los datos indican que la máxima carga de compresión es de 29.8 N, lo que significa que debemos realizar un prototipo que no rebase esa fuerza axial en el diente para evitar daños, y no presente problemas de emergencia y vigorosidad de las plantas. Así mismo, para el diseño de los componentes de un sistema de siembra con componentes electrónicos, los cuales deben tener precisión y eficiencia aceptable.

De acuerdo con el Cuadro 1, la energía que se requiere como mínimo es de 4.0 mJ y máximo de 10.5 mJ, con un desplazamiento de compresión axial de 0.9 mm (Figura 2).



FIGURA 2. Semilla sometida a compresión y sin daño aparente.

CONCLUSIONES

- Se deben utilizar ajos con uniformidad y con un diámetro ecuatorial homogéneo.
- De acuerdo con la prueba se encontró que los ajos de 3 mm soportan menor carga, debido a que tienen una forma oblonga y los ajos de 6 mm mayor carga por su forma cilíndrica.
- Se encontró que la máxima carga de compresión debe ser menor a los 28.9 N y energía aplicada máxima de 10.5 mJ.
- Se requieren sistemas electrónicos, los cuales determinen la carga aplicada y la posición de un diente ajo para posicionarlos.

REFERENCIAS

ASABE STANDARS, 2010. Standars engineering practices data. American society of agricultural and biological engineers. 57 th edition. U.S.A.. 1172 p.

Iznaga-Benítez, Arsenio Miguel, & Antonio-Braunbeck, Oscar. (2011). Comportamiento físico-mecánico de un biomaterial sometido a bajas cargas. Ingeniería Mecánica, 14(1), 65-73.

Reveles-Hernández, M; Velásquez-Valle, R y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro técnico No. 11. Campo experimental Zacateca, CIRNOC-INIFAP. 272 p.

Rojas, A.; Aristizábal, I. 2011. Efecto del contenido de humedad sobre propiedades físicas de la semilla de Vitabosa (Mucuna deeringiana). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín.

Mohsenin, Nuri, N. 1986. Physical properties of plant and animal materials, (structure, physical characteristics and mechanical properties). Second edition y upgrade edition. Gordon and Inc., Breach, Science Publishers. New york. 882 p.

Yam Te Zac, et al., 2010. Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (Psidium guajava L.) y sus principales características en la postcosecha. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 19, No. 4

DESARROLLO DE FRUTOS DE NARANJAS VALENCIA ESTABLECIDOS EN NUEVO LEÓN

Guillermina Areli Tochihuitl Martiñón[1*], Carlos Miguel Ramos Cruz[1], Juan Vargas Hernández[2], Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán[3].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental General Terán. Km. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacuas, C.P. 67400.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.

[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Tecomán.Km. 35 Carretera Colima – Manzanillo. C.P. 28100.

***Autor principal:** tochihuitl.areli@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estado de Nuevo León forma parte de las regiones citrícolas de mayor importancia en México, la producción de cítricos predominante es la de los cítricos dulces, destacando los cultivos de naranja, toronja y mandarina; de las variedades de naranjas establecidas, sobresalen Valencia y Hamlin. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, cuenta con un Banco de Germoplasma donde se encuentran diferentes variedades de naranjas Valencia, conocer el desarrollo de estas variedades permitirá que puedan ser consideradas como una alternativa de producción; por lo cual, el objetivo de la presente investigación fue evaluar las fechas en que se originan las principales etapas fenológicas (hinchamiento de yemas, presencia de botones florales, floración, caída de flores y amarre de fruto) de tres variedades de naranja Valencia establecidas en el instituto (identificadas como: Valencia, Valencia Frost, Valencia Dom Joao); para evaluar el desarrollo del fruto, se evaluó el diámetro ecuatorial (reportado en cm) . Los resultados obtenidos nos indican que el mes de marzo y abril son donde se presentan las etapas fenológicas más importantes, con respecto al diámetro ecuatorial, la variedad Dom Joao presentó un comportamiento más estable durante el desarrollo del diámetro ecuatorial, sin embargo, hasta la última fecha de evaluación (julio 2023), Valencia

Dom Joao, mostró diferencia significativa respecto a Valencia, pero no respecto a Valencia Frost.

Palabras clave: naranja, Valencia, desarrollo, fenología.

ABSTRACT

The state of Nuevo León is one of the most important citrus regions in Mexico, the predominant citrus production is that of sweet citrus, highlighting orange, grapefruit and tangerine; of the established orange varieties, Valencia and Hamlin stand out. The The Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, General Terán Experimental Field It has a Germplasm Bank where there are different varieties of Valencia oranges, knowing the development of these varieties will allow them to be considered as a production alternative; therefore, the objective of this research was to evaluate the dates on which the main phenological stages originate (bud swelling, presence of flower buds, flowering, flower drop and fruit set) of three Valencia orange varieties established in the Institute (identified as: Valencia, Valencia Frost, Valencia Dom Joao); to evaluate the development of the fruit, the equatorial diameter (reported in cm) was evaluated. The results obtained indicate that the months of March and April are where the most important phenological stages occur, Regarding the equatorial diameter, the Dom Joao variety presented a more stable behavior during the development of the equatorial diameter, however, until the last evaluation date (July 2023), Valencia Dom Joao showed a significant difference with respect to Valencia, but not with respect to Valencia Frost.

Key words: orange, Valencia, development, phenology.

INTRODUCCION

Los cítricos son de los frutos que más se comercializan y consumen a nivel mundial, pese a que México no es el principal productor, sí juega un papel importante, los cítricos que se cultivan en el país son dulces y ácidos, sin embargo, en la región noreste, predominan los cítricos dulces, como lo son las mandarinas, naranjas y toronjas; de acuerdo a datos reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), el estado de Nuevo León se encuentra dentro de los primeros cinco lugares en producción de naranja, las variedades dominantes son Valencia y Hamlin, reportando una producción de 193,141.20 toneladas, de las cuales 119,954.90 son de naranja Valencia.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) campo experimental General Terán (CEGET) cuenta con un banco de germoplasma de cítricos (BGC) donde se ubican diferentes variedades, algunos de los materiales establecidos en campo fueron plantados a partir del año 1985. La diversidad de materiales ha permitido que exista una variación en cuanto a tolerancia, adaptabilidad, brotación vegetativa y floral, épocas de cosecha, rendimiento y calidad (Ramos *et al.,* 2023).

Entre las variedades de naranjas Valencia establecidas en el CEGET podemos encontrar a: Valencia, Valencia Frost y Valencia Dom Joao. De acuerdo a reportes de la Universidad de California Riverside (UCR, 2023), alguna de las características que se le atribuyen a la Naranja Frost es que los frutos de estos árboles tardan en madurar y durante el verano se mantiene en buen estado cuando están en el árbol (sin pérdida de calidad), mientras que a la variedad Dom Joao se le considera excepcionalmente vigorosa y productiva.

En todos los cultivares la floración y crecimiento de los árboles, son controlados principalmente por la temperatura, por lo que se presentan dos períodos: uno de "quiescencia", en el cual ocurre el inicio y la diferenciación floral durante el invierno y otro de floración y crecimiento vegetativo, durante la primavera (Rocha y Padrón, 2009). El conocimiento de la fenología en los cítricos constituye una herramienta indispensable para la toma de decisiones en su manejo y producción, además permite comparar y estudiar el comportamiento de uno o varios cultivares en su medio de producción y evaluarlos en nuevas áreas agroecológicas (León et al., 2009).

La fructificación en especies tardías puede prolongarse hasta el comienzo del próximo verano; el desarrollo del fruto sigue una curva sigmoidea típica, en la etapa final, o fase III, el crecimiento se detiene y los frutos pasan por un proceso de maduración no climatérica (Tadeo *et al*., 2008). Es recomendable que al establecer una huerta se considere la presencia de heladas en la región, por lo que es conveniente establecer una variedad de maduración temprana para tener una cosecha segura antes de la helada y una tardía con la cual se puede tratar de especular con el precio del mercado tardío (Rocha y Padrón, 2009). De acuerdo a lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación fue evaluar cualitativamente las principales etapas fenológicas de naranjas Valencia, así como el desarrollo de los frutos mediante la medición del diámetro ecuatorial (cm).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio: Las evaluaciones se realizaron en árboles de variedades de naranjas, Valencia, Valencia Dom Joao (sembradas en 1985) y Valencia Frost (sembrada en 1995), injertadas en naranjo agrio, los árboles están establecidos en el Banco de Germoplasma de Cítricos (BGC) del Campo Experimental General Terán (25°02' latitud norte, 99°48' longitud oeste y 320 msnm), en el municipio General Terán, Nuevo León, México. El sitio presenta un clima subtropical semiseco con temperatura promedio anual de 23.9°C, mínima de 0.8°C y máxima de 41°C. Las temperaturas más bajas ocurren de noviembre a marzo y las máximas en julio y agosto. La precipitación promedio es de 610 mm anuales (Ramos *et al.,* 2023).

Etapas fenológicas: Se realizó una evaluación cualitativa para conocer las fechas en las que se presentan las principales etapas fenológicas (hinchamiento de yemas, presencia de botones florales, floración, caída de flores y amarre de fruto) de variedades de naranja Valencia establecidas en campo, en el Banco de Germoplasmas del CEGET. Los resultados se reportaron a partir del mes de marzo de 2023, de acuerdo a la codificación BBCH (Agustí *et al.,* 1995).

Desarrollo del fruto: Se evaluó de acuerdo a la metodología propuesta por Garrán *et al.,* 1993, se eligió un árbol de cada variedad de naranja y en cada árbol se seleccionaron de manera aleatoria 16 frutos. Los frutos fueron marcados para darles seguimiento al diámetro ecuatorial. Las mediciones se hicieron con un vernier (Vernier de 6", Pretul) y los valores se reportaron en cm.

Análisis estadístico: En el análisis de datos en frutos de naranjas Valencia se consideraron 16 repeticiones, cada fruto como unidad experimental, se aplicó un DECA, las medias se compararon con la prueba de Tukey (α=0.05). Se utilizó el programa estadístico SAS®System Version 9 for Microsoft® Windows®.

RESULTADOS Y DISCUSION

En los cítricos, como en otros frutales, el cuajado y el desarrollo de los frutos es consecuencia de factores endógenos y exógenos. Los factores endógenos, son las características genéticas de la especie y de la variedad, junto con los factores fisiológicos,

los que determinan la producción y su calidad; entre los exógenos, están las condiciones del medio y el cultivo (Agustí *et al*., 2003).

De acuerdo con la evaluación cualitativa realizada (Cuadro 1) se observó que la floración en árboles de naranja Valencia se presentó en el mes de marzo (27 de marzo), mientras que el amarre de fruto se dio en el mes de abril (18 de abril), el monitoreo de los árboles frutales en estas etapas fenológicas es fundamental, ya que, de ello dependen los rendimientos que se obtendrán.

En un estudio realizado por Orduz y Garzón, 2012, se describe que el estrés hídrico es el principal factor de inducción floral en condiciones tropicales para el cultivo de naranja 'Valencia', el comportamiento alternante de las plantas de naranja 'Valencia' en las condiciones de estudio (tropicales), estaría influenciado por la eficiencia del cuajado en la principal floración anual y al inicio de la temporada lluviosa, que de ser favorable origina una alta cosecha, lo que a su vez disminuye el crecimiento vegetativo (años on) dando lugar a que se presente en el siguiente ciclo el fenómeno contrario (bajos rendimientos con abundante brotación vegetativa), lo que se conoce como año off.

Cuadro 1. Evaluación cualitativa de las etapas fenológicas de naranjas establecidas en el CEGET.

Código	Descripción	Fecha	Imagen
01	Comienzan a hincharse las yemas	**02/03/2023**	
55	Las flores se hacen visibles: están todavía cerradas, botón verde, se distribuyen aisladas o en racimos.	**21/03/2023**	

65	Plena floración: Alrededor del 50% de las flores están abiertas. Empiezan a caer los primeros pétalos.	**27/03/2023**	
67	Las flores se marchitan: la mayoría de los pétalos están cayendo.	**03/04/2023**	
72	El fruto verde, está rodeado por sépalos a modo de una corona.	**18/04/2023**	

Las naranjas Valencia han tenido la mejor calidad entre las naranjas que se producen en la región, casi nunca se han exportado porque el mercado nacional en la mayoría de los años las ha absorbido con mejores precios que el extranjero (Rocha y Padrón, 2009). En Nuevo León la naranja Valencia se caracteriza por presentar un ciclo de maduración tardío, la producción en la región se concentra en un periodo relativamente corto (febrero-abril), aunque los frutos pueden permanecer en el árbol hasta junio si hay disponibilidad de agua (Ramos et al., 2023).

En relación a la evaluación del diámetro ecuatorial (Cuadro 2), podemos observar que en las primeras cuatro evaluaciones no se encontró diferencia significativa entre las variedades de naranja, sin embargo, en el último día de evaluación, la variedad Dom Joao (2.27 cm) fue significativamente diferente de Valencia (1.97 cm). La tendencia de la tasa de crecimiento del fruto varía entre los años de estudio, lo cual se atribuye a los cambios e interrelaciones entre las condiciones climáticas, principalmente la temperatura y precipitación, lo cual repercute a su vez en el fenómeno de la alternancia de la producción (Pérez y Jiménez, 2009).

Cuadro2. Diámetro ecuatorial (cm) de variedades de naranja Valencia.

Variedad	**Diámetro ecuatorial (cm)**				
	03/05/23	06/06/23	21/06/23	06/07/23	21/07/23
Valencia Frost	0.81 [a]	1.44 [a]	1.97[a]	2.13 [a]	2.14 [ab]
Valencia	0.76 [a]	1.42 [a]	1.91[a]	1.97 [a]	1.97[b]
Valencia Dom Joao	0.79[a]	1.60 [a]	1.91 [a]	2.17 [a]	2.27[a]

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey; p≤0.05)

CONCLUSIONES

Las etapas fenológicas identificadas nos permiten tener noción del comportamiento de las variedades de naranja Valencia establecidas en el CEGET, sin embargo, es importante tener presente que son diversos los factores que influyen en las etapas fenológicas y el desarrollo de los frutos de naranja; en la última fecha de evaluación del diámetro ecuatorial, la variedad Valencia Dom Joao presento diferencia significativa respecto a Valencia, aunque la presente investigación nos muestra un panorama del comportamiento de variedades de naranja Valencia, es importante continuar con la evaluación del fruto hasta madurez, así como realizar valoraciones de calidad.

REFERENCIAS

Agustí, M.; Zaragoza, S.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Hack, H.; Klose R. y Stau, B. 1995. Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén.Citrus) LEVANTEAGRICOLA/3“Trimestre. pág.189-199.

Agustí, M.; Martínez, F.A.; Mesejo, C.; Juan, M. y Almela, V. 2003.Cuajado y Desarrollo de los Frutos Cítricos. Instituto Agroforestal Mediterráneo

Universidad Politécnica Valencia. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Garrán, S.M., Ragone, M.L.; Ciucio, J. y Vázquez D. 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. En: Resúmenes XVI Congreso Sociedad Argentina de Horticultura. Argentina. p. 171.

León, M.; Pérez, M.M.; Soto, E.; Avilán, L. y Gutierrez, M.A. 2009. Fenología de la naranja 'Valencia' sobre tres patrones en Yumare, estado Yaracuy, Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola, Vol. 9, No. 2. pp. 347-355.

Orduz R., J. O. y Garzón, D. L. 2012. Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja 'Valencia' (Citrus Sinensis [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13 (2). 136-44, doi:10.21930/rcta.13(2):248.

Pérez, C. M. y Jiménez, A.2009. Crecimiento y abscisión del fruto de naranja Valencia (Citrus sinensis L. Osbeck) en un huerto del estado Portuguesa, Venezuela. Bioagro, 21(2), 133-138. Recuperado en 06 de agosto de 2023, de

Ramos, C.C. M; Pérez E., E. R.; Martínez M., J.; Acosta D., E. y Almeyda L., I. H. 2023. Calidad De Frutos De Cultivares De Naranja Temprana En Nuevo León. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 14 (1). México, ME:75-84.

Rocha, P. M.A., y Padrón, C.J.E. (Eds.). 2009. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.

SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola 2022, cultivo de Naranja.

Tadeo, F.; Cercos, M.; Colmenero, J.; Iglesias, D.; Naranjo, M.; Rios, G.; Carrera, E.; Ruiz R. O.; Lliso, I.; Morillon, R. y Talon, M. 2008. Molecular physiology of development and quality of citrus. Advances in Botanical Research: Incorporating Advances In Plant Pathology. 47: 147-223.

UCR (Universidad de California Riverside).2023. Givaudan Citrus Variety Collection at UCR..

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE COCCIÓN EN LÍNEAS AVANZADAS DE FRIJOL TIPO PINTO CON UN COCEDOR MATTSON.

Nadiezhda Ramírez-Cabral[1], Juan José Figueroa-González[1], José Cruz Jiménez-Galindo[2] y Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez[1].

[1]INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo km. 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, C.P. 98500. [2]INIFAP. Sitio Experimental Sierra de Chihuahua. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, Av.Hidalgo #1213, C.P. 31500. ramirez.nadiezhda@inifap.gob.mx

RESUMEN

Phaseolus vulgaris es un grano básico en México con diversos problemas de producción por lo que se han venido desarrollando variedades resistentes. No obstante, existen variedades de frijol liberadas que presentan excelentes rendimientos, sin embargo, su semilla es muy dura y requieren altos tiempos de cocción. Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue realizar pruebas de cocción en líneas avanzadas de frijol tipo pinto para determinar su dureza. Se realizaron pruebas de cocción con el método Mattson a 24 líneas avanzadas y como testigo se utilizó Pinto Saltillo, con dos repeticiones y 25 semillas en cada repetición. Tres de las líneas tuvieron tiempos de cocción mayores a 3 horas. Los promedios de las 21 líneas restantes tuvieron un tiempo promedio de cocción de 75 minutos con el mínimo de 55.5 minutos de una de las líneas. En nuestro estudio, las líneas analizadas fueron cosechadas y almacenadas bajo las mismas condiciones, no obstante, los resultados mostraron tiempos de cocción muy variables. En el desarrollo de variedades resistentes es necesario realizar pruebas del tiempo de cocción, no solamente tomar la producción en cuenta, pues esta característica será el factor determinante en el éxito de la nueva variedad.

Palabras clave: Leguminosas, problemas producción, *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

Phaseolus vulgaris is a staple crop in Mexico with serious during its production, which is why resistant varieties have been developed. There are released bean varieties that present excellent yields; however, it has a long cooking time. Due to the above, the objective of this research was to carry out cooking tests on advanced lines of pinto beans to determine their hardness. Cooking tests were carried out with the Mattson method on 24 advanced lines

and Pinto Saltillo was used as control, with 2 repetitions and 25 seeds per repetition. Three of the lines had cooking times greater than 3 hours. The averages of the remaining 21 lines had an average cooking time of 75 minutes with a minimum of 55.5 minutes for one of the lines. In our research, the lines analyzed were harvested and stored under the same conditions; however, the results showed highly variable cooking times. When developing resistant varieties, it is necessary to carry out tests on cooking time, and not only take production into account, since this characteristic will be the determining factor for a successful adoption.

Key words: Legumes, production problems, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un grano básico que no requiere de algún proceso industrial para ser consumido, basta con ponerse a cocer para aprovechar sus propiedades nutritivas. Esta leguminosa es una fuente excepcional de proteínas, además de contener carbohidratos, fibra dietética y minerales de importancia como el hierro (Uebersax *et al.,* 2023). Aunado a lo anterior en las últimas décadas se encontró que la testa del frijol contenía antioxidante, flavoides, antocianinas y otros compuestos que prevenían la aparición de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Nouri *et al.,* 2016).

A nivel mundial México se encuentra dentro de los principales productores de frijol. En el país ocupa un lugar importante en la economía por la derrama económica que genera, por ser un cultivo básico, fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales para todos los sectores de la población, es decir garantía de la seguridad alimentaria del país (Cid-Gallegos *et al.,* 2023). Sin embargo, al igual que otros cultivos, la siembra de frijol presenta una serie de problemas tanto en campo como a la hora de almacenarse, lo que provoca una disminución de la producción y de la calidad del grano. Para contrarrestar estos efectos diversas instituciones han desarrollado variedades de frijol más resistentes a factores bióticos y abióticos. No obstante, un factor que se debe tomar en cuenta es que existen variedades de frijol liberadas que presentan excelentes características agronómicas y muy buenos rendimientos, sin embargo, su semilla es muy dura y requieren altos tiempos de cocción. Esta característica provoca el rechazo de dichas variedades por parte de los consumidores y del mercado. Debido a lo anterior, las pruebas de cocción son un factor determinante en el éxito en la adopción de nuevas variedades de frijol.

El tiempo de cocción está determinado por características físicas del grano (tamaño, color, porcentaje de testa) y otros factores ambientales (altitud). Algunos autores señalan que al almacenar la semilla a altas temperaturas y con baja humedad se provoca un endurecimiento de la cáscara que impide la absorción del agua durante el remojo del grano previo a su cocimiento (Reyes-Moreno, 1989). A mayor tiempo de cocción es un mayor gasto de energía, además de que existe una pérdida de las propiedades nutricionales del grano y de su calidad comercial. El tiempo de cocción de un grano puede aumentar por el tiempo y tipo de almacenamiento. En un estudio realizado por Grullon et al (1982) se observó que después de nueve meses el tiempo de cocción se triplicaba.

MATERIALES Y METODOS

Se estableció una parcela experimental en condiciones de temporal con 24 líneas avanzadas y como testigo se sembró Pinto Saltillo. La parcela fue establecida durante el ciclo primavera-verano del año 2022, el 23 de junio y cosechada el 2 de noviembre. El suelo de la parcela es de tipo franco arcilloso, 36.34 % arena, 28.94 % de arcilla y 34.71 % de limo con un pH 7.9 y sin problemas de salinidad. La precipitación que se presentó durante el ciclo de cultivo fue de 205.8 mm, con una temperatura máxima de 24.6 C y una mínima de 10.4 C. Para el manejo del cultivo se siguieron las recomendaciones de INIFAP para frijol de temporal.

Para determinar el tiempo de cocción se utilizó un cocedor Mattson (Figura 1). Se seleccionaron 25 granos de frijol los cuales se dejaron en remojo con 75 mL de agua destilada durante 18 h. Los granos se colocaron en el cocedor Mattson, introduciendo el equipo en un vaso de precipitados (capacidad 2000 mL) que contenga agua en ebullición. El cocedor Mattson se introduce en un recipiente con agua en ebullición y sin tapar, a la cual se le agrega constantemente agua en ebullición para mantener el volumen adecuado (mínimo 2.5 cm arriba de las muestras). Se utiliza una muestra de 25 semillas. Una vez que el grano es cocido la aguja desciende y lo penetra. Periódicamente, se tomó la lectura del número de las agujas que han atravesado el grano de frijol, considerando los granos atravesados como granos cocidos. El tiempo de cocción que se reporta en minutos, se define como el tiempo necesario para que 20 agujas de 67 ± 0.57 g atraviesen los granos, lo que representa el 80 % de granos de frijol cocidos (Guzmán-Maldonado *et al.,* 1995). Se realizaron dos muestras de cada tratamiento.



Figura 1. Pruebas de las líneas experimentales en el cocedor Mattson.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los tiempos de cocción de las 24 líneas avanzadas de frijol tipo pinto tuvieron una gran variación con dos de las líneas con aproximadamente 400 minutos (C12 – 409 min y C13 – 398 min) y Ce8 – 258.5 min (>3 hrs). Debido a los altos tiempos de cocción estos materiales fueron removidos. Pinto Saltillo, utilizado como testigo presentó un tiempo de cocción de 65.5 minutos.

Del resto de las líneas el mayor tiempo de cocción fue de 93.5 minutos, el promedio fue de 75 minutos y el menor tiempo fue 55.5 minutos. De las 21 líneas restantes, 5 materiales tuvieron tiempos menores al testigo. Y 7 líneas más tuvieron tiempos de cocción menores a 75.5 minutos (Figura 2).

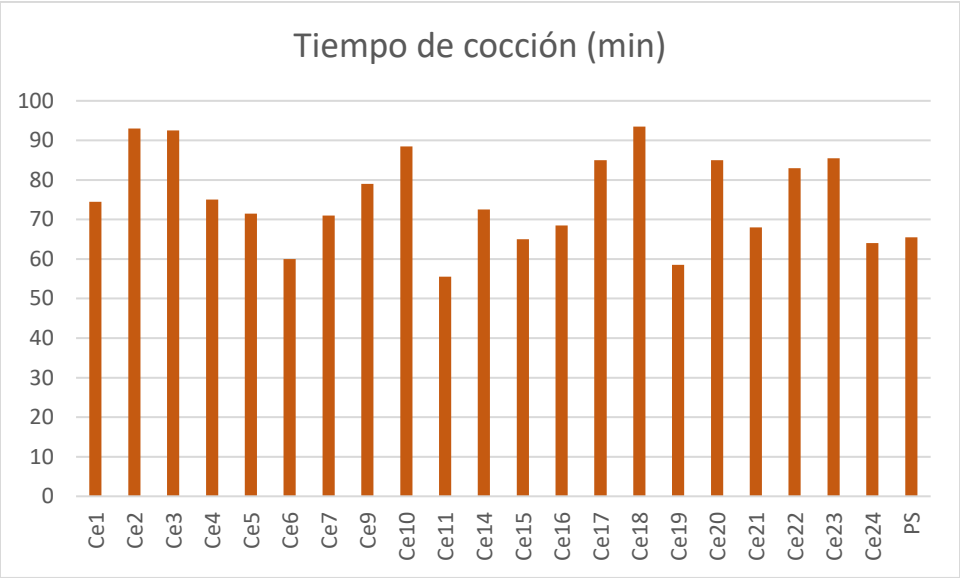


Figura 2. Gráfica del tiempo de cocción de 21 líneas avanzadas de frijol tipo pinto y Pinto Saltillo como testigo.

En un estudio realizado por Mora (1989) donde se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento en el tiempo de cocción, utilizando un almacén hermético y un almacén ventilado con grano de color rojo y negro comparando muestras a 13 y 14% de humedad a 25°C, se determinó que existen diferencias significativas a partir del tercer mes de almacenamiento siendo mayor el tiempo de cocción para las muestras con testa negra. En nuestro estudio, las líneas analizadas fueron cosechadas y almacenadas bajo las mismas condiciones, no obstante, los resultados mostraron tiempos de cocción muy variables, coincidiendo con los resultados de Mora (1989).

Es importante mencionar que algunos autores han encontrado que el método del cocedor Mattson sobrestima el tiempo de cocción lo que conlleva a una disminución de su calidad nutricional y un mayor gasto energético (Aguirre *et al.,* 2011). Por ejemplo, Sánchez en el 2001, reporta un tiempo de cocción para Pinto Saltillo de 45 minutos, 20 minutos menos que lo encontrado en esta investigación.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de variedades resistentes ya sea a factores bióticos o abióticos es necesario realizar pruebas del tiempo de cocción, y no solamente tomar la producción en

cuenta, ya que esta característica será el factor principal para ser aceptados por los consumidores.

REFERENCIAS

Aguirre S. E. A.M Rodríguez M. J., Rosales S.R, Castro R. J., Ochoa M. L.A, Valle C. S. y Gómez A. C. A. 2011. Determinación de los tiempos de cocción de frijol común var. Pinto Saltillo utilizando dos métodos. XXXII Encuentro Nacional y 1er Congreso Internacional AMIDIQ. 2812-2818

Cid-Gallegos, M. S., de las Mercedes Gómez, Y., Corzo-Ríos, L. J. C. R., Sanchez-Chino, X. M., Moguel-Concha, D., Borges-Martínez, E., & Jiménez-Martínez, C. (2023). Potencial nutricional y bioactivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la salud humana. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 8(1), 309-318.

Grullón R. y Jiménez J. 1982. Estudio dela propiedad de cocción de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y relación con el contenido de acido fítico, minerales y humedad. Tesis Ing. Aqr. Santiago de los Caballeros, República Dominicana, Univ. Católica Madre y Maestra. Instituto Superior de Agricultura.

Guzmán-Maldonado, H., Jacinto-Hernández, C., & Castellanos, J. Z. (1995). Manual de métodos para determinar características de calidad en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Campo Experimental Bajío (INIFAP–SARH).

Mora, M. 1989. Efecto del almacenamiento hermético sobre los cambios en el tiempo de cocción del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Boletin Tecnico Estación Experimental Fabio Baudrit. Centro para Investiqación en granos y semillas, Univ. de Costa Rica, San José, Costa Rica. 22(3):29-33.

Nouri, F., Sarrafzadegan, N., Mohammadifard, N. *et al*. (2016). Intake of legumes and the risk of cardiovascular disease: frailty modeling of a prospective cohort study in the Iranian middle-aged and older population. Eur J Clin Nutr 70, 217–221 https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.153.

Reyes-Moreno C., Paredes-López O., Montes R. y Juárez M. 1939. Desarrollo de un procedimiento rápido para determinar la tendencia de endurecimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Tecnología de alimentos. México. 24(4):5—9.

Sánchez, V. I. (2001). Pinto Saltillo: nueva variedad de frijol para el sureste del estado de Coahuila. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Desplegable Técnica no. 8.

Uebersax M.A., Cichy K.A., Gomez F.E., Porch T.G., Heitholt J., Osorno J.M., Kamfwa K., Snapp S.S., Bales S. (2023) Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—A review. Legume Science 5:e155.

DETECCIÓN DE LA BACTERIA *Candidatus* Liberibacter solanacearum EN GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ESTABLES EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA COSECHA

DETECTION OF THE BACTERIA Candidatus Liberibacter solanacearum IN POTATO GENOTYPES (Solanum tuberosum L.) STABLE IN YIELD AND PRODUCTION QUALITY

Isidro Humberto Almeyda León[1]*, Víctor Manuel Parga Torres[2], Ángel Ismael Narváez Rodríguez[3], Margarita Díaz Valasis[4], María Genoveva Álvarez Ojeda[5]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Saltillo, Km. 342+119 # 9515 Carretera Saltillo-Zacatecas, Saltillo, Coah., C.P. 25315. [3]Profesional independiente. [4]INIFAP-CIRCE-Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Texcoco, Texcoco, Edo. de México, C.P. 56250. [5]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente el manejo y control del síndrome de la Punta Morada de la Papa (PMP), se realiza mediante el control químico del vector con aplicaciones masivas de pesticidas con un gran efecto adverso al ambiente y a la salud humana. Por esa razón, se considera necesario la generación de alternativas que permitan obtener una producción rentable y sustentable para el productor, como es el uso de variedades que muestren características de tolerancia o resistencia a la enfermedad. El objetivo de este estudio fue detectar la presencia de la bacteria *Candidatus* Liberibacter solanacearum en genotipos de papa que han presentado estabilidad en rendimiento y calidad de la cosecha. En el estudio se evaluaron tres genotipos generados en el INIFAP (los clones 98-18-24, 07-09-35 y la variedad Norteña), como testigo se incluyó a la variedad comercial de importación Fianna. La mayor producción de tubérculos por planta se registró en los genotipos, clon 98-18-24, clon 07-09-35 y la variedad Norteña con 1.324, 1.035 y 0.908 kg, lo que representa una producción total de 55.17, 43.12 y 37.83 ton/ha respectivamente, superando ampliamente a la variedad Fianna que registró un rendimiento por planta de 0.802 kg, lo cual representa

una producción del 33.41 ton/ha. No se observaron síntomas del síndrome de PMP en el tubérculo de los cuatro genotipos evaluados, pero si se detectó a la bacteria mediante PCR cuando se utilizaron los iniciadores Lp16S-ISR-RF/Lp16S-ISR-RR, menos en el clon 07-09-35. Con estos resultados, se puede inferir que los materiales mexicanos, sobre todos aquellos de período intermedio o semitardío se constituyen como una opción viable para la producción sostenible de la papa, ya que fueron superiores en rendimiento a la variedad comercial Fianna.

Palabras clave: Genotipos, PMP, CaLso, Detección

ABSTRACT

Currently, the management and control of the Purple Top Potato (PMP) syndrome is carried out through chemical control of the vector with massive applications of pesticides with a great adverse effect on the environment and human health. For this reason, it is considered necessary to generate alternatives that allow obtaining a profitable and sustainable production for the producer, such as the use of varieties that show characteristics of tolerance or resistance to the disease. The objective of this study was to detect the presence of the bacterium Candidatus Liberibacter solanacearum in potato genotypes that have shown stable yield and harvest quality. The study evaluated three genotypes generated at INIFAP (clones 98-18-24, 07-09-35 and the Norteña variety), including the imported commercial variety Fianna as a control. The highest production of tubers per plant was registered in the genotypes, clone 98-18-24, clone 07-09-35 and Norteña variety with 1,324, 1,035 and 0.908 kg, which represents a total production of 55.17, 43.12 and 37.83 ton/ha respectively, far surpassing the Fianna variety that registered a yield per plant of 0.802 kg, which represents a production of 33.41 ton/ha. No symptoms of PMP syndrome were observed in the tuber of the four genotypes evaluated, but the bacterium was detected by PCR when the Lp16S-ISR-RF/Lp16S-ISRR-RR primers were used, except in clone 07-09-35. With these results, it can be inferred that the Mexican materials, especially those of the intermediate or semi-late period, constitute a viable option for the sustainable production of potatoes, since they were superior in yield to the commercial variety Fianna.

Key words: Genotypes, PMP, CaLso, Detection

INTRODUCCION

En México, la papa (*Solanum tuberosum* L.) se siembra en una superficie aproximada de 60,000 ha bajo condiciones de riego y temporal, con una producción anual de 1´784,000 t (SIAP, 2020). La producción es afectada por diversos problemas fitosanitarios, el más importante es el síndrome Punta Morada de la Papa (PMP), el cual está asociado a *Candidatus* Liberibacter solanacearum (*Ca*Lso) y *Candidatus* Phytoplasma spp (*Ca*Phy) (Munyaneza, 2012; Caicedo *et al*., 2020). *Ca*Lso es una bacteria α-proteobacteria gram-negativa, no cultivable *in vitro*, limitada al sistema vascular del floema, es un parásito obligado de plantas e insectos, y presenta transmisión horizontal y vertical (Bertolini *et al*., 2015; Munyaneza *et al*., 2008, Munyaneza, 2012). Este problema fitosanitario de la papa también es de gran importancia en otros países como Nueva Zelanda (Liefting *et al*., 2008), Estados Unidos de América y Centro América (Munyaneza *et al*., 2007; Secor *et al*., 2009). Las regiones más afectadas en México son el Centro (Edo. de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Veracrúz), el Noreste (Coahuila y Nuevo León) y el Bajío (Guanajuato y Michoacán). La región Noroeste (Sonora, Sinaloa, Baja California, Chihuahua) y la zona de Tapalpa, Jal., son afectadas en menor grado que las anteriores; sin embargo, el problema se ha ido incrementando (Rubio *et al*., 2011a). La transmisión de estos patógenos se realiza principalmente por vectores, para el caso de *Ca*Lso se reporta como vector a *Bactericera cockerelli* (Sulc), conocido como el psilido de la papa. Los fitoplasmas están asociados con la presencia de cicadélidos y saltones de hojas, (Cuesta *et al*., 2021). La transmisión también se realiza mediante tubérculos infectados los cuales se utilizan como semilla (Caicedo *et al*., 2020; Cuesta *et al*., 2021). En un estudio realizado en México Rubio, *et al*. (2011b), reportaron una estrecha asociación entre la población de *B. cockerelli* y la incidencia de la PMP y también se observaron que el 54% de los tubérculos con los síntomas de la enfermedad eran positivos a la bacteria *Ca.* Liberibacter solanacearum y solamente el 3.5% fueron positivos a fitoplasmas, lo cual soporta lo reportado por otros investigadores (Hansen *et al*., 2008; Liefting *et al*., 2008; Venkatesan *et al.,* 2010) y confirma que el principal agente causal del síndrome de la PMP en México, al igual que en otros países, es la bacteria *Candidatus* Liberibacter solanacearum. Los tubérculos usados como semilla generalmente no brotan y si lo hacen estos presentan brotes muy alargados o ahilados, como resultado los rendimientos decrecen significativamente y el tamaño de los tubérculos se reduce (Munyaneza, 2012). Dependiendo de la etapa de desarrollo en que las plantas son infectadas, el rendimiento de tubérculos puede disminuir entre 10 y 100% y como consecuencia las pérdidas económicas son muy cuantiosas (Rubio *et al*., 2013). En

la actualidad, el control de la PMP se basa casi exclusivamente en la aplicación intensiva de insecticidas químicos, por lo que es necesario establecer un sistema de control integrado de la enfermedad que incluya el uso de variedades tolerantes, insecticidas biológicos y prácticas culturales (Rubio *et al*., 2013). Por esa razón el objetivo de este trabajo fue detectar a *Candidatus* Liberibacter solanacearum en diferentes genotipos de papa que se han mantenido estables en rendimiento y calidad de la producción.

MATERIALES Y METODOS

Los genotipos utilizados en el estudio fueron los clones 07-09-35 y 98-18-24, así como las variedades Norteña y Fianna. El clon 07-09-35 y la variedad comercial Fianna son de ciclo intermedio (de 100 a 120 días a la cosecha después de la emergencia), el clon 98-18-24 y la variedad Norteña son de ciclo tardío (120 días a la cosecha después de la emergencia). Las muestras fueron colectadas en un lote establecido en el ciclo P-V 2022 bajo condiciones de temporal en el ejido San Francisco del Javier en Galeana, N. L. Se realizaron cinco aplicaciones de insecticidas para la prevención y control de vectores, tres de fungicidas preventivos en todos los materiales, y dos de fungicidas sistémicos para la prevención y control del tizón tardío en el genotipo 07-09-35 y la variedad comercial Fianna. Lo anterior, debido a que estos materiales son susceptibles a esta enfermedad y las condiciones ambientales fueron favorables para su presencia después de los 80 días de emergencia (lluvias frecuentes). Para la detección de la bacteria *Candidatus* Liberibacter solanacearum considerada como el agente causal de la PMP, se utilizó la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa-Punto Final (PCR por sus siglas en inglés). La extracción del ADN a partir de tubérculos colectados en campo se realizó mediante la técnica del CTAB modificada por Almeyda *et al*. (2001). En las reacciones de PCR se utilizaron los iniciadores Lp16S-2F/Lp16S-2R, diseñados sobre la secuencia del gen que codifica para el ARN ribosomal 16S de la bacteria que amplifican un fragmento de aproximadamente 872 pb y los iniciadores Lp16S-ISR-RF/Lp16S-ISR-RR, diseñados sobre la secuencia del gen que codifica para el ARN ribosomal 16S y en la región intergénica entre los genes ribosomales 16S y 23S de la bacteria, los cuales amplifican un fragmento de aproximadamente 662 pb (Hansen *et al*., 2008). Las reacciones de PCR se prepararon en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer PCR (1X), iniciador (25 pMoles para cada uno), enzima Taq-ADN Polimerasa (1.5 U) y 50-200 ng de ADN. Las condiciones de corrida en el termociclador fueron: Un ciclo a 94 ^{o}C por 3 min, 35 ciclos a 94 ^{o}C por 1min, 60 ^{o}C por 30seg y 72 ^{o}C por 1min, un ciclo final a 72 ^{o}C por 10min. Los fragmentos amplificados se fraccionaron en geles

de agarosa al 1.5 % y se corrieron a 100 Volts, durante 60 seg. Los geles fueron tenidos con el colorante Gel-Red y visualizados para su análisis bajo luz ultravioleta.

RESULTADOS Y DISCUSION

La altura de planta registrada para los materiales en estudio fue 50 a 61 centímetros para los genotipos Fianna y Norteña respectivamente. En el número de tallos por planta, fue similar el mismo con tres de promedio. El mayor rendimiento, fue para los clones 98-18-24 y 07-09-35 con 1.324 y 1.035 kilogramos por planta, respectivamente. El clon 98-18-24, supera significativamente a la variedad Fianna en más del 60% de rendimiento por planta. Al transformar el rendimiento por planta obtenido en toneladas por hectárea, la producción total fue mayor para los clones 98-18-24 y 07-09-35 con 55.17 y 43.12 ton., respectivamente, superando ampliamente a la variedad Fianna (Cuadro 1). Se muestrearon 10 tubérculos al azar, los cuales estuvieron libres del manchado de la pulpa o pardeamiento interno, así como de síntomas en el haz vascular, que son los síntomas característicos de infección por el síndrome de la PMP. Además, los tubérculos muestreados presentaron brotación normal sin la presencia de brotes alargados o ahilados (Figura 1). Sin embargo, cuando se realizó el análisis mediante PCR para la detección de la bacteria *Candidatus* Liberibacter solanacearum en los tubérculos muestreados, se registró la presencia de este patógeno en el clon 98-18-24 y en las variedades Norteña y Fianna cuando se utilizaron los iniciadores Lp16S-ISR-RF/Lp16S-ISR-RR, cuando se utilizaron los iniciadores Lp16S-2F/Lp16S-2R la bacteria no se detectó en ninguno de los genotipos evaluados (Figura 2).

Cuadro 1. Medias de características agronómicas en genotipos de papa en la localidad de San Francisco del Javier en Galeana, N. L. (P-V 2022).

Genotipos	Altura (cm)	Número de tallos/planta.	Rendimiento/planta (Kg)
98-18-24	58.2	3	1.324
07-09-35	55.2	3	1.035
Norteña	61.0	3	0.908
Fianna	50.0	3	0.842



A **B** **C** **D**

Figura 1. Tubérculos de papa con brotación normal, sin síntomas de brotes alargados o ahilados. A= Clon 07-09-35; B= Clon 98-18-24; C= Variedad Norteña; D= Variedad Fianna.

M 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 M

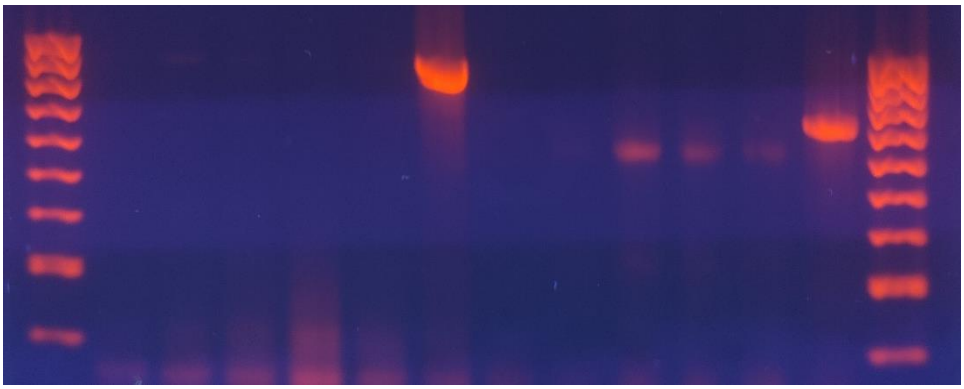


Figura 2. Amplificación mediante PCR de fragmentos del gen RNA ribosomal 16S y de la región intergénica entre el gen RNA ribosomal 16S y el gen 23S de *Candidatus* Liberibacter solanacearum a partir del ADN extraído de diferentes genotipos de papa. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carril 1: Testigo negativo; Carril 2: Clon 07-09-35; Carril 3: Clon 98-18-24, Carril 4: Variedad Norteña; Carril 5: Variedad Fianna, Carril 6: Testigo positivo, con los iniciadores Lp16s-2F/Lp16s-2R; Carril 7: Testigo negativo, Carril 8: Clon 07-09-35; Carril 9: Clon 98-18-24, Carril 10: Variedad Norteña; Carril 11: Variedad Fianna, Carril 12: Testigo positivo, con los iniciadores Lp16S-ISR-RF/Lp16S-ISR-RR.

Es importante señalar que tanto el clon 98-18-24 como la variedad Norteña son de ciclo tardío (120 días después de la emergencia), por lo tanto, estuvieron más tiempo expuestos

a la presencia del vector el psílido *Bactericera cockerelli* (Sulc). Por consecuencia, la presión y presencia del patógeno fue mayor en estos dos genotipos, lo que permitió a la bacteria ser trasmitida e infectar a estos materiales en la última etapa de su ciclo, ya que la aparición de los síntomas del síndrome de PMP fue entre los 90 y 100 días después de la emergencia del cultivo. En esta etapa el clon 07-09-35 y la Variedad Fianna prácticamente ya estaban en la etapa de cosecha ya que son de ciclo semitardío (100 a 120 días después de la emergencia). Sin embargo, en la variedad Fianna también se detectó a la bacteria, aunque se puede asumir que su concentración fue menor que en el clon 98-18-24 y la variedad Norteña en virtud a la menor resolución del fragmento amplificado (Figura 2-11). Por otra parte, se puede inferir que la variedad Norteña presenta mayor tolerancia al síndrome de PMP que el clon 98-18-24, ya que la resolución de amplificación fue mayor en este último genotipo (Figura 2-11). Es conveniente señalar qué si los tubérculos no presentaron síntomas de manchado o pardeamiento interno, ni tampoco síntomas en el haz vascular, no se puede inferir que fue debido a características de tolerancia de estos genotipos, si no que tal vez fue debido a que la población de los vectores fue baja y además su control dejó de realizarse en los últimos días del ciclo del cultivo, por lo tanto, la infección fue en la última etapa de desarrollo de los genotipos principalmente de aquellos de ciclo tardío, por lo tanto, los síntomas no se expresaron en los tubérculos pero si en la parte aérea. Por otra parte, si bien es cierto que no se observaron síntomas de infección de la bacteria en los tubérculos y se tuvieron brotes sanos (difiriendo con lo que señalado por Munyaneza *et al*., 2012), eso no quiere decir que dicho material se deba utilizar como semilla en un siguiente ciclo de cultivo, ya que como pudo comprobar mediante el análisis mediante PCR la bacteria está presente en al menos tres genotipos y se constituye como el inóculo inicial con un alto riesgo de pérdida entre el 60 al 80% del rendimiento y del 100% de la producción para su uso en la industria.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede inferir que los materiales mexicanos, sobre todos aquellos de período intermedio o semitardío se constituyen como una opción viable para la producción sostenible de la papa, ya que los tres genotipos generados en el INIFAP (clon 98-18-24, clon 07-09-35 y Norteña), fueron superiores en rendimiento a la variedad comercial Fianna. Además, en el clon 07-09-35, no se detectó a la bacteria *Candidatus* Liberibacter solanacearum, ni se observaron síntomas de daño en el tubérculo.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of Phytoplasma sp. in different plant species in México. 2001. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 1-9.

Bertolini, E., Teresani, G.R., Loiseau, M., Tanaka, FAO, Barbé, S., Martínez, C. 2015. Transmission of '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' in carrot seeds. Plant Pathology 64: 276-285.

Caicedo, D., Simbaña, L. L., Calderón, D. A., Lalangui, K. P., Rivera-Vargas, L. I. 2020. First report of "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" in Ecuador and in South America. Australasian Plant Disease Notes 15(1): 6.

Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Racines, M., Castillo, C. 2021. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda edición. Manual técnico No. 104. Quito (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 págs.

Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., Paine, T.D. 2008. New Huanglongbing (HLB) *Candidatus* species, *"C.* Liberibacter psyllaurous", found to infect tomato and potato is vectored by the psyllid *Bactericerca cockerelli* (Sulc). Applied and environmental microbiology 74(18): 5862–5865.

Liefting, L.W., Pérez-Egusquiza, Z.C., Clover, G.R. 2008. A New '*Candidatus* Liberibacter' Species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. Plant Disease 92(10): 1474.

Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M., Upton, J.E. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra Chip," a New Potato Disease in Southwestern United States and Mexico. Journal Economic Entomology 100(3): 656-663.

Munyaneza, J.E., Buchman, J.L., Upton, J.E., Goolsby, J.A., Crosslin, J.M., Bester, G., Miles, G.P., Sengoda, V.G. 2008. Impact of Different Potato Psyllid Populations on Zebra Chip Disease Incidence, Severity, and Potato Yield. Subtropical Plant Science 60: 27-37.

Munyaneza, J.E. 2012. Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and management. American Journal Potato Research 89: 329–350.

Rubio-Covarrubias, O.A., Cadena-Hinojosa, M.A., Almeyda-Leon, I.H. 2011a. A summary of research work on potato zebra chip in the central part of Mexico. Proceedings of the 11th annual zebra chip reporting session. San Antonio Tx. USA.

Rubio-Covarrubias, O.A., Almeyda-León, I.H., Cadena-Hinojosa, A.M., Lobato-Sánchez, R. 2011b. Relación entre *Bactericera cockerelli* y la presencia de *Candidatus* Liberibacter psyllaurous en lotes comerciales de papa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2(1): 17-28.

Rubio-Covarrubias, O., Hinojosa, M., Carrillo, G. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto Técnico No. 2, Diciembre, 2013. Metepec, Estado de México, México.

Secor, G.A., Rivera, V.V., Abad, J.A., Lee, M., Clover, G. R.G., Liefting, L.W., Li, X., De Boer, S.H. 2009. Association of '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' with Zebra Chip Disease of Potato Established by Graft and Psyllid Transmission, Electron Microscopy, and PCR. Plant Disease (93)6: 574-586.

SIAP. 2020. Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México, México. 200 p. https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf.

Venkatesan, G.S., Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M., Buchman, J.L., Pappu, H.R. 2010. Phenotypic and etiological differences between psyllid yellows and zebra chip disease of potato. American Journal Potato Research 87: 41-49.

DETECCIÓN DEL GEN BS2 ASOCIADO CON LA RESISTENCIA A MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria) EN GENOTIPOS DE CHILE

Reinaldo Méndez Aguilar[1*], Moisés Ramírez Meraz[1], Cristóbal Ervi Bautista Pérez[1], Iridian Vite Pérez[2]

[1]INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2]Carr. Huejutla - Chalahuiyapa S/N, Centro, C.P. 43000 Huejutla, Hgo.

***Correo E: mendez.reinaldo@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La mancha bacteriana es una de las enfermedades más importantes de los campos agrícolas de todo el mundo y sus principales huéspedes son el tomate y chile; en ambos cultivos puede causar pérdidas totales en los climas tropicales y subtropicales. Los marcadores moleculares constituyen en la actualidad una herramienta importante en el mejoramiento genético de diversas especies, así como la identificación de genotipos de chile que contienen genes asociados a la resistencia a mancha bacteriana. El objetivo del presente estudio fue evaluar un marcador molecular de ADN que permitiera detectar en genotipos de chile el gen Bs2 asociado con la resistencia mancha bacteriana. El experimento se llevó a cabo de agosto 2022 a enero del 2023, en las instalaciones del Campo Experimental Las Huastecas- INIFAP, ubicado en Villa Cuauhtémoc, Altamira Tamaulipas. El marcador evaluado mediante PCR (P11.Bs2.355) permitió discriminar entre genotipos con presencia y ausencia del gen Bs2 asociado con la resistencia a la bacteria. El tamaño de la banda fue el esperado: ~355 pb para los que lo tienen, mismo que se encontró en una frecuencia alta de (19 de 32 accesiones 59.37 % del total de las muestras analizadas). Mediante el marcador SCAR P11.Bs2.355 se lograron detectar los genotipos de chile que tienen el gen Bs2, asociado con la resistencia a mancha bacteriana. Por lo tanto, este marcador es candidato para programas de selección asistida por marcadores moleculares de ADN.

Palabras clave: Mejoramiento genético, marcadores moleculares, mancha bacteriana, genotipos.

ABSTRACT

The bacterial spot is one of the most important diseases of agricultural fields around the world and its main hosts are tomato and pepper; in both crops can cause total losses in tropical and subtropical climates. Molecular markers are currently an important tool in the genetic improvement of various species, as well as the identification of pepper genotypes that contain genes associated with resistance to bacterial spot. The objective of this study was to evaluate a DNA molecular marker that would allow the detection of the Bs2 gene associated with bacterial spot resistance in pepper genotypes. The experiment was carried out from August 2022 to January 2023, at the facilities at Las Huastecas Experimental Field-INIFAP, located in Villa Cuauhtemoc, Altamira, Tamaulipas. The marker evaluated by PCR (P11Bs2.355) allowed discriminating between genotypes with the presence and absence of the Bs2 gene associated with resistance to the bacteria. The size of the band was as expected: ~355 bp, which was found in a high frequency of (19 of 32 accessions, 59.37 % of the total number of accessions). Using the marker SCAR P11.Bs2.355, it was possible to detect pepper genotypes that have the Bs2 gene, associated with resistance to bacterial spot. Therefore, this marker is a candidate for selection programs assisted by DNA molecular markers.

Key words: Genetic improvement, molecular markers, bacterial spot, genotypes.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial. Sus distintas variedades se adaptan a diversos climas y tipos de suelo lo que ha contribuido a su exitosa y amplia distribución geográfica (Aguirre *et al*., 2015). El valor comercial de este cultivo se ha incrementado tanto debido a que se ha diversificado su uso como de alimento, condimento, medicina, la industria cosmética, y ornamentales en jardines (Latournerie *et al*., 2001). El largo proceso de producción de esta hortaliza no está libre de riesgos, la presencia de plagas y enfermedades reducen año con año el potencial productivo del cultivo (Castro *et al*., 2000; Alcántar *et al.*, 2007; Pineda-Pineda *et al*., 2008). Actualmente la mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria) está presente en casi cualquier lugar en el que se cultive chile, aunque es más severa en regiones tropicales y subtropicales como lo es la región sur de Tamaulipas donde se tienen serios problemas con esta enfermedad, lo cual incrementa los costos de producción (Jones *et al.*, 2008; Ramírez *et al.,* 2015).

En los últimos años, la aplicación de la biotecnología en la investigación agrícola ha progresado rápidamente, lo que ha permitido desarrollar múltiples técnicas moleculares de gran utilidad en el mejoramiento vegetal, facilitando el análisis genético de caracteres de interés agronómico y la selección de individuos con características ventajosas (Zamudio *et al*., 2002). Por lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar un marcador molecular de ADN que permita detectar en genotipos de chile el gen Bs2 asociado con la resistencia a mancha bacteriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo de agosto de 2022 a enero de 2023 en las instalaciones del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS), forma parte del Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Km. 55 de la Carretera Tampico-Mante en Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas. Ubicado en las coordenadas: 22º 33’ 59” N y 98º 09’ 49” O, dentro de la región Huasteca en el oriente de la República Mexicana, con altitud de 11 msnm (Ramírez *et al.,* 2015). Se colectó tejido foliar a partir de hojas de plántulas de chile en el invernadero del CEHUAS-INIFAP (Cudro 1)., las cuales fueron transportadas al Laboratorio de Agrobiotecnología y Postcosecha del CEHUAS.

Cuadro 1: Materiales comerciales seleccionados en el invernadero del CEHUAS-INIFAP para la detección del Gen Bs2.

Nº de Identificación	**Nombre comercial**	**Tipo racial**	**Nº de identificación**	**Nombre comercial**	**Tipo Racial**
1	3482	Jalapeño	18	Orizaba	Jalapeño
2	Mixteco	Jalapeño	19	Sendero	Serrano
3	Rio Elota	Serrano	20	Bravio	Serrano
4	Platino	Serrano	21	Artillado	Jalapeño
5	Plata	Serrano	22	Rio Verde	Jalapeño
6	J-S1	Jalapeño	23	Ahome	Jalapeño
7	J-1117	Jalapeño	24	SVHJ-5816	Jalapeño
8	Centauro	Serrano	25	Kraken	Morrón
9	Chiser 522	Jalapeño	26	Brangus	Morrón

10	Escobar	Serrano	27	Santa Fe Galardon	Güero
11	Abasolo	Jalapeño	28	Canario Real	Chilaca
12	SV-2030	Serrano	29	1pc	Jalapeño (T-)
13	Gabino	Jalapeño	30	2mb	Pimiento (T+)
14	Catarino	Jalapeño	31	4mb	Pimiento
15	Super llanero	Serrano	32	5mb	Pimiento
16	MSX 1268	Serrano	33	6mb	Pimiento
17	MSX 1537	Serrano	34	7mb	Pimiento

T- = Testigo que no porta el gen Bs2; T+= Testigo portador del gen Bs2.

El método de extracción de ADN utilizado fue CTAB. Las muestras de tejido foliar se colocaron en un tubo Eppendorf con tres perlas de albumina dentro para su maceración con nitrógeno líquido. Se calentó CTAB 1.5x y se adicionó 1.0mL a tubos Eppendorf de 2.0mL conteniendo las muestras ya maceradas, cada tubo paso por vortex hasta disolver y posteriormente se llevó a baño maría a 56°C por 15 minutos mezclando la muestra cada 5 minutos y finalizando se colocaron en la centrífuga a 13,500 rpm por 15 minutos. Del sobrenadante que resultó se transfirió 800µL a tubos nuevos y se agregó 1.0 mL de CIAA bajo campana de flujo laminar (Figura 6), agitándose por inversión “shaker” durante 15 minutos y después se llevaron a la centrífuga a 13,500 rpm por 15 minutos que resultado de esto fue un suspendido superior que se tomó cuidadosamente con clips cortados para ser transferidos a tubos que contenían 1 mL de tampón de precipitación observándose el ADN a simple vista suspenderse en el momento. Se colocaron de nuevo en la centrifuga a 13,500 rpm durante 15 min, pero esta vez el sobrenadante resultante fue eliminado por completo y se adiciono 100 µL de NaCl: 0.1 µL por muestra para ser colocados por consiguiente en baño maría durante 10 min a una temperatura de 37 ºC. Para realizar el correcto lavado de ADN se agregaron 200 µL de Etanol al 96º bajo una temperatura de -20 ºC. Como último paso se llevaron las muestras a la centrifuga a 13,500 rpm por 15 min descartando el sobrenadante por completo y dejando secar los tubos por más de 12 h. Cada muestra se rehidrató con 50 µL de TE 10x y se almacenaron a 4 °C. Una vez terminada la

extracción de ADN se continuó con la electroforesis en gel de agarosa al 1 % y se tiñó cada muestra con 1 µL de GelRed® bajo la exposición a luz ultravioleta en un transiluminador (BXT-F20-M; Uvitec, France) se visualizó el ADN. En las accesiones de chile se utilizó el marcador P11Bs2.355 que cosegrega con el gen BS2. El volumen de la reacción para PCR fue de 12.2 µL (4 µL Buffer Green, 2.4 µL Magnesio, 0.6 µL dNTPs, 2.0 µL marcador sentido, 2.0 µL marcador anti sentido, 0.2 µL Taq polimerasa, 1 µL ADN (150 ng/µl). Una vez realizada la PCR se realizó la electroforesis para visualizar los productos de PCR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis SCAR P11.Bs2.355 se trabajaron únicamente con 32 de los 34 materiales genéticos (en el estudio ya no se incluyeron Mixteco y Orizaba por falta de ADN). El SCAR P11.Bs2.355 ligado con la resistencia a mancha bacteriana causada por *X. campestris* pv. vesicatoria, se encontró en una frecuencia alta (19 de 32 genotipos, incluyendo el T+) (Figura 1); 59.37% del total de las muestras analizadas, el marcador SCAR fue polimórfico y amplificó un fragmento de ~355 pb (pares de bases) para los genotipos que contienen el gen Bs2. El marcador P11.Bs2.355 es dominante. Dávila *et. al.* (2003) mencionan que los marcadores son dominantes porque los polimorfismos se presentan como presencia o ausencia de bandas.

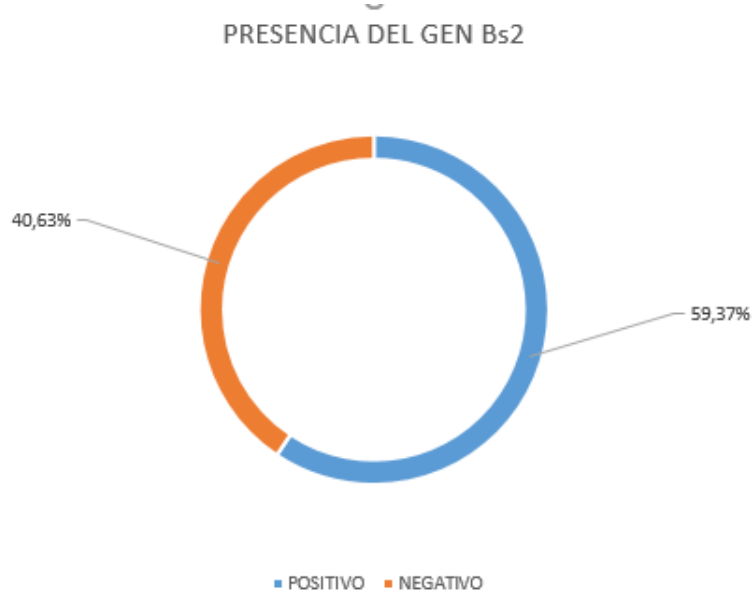
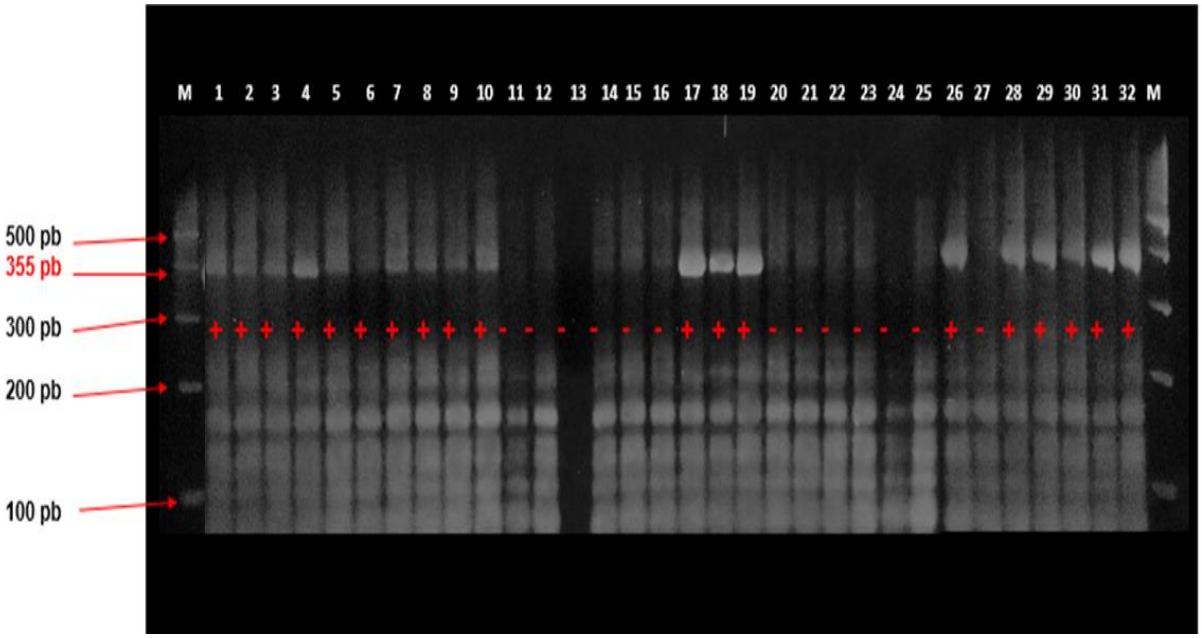


Figura 1. Representación gráfica de la presencia del gen Bs2.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la visualización de 32 muestras analizadas mediante electroforesis (Figura 2) en donde se observa la presencia del gen Bs2

en 19 genotipos de chile, destacando la presencia de dicho gen en el genotipo 2mb que fue utilizado como testigo positivo (T+) y el genotipo 1pc que fue utilizado como testigo negativo (T-) y no amplificó el marcador P11.Bs2.355, debido a que no contiene el gen Bs2 (Figura 2). Esto indicó que el marcador P11.Bs2.355 permite detectar genotipos que tienen dicho gen de los que no lo tienen, lo que lo hace apto para utilizarse en programas de Selección Asistida mediante Marcadores Moleculares de ADN donde se pretende incorporar resistencia a mancha bacteriana. También este marcador es una opción para detectar variedades/híbridos comerciales resistentes a *X. campestris* por tener el gen s2, previa validación fenotípica.



+ = presentan el gen Bs2; - = no tienen el gen Bs2; 27 = Testigo negativo (T-); 28 = Testigo positivo (T+).

Figura 2. Visualización de productos amplificados en gel de acrilamida.

CONCLUSIONES

Mediante el marcador SCAR P11.Bs2.355 se lograron detectar los genotipos de chile que tienen el gen Bs2, asociado con la resistencia a mancha bacteriana. Por lo tanto, este marcador es candidato para programas de selección asistida por marcadores moleculares de ADN.

REFERENCIAS

Aguirre, E., y Muñoz, V. 2015. El chile como alimento. Revista Ciencia, 66, 16-23.

Alcántar, G.G., Trejo, L. I., Fernández P, Rodríguez, M. N. 2007. Elementos Esenciales. In: Nutrición de Cultivos. México, D.F. Mundi-Prensa. 7-48.

Castro BR, Sánchez GP, Peña LA, Alcántar GG, Baca CG, López RRM. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO3 en el extracto celular de pecíolos de tomate de cáscara. Terra Latinoamericana; 18: 141-145.

Dávila, M., Laurentín, H., y Castillo, M.A. 2003. Utilidad de marcadores RAPD en la identificación de germoplasmas de ajonjolí. Agronomía Tropical. 53(3). 259-274.

Jones, J. B., Jones, J. P., Zitter, T. A., Momol, T. M., y Polston, J. E. 2008. Compendium of Tomato Diseases. 2a Edición. APS Press. St. Paul, MN.

Latournerie, M. L., Chávez, L., Pérez, M., Castañón, G., Rodríguez, S. A., Arias, L. M., Ramírez, P. 2002. Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (Capsicum annuum L. y Capsicum chinense Jacq.) En Yaxcabá, Yucatán, México. Rev. Fitotecnia Méx. 25: 25–33.

Pineda, J., Avitia, E., Castillo, A. M., Corona, T., Valdez, L.A., Gómez, J. 2008. Extracción de macronutrimentos en frambueso rojo. Terra Latinoamericana. 26: 333-340.

Ramírez, M., Villalón, H., Aguilar, V.H., Corona, T., Latournerie, L. 2015. Caracterización Morfológica de Chiles Silvestres y Semidomesticados de la Región Huasteca de México. Revista Agro Productividad. 9-16.

Zamudio, F. y Guerra, F. 2002. Especies forestales de rápido crecimiento con énfasis en el género Populus. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestal. Chile, p1-68.

DEFORESTACIÓN NUMÉRICA EN EL AMAZONAS Y SU EFECTO EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL SUR DE MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

Oscar Uriel Amaro-Méndez[1], Miguel Angel González-González[2], Iryna Tereshchenko[1], Edgar G. Pavia[3], Arturo Corrales-Suastegui[2*]

[1]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. Gral. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica, 44430 Guadalajara, Jal.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga CP 20673, México.

[3]Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), División de Oceanología, Departamento de Oceanografía Física, Ensenada, Baja California.

***Autor de correspondencia:** corrales.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En este trabajo se utilizó el Modelo Climático Regional (RegCM4), para analizar los efectos de una deforestación completa del Amazonas en temperatura y precipitación en el sur de México, Centroamérica y el Caribe. Para esto, se realizaron dos simulaciones para un periodo de 21 años (1996-2016) con el modelo climático regional RegCM4 forzado por el reanálisis Era Interim a 25 km de resolución espacial. El dominio del modelo y las simulaciones siguen las especificaciones del Experimento Coordinado Regional de Reducción del Clima (CORDEX) para el dominio de Centroamérica. La primera simulación consistió en una corrida de control con la vegetación prescrita en el modelo, la segunda consistió en reemplazar todos los árboles por pastizales en la región del Amazonas. Los resultados sugieren que al deforestar (de árboles a pastizales), grandes regiones del sur de México y Centroamérica experimentaron incremento en temperatura de hasta ~0.2 °C, mientras que en Cuba y en las costas del Caribe, se presentó un efecto de enfriamiento de ~0.1.0 °C. Por otra parte, la precipitación presentó una respuesta de disminución, de ~0.25 a ~1 mm/d, a lo largo de la Costa del Pacífico, así como, en extensas regiones del sur de México, Centroamérica y Cuba, lo cual es consistente con estudios recientes de modelación

de deforestación tropical a nivel global. Estos resultados dan apertura a estudios futuros que involucren simulaciones idealizadas en periodos más largos (30 años) para tener una imagen más clara del efecto de la deforestación del Amazonas sobre regiones lejanas.

Palabras clave: RegCM4, uso de suelo, pastizales

ABSTRACT

Using the Regional Climate Model (RegCM4), we analyzed the effects of a complete deforestation of the Amazon on temperature and precipitation in southern Mexico, Central America, and the Caribbean. For this, we performed two 21-year simulations (1996-2016) with the RegCM4 regional climate model driven by the Era Interim reanalysis at 25 km spatial resolution. The model domain and simulations follow the specifications of the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) for the Central America domain. The first simulation consisted of a control run with the vegetation prescribed in the model; a second simulation consisted of replacing all trees with pastures in the Amazon region. The results suggest that when deforesting (from trees to grasslands), large areas of southern Mexico and Central America showed an increase in temperature of up to ~0.2 °C, while in Cuba and the Caribbean coasts, we found a cooling effect of up to ~0.1°C. On the other hand, precipitation showed a decreasing response, from ~0.25 to ~1.0 mm/d, along the Pacific Coast, as well as in extensive regions of southern Mexico, Central America, and Cuba. These results are consistent with recent studies in modeling of tropical deforestation at a global level. Further investigations are needed at longer simulation periods (30 years) to understand better the effect of the deforestation in the Amazon on distant regions.

Key words: RegCM4, land use, grassland

INTRODUCCIÓN

El bosque tropical más extenso en el mundo es la selva del Amazonas (a partir de ahora, Amazonas) con una superficie de 7 x 106 km^2, la cual se distribuye entre 9 países: Bolivia, Colombia, Guyana, Guyana Francesa, Venezuela, Ecuador, Surinam, Brasil y Perú, siendo estos dos últimos los que mayor extensión tienen. El Amazonas alberga hasta 80 000 especies de plantas, de las cuales la mitad influyen en la regulación del clima del planeta y

en el proceso del ciclo del agua en la región (Fundación Aquae, 2016). La importancia de este tipo de ecosistemas para el clima ha sido motivo de gran estudio, tal como lo mencionan Avissart y Werth (2005), quienes resaltan principalmente una disminución en la precipitación y evaporación, así como también un aumento en la temperatura superficial en la Amazonia.

Por otra parte, durante años la comunidad científica ha expresado su preocupación de que el aumento de las temperaturas, la sequía y la deforestación están reduciendo la capacidad de la selva tropical más grande del mundo para absorber dióxido de carbono de la atmósfera y ayudar a compensar las emisiones de la quema de combustibles fósiles. La región amazónica juega un papel importante en el balance energético, hidrológico y de carbono global. Esta región ha estado sufriendo durante los últimos 40 años una deforestación intensa (Alves et al., 2017). Entre 2001 y 2003, el 15% de la parte correspondiente a Brasil fue deforestada (Chagnon et al., 2004; Costa et al., 2007). El hecho de cambiar el uso de suelo altera las condiciones climáticas sobre la región (Lean y Warrilow, 1989; Costa et al., 2007, Avila et al., 2012). Por la dimensión del Amazonia, los efectos de su deforestación también se presentan en regiones más lejanas (Cui et al., 2006). Estudios previos sugieren que una conversión del Amazonas en Savannah (pastizales abiertos, generalmente con arbustos o árboles dispersos) impactaría en el índice de estrés calórico de manera comparable al efecto del cambio climático bajo un escenario de altas emisiones, lo cual representaría un alto riesgo para la salud humana (Alves et al., 2021). Por lo que, realizar estudios de simulación de deforestación en la región del Amazonas permitirá analizar dichos efectos en otras regiones, como son el sur de México, Centroamérica y el Caribe.

MATERIALES Y METODOS

Modelo Climático Regional

El RegCM4 del Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) es un modelo hidrostático, compresible, tridimensional y se ejecuta en la malla Arakawa B (Giorgi et al., 2012). Se llevaron a cabo simulaciones en el dominio del Experimento Coordinado Regional de Reducción del Clima (CORDEX) para Centroamérica y México (CORDEX-CAM) (Figura 1) (Giorgi et al., 2009; Giorgi y Gutowski 2015). Los procesos de superficie terrestre se incorporan a través del Community Land Model (CLM4.5; Oleson et al., 2013).

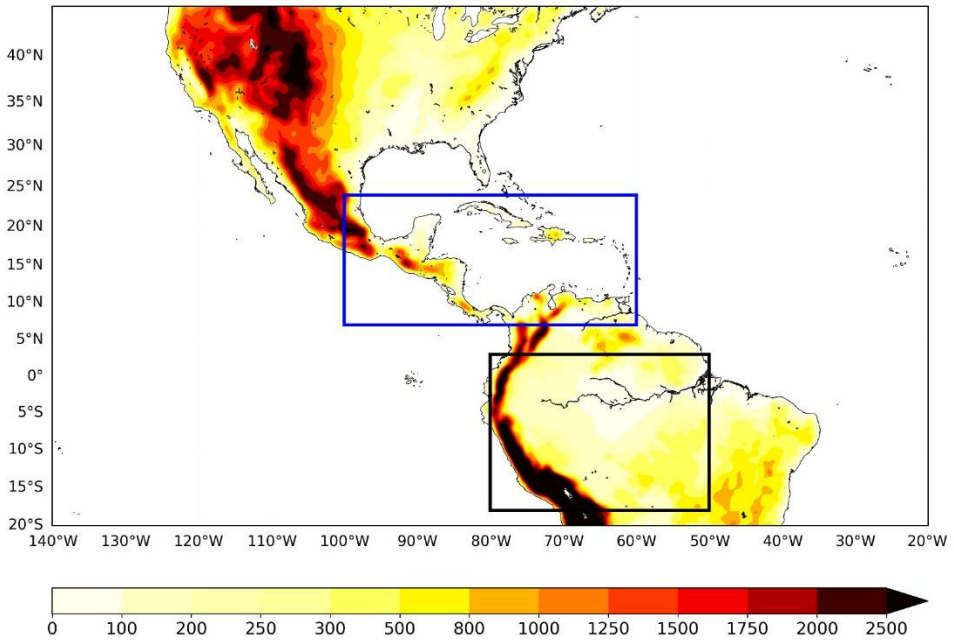


Figura 1. Dominio CORDEX-CAM, topografía (m), región a deforestar (encerrada en cuadro negro) y región del sur de México, Centroamérica y el Caribe (encerrada en cuadro azul).

Simulaciones

Se realizaron dos simulaciones de 21 años (1996-2016) cada una forzada por el reanálisis Era Interim a una resolución espacial de 25 km. La configuración del RegCM4 es similar a la descrita por Torres-Alavez et al. (2021). Similar a Corrales-Suastegui et al. (2022a), el primer año de simulación se consideró spin-up del modelo y se descartó. Las simulaciones realizadas fueron: i) corrida de control (CTL) con la vegetación prescrita en el modelo de acuerdo con el modelo de superficie terrestre CLM4.5 (Oleson et al., 2013), y ii) corrida de deforestación numérica de árboles a pastizales (AMZ), en la cual, se cambió la cobertura vegetal sobre la región del Amazonas (Figura 1, área encerrada en cuadro negro).

Observaciones y reanálisis

Para evaluar el desempeño del RegCM4 se utilizaron datos de observaciones en malla del CPC para precipitación y temperatura con 0.50° de resolución provistos por el

NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA, desde su sitio Web en https://psl.noaa.gov/; y datos del reanálisis ERA 5 del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF) a una resolución horizontal de 31 km (Hersbach et al. 2020; Copernicus Climate Change Service [C3S], 2017).

RESULTADOS Y DISCUSION

El rendimiento del modelo se evaluó (Figura 2) comparando RegCM4 con CPC (Figura 2a, b) y ERA5 (Figura 2c, d). Los cambios en la temperatura y precipitación para la simulación AMZ relativos al CTL se muestran en la Figura 3. Respecto a temperatura, RegCM4 presentó un sesgo frío en prácticamente toda la región de estudio comparado a CPC (Figura 2a). No obstante, respecto a ERA5 (Figura 2b), se encontró un sesgo cálido en la mayor parte de la región, con excepción de la Península de Yucatán y Cuba, en donde el sesgo es consistente respecto a CPC. Este comportamiento en el sesgo en temperatura es consistente con estudios previos de RegCM sobre el dominio CAM (Corrales-Suastegui et al., 2022b; Corrales-Suastegui et al., 2021). Por otra parte, RegCM es húmedo (Figura 2b, d) en gran parte de la región de estudio, con excepción de regiones del sur de México en donde es seco. No obstante, aun cuando RegCM presentó sesgo en ambas variables, el modelo tiene características similares a las observaciones y al reanálisis.

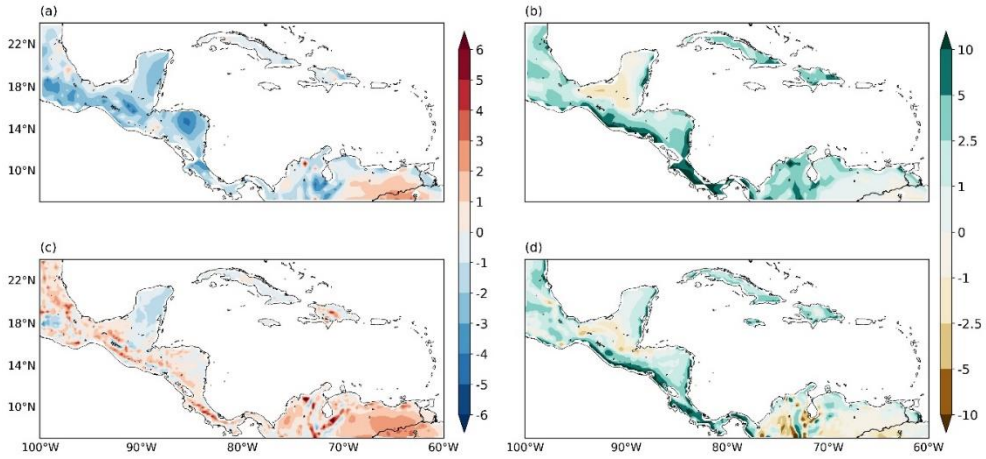


Figura 2. Diferencia en el promedio de 20 años (1997-2016) para (a) temperatura superficial (°C) y (b) precipitación (mm/d) para CTL menos CPC. (c) y (d) similares a (a) y (b) pero para CTL menos ERA5 durante el mismo periodo.

La temperatura en el experimento AMZ (deforestación de árboles a pastizales) es mayor que en el CTL (Figura 3a) en el sur de México, Península de Yucatán y Centroamérica la temperatura se podría incrementar hasta en ~0.2. No obstante a lo largo de las costas del Caribe y Cuba, se encontró un cambio negativo de ~0.1 °C. Por otra parte, la precipitación (Figura 3b) se reduciría a lo largo de la Costa del Pacífico, y en extensas regiones del sur de México, Centroamérica y Cuba de ~0.25 a ~1 mm/d. Esta respuesta es consistente con el reciente estudio de deforestación tropical a nivel global de Smith et. al. (2023), en el cual se utilizaron observaciones y proyecciones climáticas bajo un escenario de alta deforestación, los autores encontraron que la perdida de bosques tropicales a nivel global, incluido el Amazonas, tendría un impacto negativo en precipitación en regiones como el sur de México, Centroamérica y el Caribe.

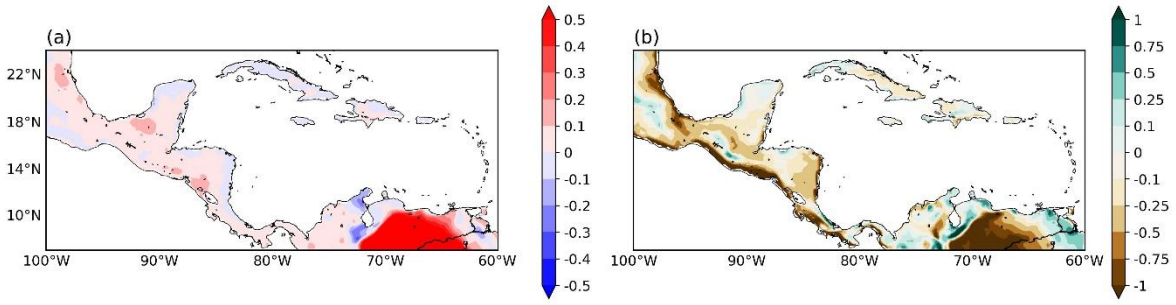


Figura 3. Diferencia (AMZ menos CTL) en (a) temperatura superficial (°C) y (b) precipitación (mm/d) durante el periodo 1997-2016.

CONCLUSIONES

En este trabajo se usó el modelo RegCM4 para estudiar el efecto de la deforestación en el Amazonas en precipitación y temperatura sobre el sur de México, Centroamérica y el Caribe mediante corridas de sensibilidad de 21 años. La simulación de deforestación mostró que, cuando se convierten árboles a pastizales, la respuesta regional de la precipitación mostró un mayor efecto de disminución, lo cual es consistente con estudios recientes de modelación de deforestación tropical a nivel global. Respecto a temperatura, se encontró una respuesta más débil en el modelo con un efecto de calentamiento. No obstante, es necesario realizar más estudios con simulaciones de mayor longitud temporal (30 años) para tener una imagen más clara del efecto, a escala regional, de la deforestación del Amazonas sobre regiones lejanas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el tiempo de cómputo otorgado por LANCAD y CONAHCYT, a través del proyecto 32-2023, en la supercomputadora Yoltla/Miztli/Xiuhcoatl en LSVP UAM-Iztapalapa/DGTIC UNAM/CGSTIC CINVESTAV.

REFERENCIAS

Alves de Oliveira, B.F., Bottino, M.J., Nobre, P. et al. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. Commun Earth Environ 2, 207 (2021). https://doi.org/10.1038/s43247-021-00275-8

Alves, L., Marengo, J., Fu, R. and Bombardi, R. (2017). Sensitivity of Amazon Regional Climate to Deforestation. American Journal of Climate Change, 6, 75-98. doi: 10.4236/ajcc.2017.61005

Avila, F. B., Pitman, A. J., Donat, M. G., Alexander, L. V., and Abramowitz, G. (2012). Climate model simulated changes in temperature extremes due to land cover change. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 117(D4). https://doi.org/10.1029/2011JD016382

Avissar, R., and Werth, D. (2005). Global hydroclimatological teleconnections resulting from tropical deforestation. Journal of Hydrometeorology, 6(2), 134-145. https://doi.org/10.1175/JHM406.1

Chagnon, F. J. F., Bras, R. L., & Wang, J. (2004). Climatic shift in patterns of shallow clouds over the Amazon. Geophysical Research Letters, 31(24). https://doi.org/10.1029/2004GL021188

Corrales-Suastegui, A., Ruiz-Alvarez O., Torres-Alavez J. A., Pavia E. G. (2021). Analysis of Cooling and Heating Degree Days over Mexico in Present and Future Climate. Atmosphere. 12(9):1131. https://doi.org/10.3390/atmos12091131

Corrales-Suastegui, A., Fuentes-Franco, R., Pavia, E. G., Torres-Alavez, J. A., Vichot-Llano, A., Cavazos, T., & Giorgi, F. (2022a). The effect of sea surface temperature and deforestation on the mid-summer drought over Mexico and Central America.

International Journal of Climatology, 42(15), 7668–7684. https://doi.org/10.1002/joc.7671

Corrales-Suastegui, A., Gonzalez-Gonzalez, M.A., Pavia, E.G., González-Ramírez, J. y Cepeda-Morales, J. (2022b). Efecto de la deforestación en precipitación y temperatura durante el verano extendido en México. Artículo en extenso. 34 Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.

Costa, M. H., Yanagi, S. N., Souza, P. J., Ribeiro, A., & Rocha, E. J. (2007). Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. Geophysical Research Letters, 34(7). https://doi.org/10.1029/2007GL029271

Cui, X., Graf, H. F., Langmann, B., Chen, W., and Huang, R. (2006). Climate impacts of anthropogenic land use changes on the Tibetan Plateau. Global and Planetary Change, 54(1-2), 33-56. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2005.07.006

Fundación Aquae. (2016, mayo 27). El bosque tropical más extenso del mundo. https://www.fundacionaquae.org/wiki/amazonia/

Giorgi, F. and Gutowski, W. J. (2015). Regional dynamical downscaling and the cordex initiative. Annual Review of Environment and Resources, 40(1): 467–490.

Giorgi, F., Jones, C., Asrar, G. R. (2009). Addressing Climate Information Needs at the Regional Level: the CORDEX Framework. Bulletin - World Meteorological Organization 58(3):175-183.

Giorgi, F., Coppola, E., Solmon, F., Mariotti, L., Sylla, MB., Bi, X., Elguindi, N., Diro, GT., Nair, V., Giuliani, G., Turuncoglu, UU., Cozzini, S., Güttler, I., O'Brien, T., Tawfik, AB., Shalaby, A., Zakey, AS., Steiner, AL., Stordal, F., Sloan, LC., and Branković, C. (2012). RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. Climate Research, 52: 7–29.

Hersbach, H., Bell, B., and Berrisford, P. (2020) The ERA5 global reanalysis. Q J R Meteorol Soc, 146: 1999– 2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803.

Lean, J., and Warrilow, D. A. (1989). Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation. Nature, 342(6248), 411-413. https://www.nature.com/articles/342411a0

Oleson, K. W., Lawrence, D. M., Bonan, G. B., Drewniak, B.,Huang, M., Koven, C. D., Levis, S., Li, F., Riley, W. J., Subin,Z. M., Swenson, S. C., Thornton, P. E., Bozbiyik, A., Fisher, R.,Heald, C. L., Kluzek, E., Lamarque, J.-F., Lawrence, P. J., Leung,L. R., Lipscomb, W., Muszala, S., Ricciuto, D. M., Sacks, W.,Sun, Y., Tang, J., and Yang Z.-L. (2013). Technical description of version 4.5 of the Community Land Model (CLM). NCAR technical note NCAR/TN-503+STR, National Center for AtmosphericResearch, Boulder.

Smith, C., Baker, J.C.A. & Spracklen, D.V. Tropical deforestation causes large reductions in observed precipitation. *Nature* **615**, 270–275 (2023). https://doi.org/10.1038/s41586-022-05690-1

Torres-Alavez, J.A., Das, S., Corrales-Suastegui, A. et al. (2021). Future projections in the climatology of global low-level jets from CORDEX-CORE simulations. Clim Dyn. https://doi.org/10.1007/s00382-021-05671-6

DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS TECNOLOGICOS DEL MAÍZ, EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

Navejas Jiménez Jesús [1], Melgoza Villagómez Claudia María [1], Preciado Ortíz Ricardo Ernesto [1], Avalos Castro Raúl [1], Cabada Tavares Carlos Ariel [1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. Carr. Transpeninsular km 208. Cd. Constitución B.C.S.

navejas.jesus@inifap.gob.mx;

RESUMEN

Se realizó el presente trabajo con el objetivo de realizar un diagnóstico para conocer las características de los productores y los problemas tecnológicos del sector productivo, con ello desarrollar la tecnología para la producción rentable y eficiente de maíz. Se realizó encuesta por parte del INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S; con una probabilidad de error 0.20. Dentro del entorno seleccionado se procedió a seleccionar las unidades de producción de donde se obtuvo la información relevante para la realización del diagnóstico. El diagnóstico identificó problemas por fechas de siembra extemporáneas, de agosto-octubre. Inadecuado desarrollo de planta, crecimiento de elote y llenado de grano, con segregación genética, disminución de rendimiento a rangos de 3-4 t ha^{-1}, con productores que superan 10 t ha^{-1}. Algunos genotipos muestran deficiente comportamiento disminuyen la productividad y rentabilidad > a 50%, con productores que siembran > 50 hectáreas, El 82.8 % de los productores tienen problemas de plagas, El 100% utiliza control químico. El 93% con problemas de maleza. La lámina de riego promedio es de 74,7 cm, El 79.6% con sistema de riego rodado con tubería de compuerta, El 10.3% con pivote central limitado solo a pozos con agua de buena calidad y 10.3%, con riego por goteo,

Palabras Clave. *Diagnóstico, tecnología, maíz.*

ABSTRACT.

The present work was carried out with the objective of making a diagnosis to know the characteristics of the producers and the technological problems of the productive sector, thereby developing the technology for the profitable and efficient production of corn. A

survey was carried out by INIFAP, Valle de Santo Domingo Experimental Site, B.C.S; with a probability of error 0.20. Within the selected environment, we proceeded to select the production units from which the relevant information for the diagnosis was obtained. The diagnosis identified problems due to extemporaneous planting dates, from August to October. Inadequate plant development, corn growth and grain filling, with genetic segregation, decreased yield to ranges of 3-4 t ha-1, with producers exceeding 10 t ha-1. Some genotypes show deficient behavior, decrease productivity and profitability > 50 %, with producers who sow > 50 ha, 82.8% of producers have pest problems, 100% use chemical control. 93 % with weed problems. The average irrigation sheet is 74.7 cm, 79.6% with a rolling irrigation system with a gate pipe, 10.3% with a central pivot limited only to wells with good quality water and 10.3%, with drip irrigation,

Keywords. *Diagnosis, technology, corn.*

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz en México, presenta una tendencia de incremento anual de 9.1 %, hacia el año 2024; y una tendencia decreciente hasta 4.0 % hacia el año 2030. Por lo que para las condiciones del área regional se sugiere: Incentivar el uso de semillas mejoradas y criollas con alto potencial en la región, Implementar servicios de extensión e innovación que incrementen los rendimientos registrados y minimicen los altos costos y erosión del suelo, impulsar el establecimiento de módulos demostrativos y eventos de intercambio tecnológico, mejorar el manejo y conservación de los recursos hídricos (SAGARPA, 2017). La industrialización del maíz para la generación de productos alimenticios principalmente a través de harinas nixtamalizadas en México es liderada por el grupo CONALSA, quienes procesan anualmente 2.7 millones de toneladas de maíz, de las cuales tienen que recurrir a la importación de 29 a 32 % de dicha demanda. Debido al calentamiento global y al cambio climático los rendimientos de maíz se verán afectados seriamente por la escasez de agua, principalmente en las zonas áridas y semiáridas que comprenden dos terceras partes de México (Bahena *et al*., 2017). Se estima que el 15% de su territorio se encuentra altamente expuesto al riesgo de los impactos adversos directos del cambio climático. El impacto por la sequía puede disminuir en 14% la cosecha de maíz, también en períodos de lluvia anormal se pueden esperar afectaciones del 23%. En el estado de Baja California Sur el maíz representa una importante superficie con 4813 ha cosechadas y aportación de 162.9 millones de pesos a la economía estatal (Navejas *et al*.,

2022). Por lo anterior, se realizó el presente trabajo con el objetivo de validar y transferir la tecnología para la producción rentable y eficiente de maíz en BCS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el año 2020, con productores cooperantes en condiciones agroecológicas de zona árida, mediante encuesta por parte del INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, con ubicación en las coordenadas geográficas 25° 0´ 24" LN 111° 39´ 47.9" LO. Se determinó el formato de encuesta y número de agricultores considerados para el desarrollo con una probabilidad de error 0.20 %. Dentro del entorno seleccionado se procedió a seleccionar las unidades de producción de donde se obtuvo la información relevante para la realización del diagnóstico. El proceso se llevó a cabo con los registros actualizados, o padrones de usuarios que se encuentran en las comunidades o ejidos que componen el entorno; con información proporcionada por la delegación de la SADER en el Estado de BCS. La selección de UP mediante métodos de aleatorización sistemática requiere de listas y/o registros de los elementos que se van a seleccionar aleatoriamente. El cálculo del tamaño de muestra en el cual se sugiere muestreo simple aleatorio para la estimación de proporciones $n= N/(Nd^2+1)$, donde: n= Tamaño de muestra, N= Población de productores en determinado cultivo de interés dentro de un territorio, d= Tamaño del error aceptado (0.05, 0.10, 0.20). La elaboración de estas listas o padrones de usuarios se realizó sin algún orden establecido, ya que en cada grupo o ejido se hacen las listas conforme se van anotando los productores. Esto es lo más importante de estas listas, ya que, según el método de aleatorización sistemática, es indispensable que las listas no mantengan o guarden algún orden determinado (Ejemplo orden alfabético, por familias, tipo o tamaño de las superficies de siembra etc.) Fue requisito indispensable buscar y utilizar registros o padrones de usuarios lo más actualizado y completo hasta ese momento. Se realizó una verificación previa de la lista o padrón proporcionado para asegurar su veracidad antes de iniciar la recolección de información. Se tomó una muestra representativa de UP del territorio seleccionado con la finalidad de obtener resultados estadísticos confiables (80%). Se utilizó la metodología descrita por Uzcanga *et al*. (2015) y señalada por Osuna *et al*. (2020) y a través de la utilización de la fórmula simplificada para muestreo simple aleatorio n= N/Nd2 + 1, donde n= tamaño de muestra, N= población (192 productores), d= tamaño del error aceptado (0.20), considerando una confianza del 80 %. Con base en lo anterior, el valor estimado de n fue de 22, por lo cual se terminó aplicando un total de 22 encuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La problemática sobre fechas de siembra se presentó en siembras de agosto-octubre. Los principales problemas presentados fueron, falta de desarrollo de planta y crecimiento de elote, fallas en llenado de grano, producción de hasta 4-5 elotes por planta en híbridos ya conocidos por los productores, además de segregación de los materiales. El rendimiento en los lotes de los productores disminuye a rangos de 3-4 t ha^{-1}, cuando el promedio normal de la localidad es de seis t ha^{-1} y muchos de los productores que se han manifestado superan las 10 t/hectárea en sus predios. En relación a variedades se ha señalado que los genotipos de maíz de diferentes empresas: Asgrow (A-7573, Hipopótamo, Rinoceronte, Armadillo), Pioneer (3140, 3289), Aspros (Vikingo, Coronel), Novasem (NB787, N1R05), Ceres (XR47, XR60). Han mostrado deficiencias en su comportamiento disminuyendo la productividad y rentabilidad en un rango > a 50%, asimismo a afectado al 15% de productores, varios de ellos con siembra > 50 hectáreas con efectos generalizados en sus parcelas. El 82.8 % de los productores manifiestan tener problemas con el manejo de plagas como: Gusano trozador y saltarin, Gusano cogollero y elotero y el complejo de insectos chupadores; Chicharrita, pulgón, chinche apestosa, chinche de patas laminadas. El 100% utiliza control químico a base de insecticidas. El 93% de los productores manifiestan problemas de especies indeseables como: Gloria de la mañana (*Convólvulus arvensis*). Es importante su control desde los primeros días de germinación. Flor amarilla es una maleza anual muy agresiva que aparece desde la germinación del cultivo hasta la cosecha. Compite con agua, espacio y nutrientes y dificulta la cosecha. El Girasol silvestre aparece principalmente al final del ciclo del cultivo. sin dificultad para la cosecha. En promedio, de acuerdo con reportes de CNA, se aplica una lámina de riego de 74,7 cm. Prevalece con 79.6% el sistema de riego rodado con tubería de compuerta. El uso del pivote central en el 10.3% es limitado solo a pozos con agua de buena calidad (no salinos). También se usa en el 10.3%, el riego por goteo, en menor superficie debido a su costo de operación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de las principales problemáticas de los productores de maíz. INIFAP, B.C.S. 2021

Problemática	**Nivel de afectación %**

Rendimiento	>60
Fecha de siembra	>50
Genotipos inadecuados	>50
plagas	>80
Maleza	>90
Riego Rodado	>79
Riego aspersión	>10
Riego goteo	>10

Por las características del sistema de cultivo y su problemática observada en cada componente, se enlista una relación de aspectos, identificando previamente con número romano, la pertenencia a una estrategia específica y con número arábigo la línea estratégica en particular, en espera de definir una matriz de seguimiento específico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Recomendaciones y línea estratégica para seguimiento al diagnóstico de problemas tecnológicos del maíz. INIFAP, B.C.S. 2021.

I. Recomendaciones	**II. Línea estratégica del proceso productivo**
● Mejorar la producción	● Validación y demostración de genotipos de maíz
● mejorar la calidad del maíz	● Crear una serie de exposiciones de variedades de maíz
● Eliminación de impurezas	● Paquete tecnológico para la producción de maíz Paquete tecnológico para la producción de maíz
●	● Programa de transferencia de tecnología en coordinación con los centros de investigación
●	● Empleo de las prácticas de agricultura de alto rendimiento AR o agricultura ambientalmente amigable AAA

-
-
- Proyecto de capacitación en AR, o AAA
- Promoción para el empleo de las prácticas de manejo de AR o AAA.

I. Fortalecimiento de la base de conocimiento para la toma de decisiones. II. Perfeccionamiento del proceso productivo en el sistema producto maíz.

CONCLUSIONES

En síntesis, por las características de los recursos agua y suelo, resulta obligado el uso eficiente de los sistemas de riego para la producción de maíz en el Valle de Santo Domingo y la utilización de productos que mejoran las condiciones físico químicas del suelo y su sostenibilidad.

Los indicadores de mejora y el cumplimiento de objetivos y metas se encuentran en función de factores críticos bióticos y abióticos y de los efectos de un escenario de cambio climático.

Puesto que los productores son los agentes estratégicos de la política agroalimentaria gubernamental y los programas de SADER, es necesaria la información de las principales acciones estratégicas y objetivos en materia agropecuaria que acontecen en el estado, por lo que se debe recurrir a los medios masivos de comunicación y a reuniones y grupos de personas seleccionados de los distintos eslabones de la cadena.

También se sugiere llevar a cabo programas de difusión sobre la dinámica estatal de innovación tecnológica, con el fin de dar a conocer y fomentar la cultura de trabajo asociado al manejo sostenible del sistema producto maíz y la conservación de los recursos naturales.

REFERENCIAS.

Bahena, D. G., Castillo, G. A., Broa, R. E., Olvera, S. M.D., Jaime, H. M. A., García, M. F. 2017. Respuesta agronómica de maíces híbridos a la fertirrigación en Xalostoc, Morelos. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8 (3) pp.531-543.

Navejas, J. J., Melgoza, V. C. M., Gutierres, P. E., Preciado, O. R. E. 2022. Evaluación de genotipos de maíz en parcela convencional de Baja California Sur. En Memoria XXXIII Congreso Mundial de Agricultura Tropical. Tampico, Tamps. Mex. pp.309-314.

Osuna A. J. D., Cabada T. C. A., Ávalos C. R., Montaño C. M. H., Hernández M. L. A. y Valdez G. B. 2020. Caracterización socioeconómica y tecnológica de productores de garbanzo del valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Memoria Simposio Nacional de Garbanzo. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO – INIFAP.

Uzcanga P., N. G., A. J. Cano G., J. Medina M., J.J. Espinoza A. 2015. Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. Revista Mexicana de Agronegocios 36: 1295-1305.

SAGARPA. 2017. Planeación agrícola nacional 2017-2030, Maiz grano blanco y amarillo mexicano. 20 p.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GERMOPLASMA SILVESTRE Y FORMAS INTERMEDIAS DE FRIJOL COLECTADO EN DURANGO, MÉXICO

Rigoberto Rosales-Serna[1*], Donaji Sierra-Zurita[1] y Saúl Santana-Espinoza[2]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdéz 1200 Pte. Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. *e-mail: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie importante en el estado de Durango, que debe ser considerado como un centro de domesticación y diversidad genética de la especie. El objetivo fue evaluar la diversidad genética del germoplasma silvestre de frijol colectado en Durango, México. En 2022, se colectó aleatoriamente semilla de 36 plantas individuales en los alrededores de la zona arqueológica de La Ferrería y rivera del Río Tunal, en el municipio de Durango. Se realizó la caracterización inicial de las accesiones con base en 11 atributos de la semilla. Los datos obtenidos se utilizaron para los análisis de componentes principales (ACP) y clúster, el cual incluyó un dendrograma obtenido mediante el cálculo de distancias Euclideas y uso del método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages). El ACP mostró niveles bajos de explicación de la varianza, por lo que se necesitaron ocho componentes para alcanzar un nivel superior a 92.2%. En el ACP sobresalieron variables relacionadas con el tamaño (ST) y color (secundario: SCS y primario: SCP) del grano; así como, venación (SV) y el número (SNCS) e intensidad de los colores secundarios (SICS) en la testa de la semilla. El germoplasma evaluado se agrupó en cuatro conglomerados, el primero (Grupo I) incluyó las colectas de grano pequeño, típicamente silvestre. El clado Ia, fue de grano color crema-beige (bayo) con cierto nivel de diferenciación, relacionado con los patrones de color negro distribuido en toda la semilla (flor de mayo y pinto). El sub-grupo Ib mostró cierto nivel de diferenciación entre colectas de frijol negro brillante (Ferr 29, 19 y 21), colectas de frijol flor de mayo (violeta y negro) y, por último, se separaron dos colectas de frijol flor de mayo negro (Ferr 1 y Ferr 32). El Grupo II fue constituido por tres colectas de frijol flor de mayo, con atributos similares a las variedades comerciales, aunque una mostró granos con color secundario negro. El Grupo III incluyó la variedad criolla Bayo Blanco y una colecta con granos de color crema-beige y patrones de venación fuerte en la testa. El Grupo IV separó de forma clara el

germoplasma criollo de la raza Durango (pinto), incluido como referencia, con grano de color crema-beige y moteado marrón; aunque también, se observó moteado rojo (cacahuate) en la otra variedad de la raza Nueva Granada. El tamaño y color de la semilla fueron características importantes para el estudio de la diversidad genética en colectas de frijol silvestre, formas intermedias y variedades criollas. Los resultados mostraron que los atributos de la semilla contribuyeron parcialmente a la diferenciación del germoplasma silvestre, aunque se requieren estudios adicionales para la evaluación integral de la diversidad genética. El germoplasma silvestre mostró predominancia de semillas pequeñas y coloración crema-beige, marrón-verdoso y verde ocre, en algunos casos con venación fuerte. Se observó cercanía genética entre frijol silvestre y criollo de tipo bayo; así como, recombinación genética (avance-retroceso evolutivo), con el germoplasma de grano negro, flor de mayo y bayo, el cual es sembrado tradicionalmente en Durango.

Palabras clave. *Phaseolus* spp., conservación, adaptabilidad, evolución, sostenibilidad.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important crop in the state of Durango, which should be considered as a center of domestication and genetic diversity for this plant species. The objective was to evaluate the genetic diversity of wild common bean germplasm collected in Durango, México. In 2022, seed was randomly collected individually from 36 plants in the surroundings of “La Ferrería” archaeological zone and the Tunal riverbank in the municipality of Durango. Initial characterization was carried out based on 11 seed attributes. The data obtained were used for principal component analysis (PCA) and cluster analysis, including a dendrogram constructed calculating Euclidean distances and using the UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages) method. The PCA showed low levels of variance explanation, and then eight components were required to reach a level higher than 92.2%. In the PCA, prominence was observed for traits related to the size (ST) and color (secondary: SCS and primary: SCP) of the seeds, as well as venation (SV) and the number (SNCS) and intensity of the secondary colors (SICS) in the seed coat. The germplasm evaluated was grouped into four clusters, the first (Group I) included accessions with small grains, typically observed in wild germplasm. Clade Ia included accessions with cream-beige (bayo) colored grains and some levels of differentiation, related to the black color patterns distributed throughout the seed (flor de mayo and pinto). The sub-group Ib showed some level of differentiation between accessions with shiny black seeds (Ferr 29, 19 and 21), flor de mayo beans (violet and black) and finally, two accessions

with black colored flor de mayo beans (Ferr 1 and Ferr 32) were also separated at the same sub-group. Group II consisted of three flor de mayo bean accessions, with attributes similar to the commercial varieties, although one of them showed seeds with black as a secondary coat color. Group III included the landrace variety Bayo Blanco and one wild accession with cream-beige seeds and strong venation patterns on the seed coat. Group IV was clearly separated because include two landrace cultivars used as reference from the Durango race (pinto), showing seeds with cream-beige as primary color and brown splotched and stripes or red in the other cultivar (cacahuate), belonging to Nueva Granada genetic Race. Seed size and color were important characteristics for the study of genetic diversity in wild bean accessions, as well as for weedy type germplasm and landrace varieties. The results showed that seed morphology partially contributed to the differentiation of wild germplasm accessions, although further studies are required for the comprehensive evaluation of genetic diversity. The wild germplasm showed predominance of small seeds and beige, greenish-brown and greenish-ochre coat coloration, in some cases with strong venation pattern. Genetic similitude was observed between wild and bayo common bean landrace varieties, as well as genetic recombination (evolutive advance or throwback) with accessions producing black, flor de mayo and bayo seeds, traditionally grown in Durango.
Key words. *Phaseolus* spp., conservation, adaptability, evolution, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies cultivadas más importantes en el estado de Durango, el cual es considerado como uno de los centros primarios de diversidad genética y posible domesticación de la especie (INAH, 2023). En dicha entidad se han registrado diferentes puntos de observación y colecta de germoplasma silvestre de frijol común (Debouck, 1979; Cárdenas *et al*., 1996; Wallander *et al*., 2022). En frijol silvestre se observó predominio de *P*. *vulgaris* var. *mexicanus*, presente en los municipios de Pánuco de Coronado, Durango y Guadalupe Victoria; mientras que, las poblaciones de *P*. *vulgaris* subsp. *aborigineus* fueron más escasas y se concentraron en el municipio de Durango (Rosales *et al*., 2023). En teoría se considera que, a partir de las poblaciones naturales de dichas especies, se han derivado las formas intermedias, germoplasma criollo y variedades mejoradas que sustentan actualmente la diversidad y producción del frijol en México.

En la actualidad se recomienda recolectar, utilizar y conservar el germoplasma de plantas endémicas en los centros primarios de diversidad genética y domesticación de las especies

en México. En Durango, se han realizado acciones limitadas para la caracterización y uso del frijol silvestre en el mejoramiento del germoplasma criollo y mejorado de frijol común (Acosta *et al*., 1992). En esta entidad, las variedades criollas de frijol son apreciadas por su rusticidad, adaptabilidad y sabor del grano cocido. El uso de genes presentes en el germoplasma de la especie busca incrementar el rendimiento y tolerancia a factores adversos; así como, la calidad comercial y nutricional del grano de frijol proporcionado al consumidor.

Con base en lo anterior, se requiere el reforzamiento de la recolección, caracterización, uso y conservación del germoplasma silvestre del frijol. En el municipio de Durango, zona arqueológica de La Ferrería, se observó relación entre las poblaciones silvestres y formas intermedias de frijol, en una área donde se establecieron y transitaron diferentes grupos humanos (Guevara, 2023). En poblaciones de frijol que crecen todavía de manera natural, dentro de la zona arqueológica y áreas aledañas, se puede observar un complejo poblacional que va desde plantas típicamente silvestres, hasta plantas con granos de las clases comerciales presentes en las variedades criollas y mejoradas que se cultivan actualmente en Durango (bayo, flor de mayo, pinto, negro brillante). Se considera importante estudiar la diversidad genética, relaciones intra e inter-poblacionales y el avance gradual de la evolución del frijol común en Durango. El objetivo fue evaluar la diversidad genética presente en el germoplasma silvestre y formas intermedias de frijol colectado en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En octubre de 2022, se realizaron recorridos para la recolecta de semillas en los alrededores de la zona arqueológica de La Ferrería y rivera del Río Tunal en el municipio de Durango. Se colectaron, mediante muestreo aleatorio, 36 accesiones individuales de frijol silvestre y formas intermedias, con diferencias en tamaño y color del grano, las cuales fueron separadas visualmente por planta para obtener el tipo predominante en cada individuo; lo anterior, debido al crecimiento prolongado y mezcla entre plantas con guías trepadoras.

Caracterización. Se realizó la caracterización morfológica de cada colecta con base en 11 atributos, continuos y discretos de la semilla, los cuales fueron incluidos en la guía técnica para la descripción varietal (SNICS, 2017). Se incluyeron dos variedades criollas, como referencia (testigos), las cuales son conocidas como Pinto Burro y Cacahuate.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se utilizaron para el estudio de la diversidad genética, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y clúster. El análisis de clúster incluyó la obtención de un dendrograma generado mediante el cálculo de distancias Euclideas entre colectas de frijol silvestre y se tomó como base el método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages). Todos los análisis se realizaron con el programa de cómputo R ver. 2.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACP de los atributos morfológicos de la semilla mostró niveles bajos de explicación de la varianza, por lo que se necesitaron ocho componentes, para alcanzar un nivel superior a 92.2% (Cuadro 1). Lo anterior, fue diferente a lo observado en otros estudios con frijol en los cuales se requirieron únicamente dos componentes principales para explicar 84% de la variación total observada, debido principalmente al uso de variables continuas (cuantitativas) de la semilla y el nivel mayor de variación, por la amplitud del área geográfica estudiada (Espinosa *et al*., 2015). El tipo de semilla (ST) y color secundario (SCS) y primario (SCP) de la testa, mostraron el nivel más alto de explicación de la varianza, seguidos por la venación (SV) y el número (SNCS), intensidad (SICS) y distribución (SDCS) del color secundario de la semilla.

Cuadro 1. Importancia de los componentes obtenidos en el estudio de caracteres de la semilla de accesiones de frijol silvestre colectadas en Durango.

Componente	Eigenvalue	Proporción de Varianza (%)	Proporción Acumulada (%)
[1]CP1	6.6	28.7	28.7
CP2	5.0	21.7	50.4
CP3	2.8	12.2	62.6
CP4	2.1	9.3	71.8
CP5	1.5	6.5	78.3
CP6	1.2	5.3	83.6
CP7	1.0	4.3	88.0
CP8	1.0	4.2	92.2

[1]CP= componente principal

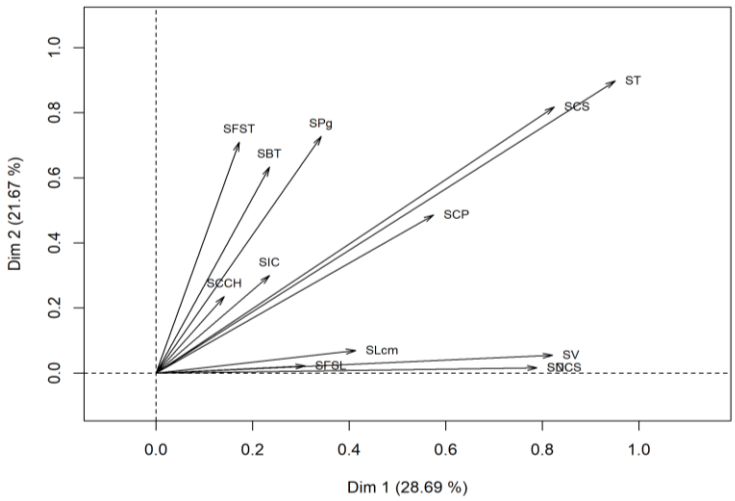


Figura 1. Resultado bidimensional del análisis de componentes principales para 14 variables morfológicas de la semilla en 36 materiales de frijol silvestre, formas intermedias y variedades criollas de frijol colectado en Durango, México.

La respuesta obtenida, resultó influenciada por la inclusión de variables discretas y continuas en el mismo análisis; así como, por la falta de consistencia en las categorías y niveles de clasificación incluidos en la descripción varietal. Con base en lo anterior, se complementará el estudio del germoplasma silvestre de frijol mediante la evaluación de las características morfo-agronómicas en condiciones de campo. El ACP mostró tres grupos de atributos, entre los cuales sobresalieron variables relacionadas con el tipo (ST) y color (secundario: SCS y Primario: SCP) de la semilla (Figura 1), otras variables morfológicas importantes fueron la venación (SV), número de colores secundarios (SNCS) y la intensidad del color secundario (SICS) de la testa. El tipo de la semilla y el color secundario del grano fueron características importantes en la diferenciación de las colectas de frijol silvestre, formas intermedias y criollas, por lo que pueden ser utilizadas como variables de estudio en el establecimiento de la cercanía genética entre los materiales de frijol con nivel evolutivo diferente. Es necesario incluir otras variables morfo-agronómicas para la caracterización de germoplasma de frijol y con ello, lograr una explicación más alta de la varianza observada.

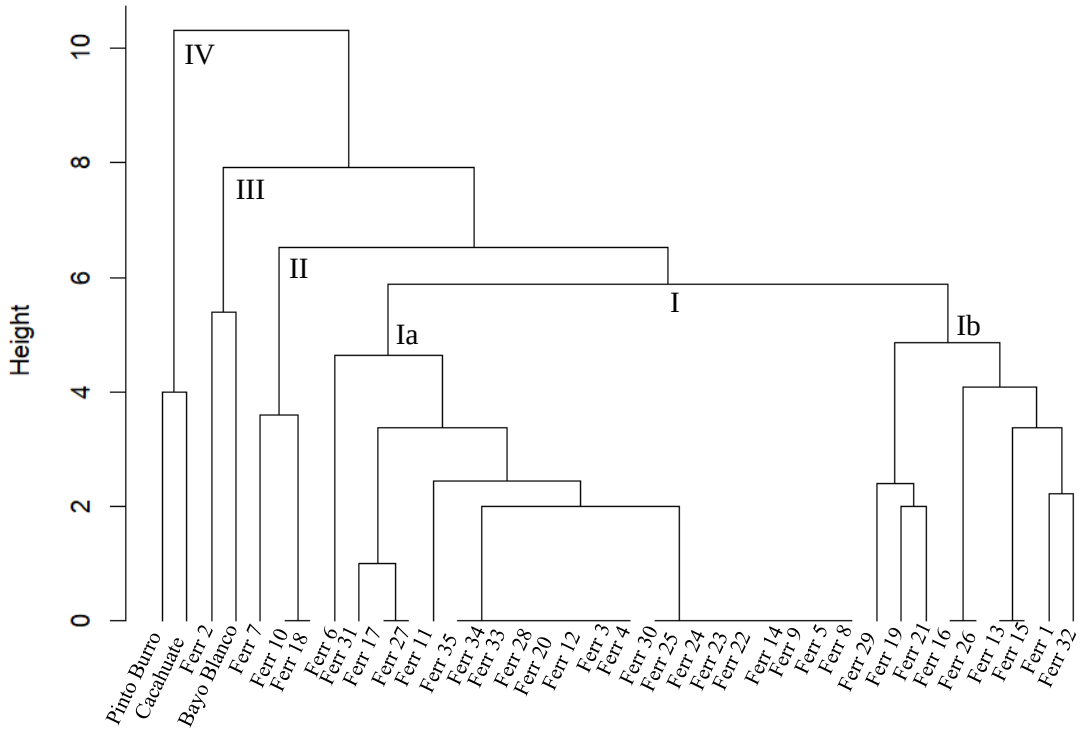


Figura 1. Dendrograma (UPGMA-Average) basado en atributos de la semilla evaluados en colectas de frijol del estado de Durango.

Se observó que uno de los grupos de colectas más cercanas entre sí, fueron las de grano pequeño típicamente silvestre (Grupo I). El sub-grupo Ia incluyó las colectas con grano de color crema-beige (bayo) (Figura 1), con cierto nivel de diferenciación relacionado con patrones de color negro distribuido en toda la semilla (flor de mayo). Los resultados muestran la predominancia del color bayo (con diferentes tonalidades del color beige) del grano, lo cual se relacionó con el origen local de éste tipo de germoplasma del frijol. Otros colores de grano, pudieron ser causados por eventos regresivos que se derivaron del entrecruzamiento con germoplasma de la raza Jalisco (flor de mayo y negro brillante), introducida en Durango. En el sub-grupo Ib se observó nivel alto de diferenciación entre colectas de frijol negro brillante (Ferr 29, 19 y 21), colectas de frijol flor de mayo (violeta y negro) y por último se separaron dos colectas de frijol flor de mayo negro (Ferr 1 y Ferr 32). El Grupo II fue constituido por tres colectas con frijol flor de mayo, con atributos similares a las variedades comerciales cultivadas en Durango (violeta), aunque también se observaron granos con el negro como color secundario. Este grupo de formas intermedias pudo derivarse del entrecruzamiento del germoplasma silvestre con variedades criollas,

introducidas en Durango, debido al nivel alto para el potencial de rendimiento observado en las variedades criollas de la la raza Jalisco, especialmente en condiciones de riego.

En el Grupo III se diferenciaron la variedad conocida localmente como Bayo Blanco y una colecta con granos de color crema-beige y patrones de venación fuerte en la testa del grano. En el Grupo IV se observó la separación del germoplasma criollo de la raza Durango (Pinto Burro) y una variedad que se considera pertenece a la raza Nueva Granada (Cacahuate). Los resultados mostraron que la morfología de la semilla contribuyó parcialmente en la diferenciación del germoplasma silvestre, formas intermedias y variedades criollas de frijol cultivadas en Durango; sin embargo, el uso de otros atributos morfo-agronómicos permitirá la evaluación integral de la diversidad genética presente en esta entidad del norte de México.

CONCLUSIONES

Las poblaciones silvestres y formas intermedias persisten en Durango, donde mostraron variabilidad natural, que fue consistente con su origen genético. Las formas intermedias mostraron recombinación genética entre el germoplasma silvestre y variedades cultivadas de frijol, especialmente las de grano flor de mayo y negro brillante, que provienen de la raza Jalisco. Algunas colectas de frijol silvestre y la mayoría de las formas intermedias mostraron similitud con las variedades criollas cultivadas en Durango. El uso de las características morfólogicas de la semilla permitió la separación parcial de individuos en el complejo poblacional de la raza Durango, donde individuos con clase comercial bayo mostraron cercanía genética con el germoplasma criollo de frijol. La heterogeneidad de los granos, observada en la mayoría de las colectas de frijol silvestre y formas intermedias colectadas en Durango, dificultó la caracterización con base en los atributos de la semilla.

REFERENCIAS

Acosta G., J. A., R. Rosales S., y R. Garza G. 1992. Daño por picudo del ejote en *Phaseolus vulgaris* silvestre. Publicado por la Soc. Mexicana de Entomología. Núm. 11. p. 37-43.

Cárdenas R., F. A., J. S. Muruaga M. y J. A. Acosta G. 1996. Catálogo: Banco de germoplasma de *Phaseolus* spp. del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. INIFAP-CONABIO. Campo Experimental Toluca. Zinacancatepec, Edo. de Méx. México. 421 p.

Debouck, D. G. 1979. Proyecto de recolección de germoplasma de *Phaseolus* en México CIAT-INIA, 1978-1979. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. 149 p.

Espinosa P., E. N., P. Ramírez V., M. M. Crosby G., J. A. Estrada G., B. Lucas F., y J. L. Chávez S. 2015. Clasificación de poblaciones nativas de frijol común del Centro-Sur de México por morfología de semilla. Revista Fitotecnia Mexicana 29(1): 29-38.

Guevara S., A. 2023. La Ferrería, Durango. Arqueología Méxicana 51: 54-57. https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-ferreria-durango

INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia). 2023. La Ferrería. Consultado en línea 30/06/2023. https://lugares.inah.gob.mx/en/zonas-arqueologicas/zonas/1701-la-ferrería.html

Rosales S., S. Santana E., D. Sierra Z., C. M. Reyes R., J. C. Ríos S. y L. M. Valenzuela N. 2023. Diversidad genética en germoplasma de frijol con diferente grado de evolución en Durango. *In*: Ávila R., V. (Comp.). Micro y macrodiversidad: estudios de vanguardia en México. (Serie tópicos sobre diversidad biológica). Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México. pp. 119- 146.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía técnica para la descripción varietal (2ª Edición 2017). SAGARPA-SNICS. CDMX, México. 41 p.

Wallander C., L., N. Almaraz A., G. Alejandre I., J. N. Uribe S., J. A. Ávila R., R. Torres R., Y. Herrera A., y A. A. Delgado A. 2022. Variación fenológica y morfométrica de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) de cinco poblaciones silvestres de Durango, México. Botanical Sciences 100(3): 563-578.

DIVERSIDAD MORFOGENÉTICA DE *Alternaria* EN OLEAGINOSAS CULTIVADAS EN EL NORTE Y CENTRO DE TAMAULIPAS

Melina López Pecina[1], María Genoveva Álvarez-Ojeda[*2], Javier González-Quintero[2] e Isidro Humberto Almeyda-León[3]

[1]UAT, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán; [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México; [3]Campo Experimental General Terán, INIFAP-CIRNE, km. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacua, C.P. 67400. General Terán.

Autor para correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se determinó la incidencia y caracterización de *Alternaria* spp. asociadas con lesiones foliares en diferentes etapas de los cultivos de oleaginosas. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola O-I 2019/2020 en los municipios de Río Bravo, San Fernando, Matamoros y Santander Jiménez, Tamaulipas. El porcentaje de muestras con presencia del género *Alternaria* en los cultivos de cártamo, canola y girasol, durante el periodo de llenado de grano fue: 64.70 (n=11/17), 51.72 (n=15/29) y 35 % (n=7/20), respectivamente. Las pérdidas en la producción por mancha del tallo ocasionada por *Alternaria*, pueden tener una alta incidencia cuando se presenta exceso de humedad en el suelo, durante el periodo de floración. Al analizar el perfil electroforético obtenido con los fragmentos amplificados por PCR y tratados con endonucleasa, podemos inferir que las cepas estudiadas presentan características diferentes, lo que confirma la importancia de la combinación de las herramientas moleculares con las microbiológicas para distinguir las diferencias existentes a nivel intraespecífico. Las secuencias generadas fueron consensadas y analizadas con el programa Blast. En canola y girasol se identificaron dos cepas de *Alternaria alternata* y en cártamo variedad Guayalejo se identificó la especie *A. bursii*. Una cepa aislada de girasol se identificó como *A. helianti* de acuerdo a su morfología colonial. La caracterización molecular de los aislados de Alternaria fue determinada utilizando PCR-RFLP de la región de ITS1-5.8S- ITS2 del ADN ribosomal y el análisis de las secuencias.

Palabras clave PCR-RFLP, Morfología colonial, secuenciación

ABSTRACT

The incidence and characterization of *Alternaria* spp. were determined associated with foliar lesions at different stages of oilseed crops. The study was carried out during the agricultural cycle O-I 2019/2020 in the municipalities of Rio Bravo, San Fernando, Matamoros and Santander Jiménez, Tamaulipas. The percentage of samples with presence of the genus *Alternaria* in the safflower, canola and sunflower crops during the grain filling period was: 64.70 (n=11/17), 51.72 (n=15/29) and 35 % (n=7/20), respectively. The losses in the production by stem stain caused by *Alternaria*, can have a high incidence when there is excess moisture in the soil, during the flowering period. By analyzing the electrophoretic profile obtained with the fragments amplified by PCR and treated with endonuclease, we can infer that the studied strains have different characteristics, which confirms the importance of combining molecular and microbiological tools to distinguish the existing differences at the intraspecific level. The generated sequences were agreed and analyzed with the Blast program. In canola and sunflower two strains of *Alternaria alternata* were identified and in safflower variety Guayalejo species *A*. *bursii* was identified. An isolated sunflower strain was identified as *A*. *helianti* according to its colonial morphology. Molecular characterization of *Alternaria* isolates was determined using PCR-RFLP, of the ITS1-5.8S-ITS2 region of ribosomal DNA and sequence analysis

Key words: PCR-RFLP, Colonial morphology, sequencing

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos no convencionales y la rehabilitación de tierras, son opciones para producir alimentos y enfrentar las proyecciones del cambio climático. Las prácticas agrícolas, actividades agroecológicas de los cultivos y paquetes de manejo agroecológico de los cultivos, pueden ayudar a transformar las tierras infértiles, en bloques productivos y económicos, como un proceso de adopción al cambio climático (Hussain *et al*., 2020). En la región semiárida del norte de Tamaulipas la siembra de oleaginosas se considera una opción importante, estos cultivos son una alternativa para diversificar la producción y mejorar el porcentaje de materia orgánica del suelo en esta zona. Además, es una actividad importante para la producción de aceites, ya que sus frutos y semillas contienen un alto porcentaje de ácidos grasos, monoinsaturados y poliinsaturados, particularmente en el aporte de ácidos grasos omega 6 y omega 3, asociado a la fuente de origen, ya sea como

especie vegetal, semilla, planta o fruto, aportando cada uno diferentes beneficios nutricionales (Durán *et al*., 2015).

Las oleaginosas, al igual que otros cultivos, están expuestos a un gran número de enfermedades causadas por diferentes patógenos, resaltando las enfermedades foliares ocasionadas por hongos, ya que son altamente destructivas y su presencia provoca una reducción significativa del área foliar, ocasionando pérdidas en el rendimiento de grano (Zheng *et al.,* 2020). En este sentido, cabe mencionar que las condiciones climáticas y edáficas de la amplia zona donde se cultivan las oleaginosas influyen en el desarrollo y prevalencia de distintas enfermedades que varían según las subregiones de cultivo, así como de la susceptibilidad del cultivar utilizado (Bandara *et al.,* 2020). Además, la siembra directa y el monocultivo generan condiciones óptimas para la multiplicación y sobrevivencia de aquellos patógenos que son capaces de persistir en restos vegetales de un año al otro ocasionando pérdidas considerables (Carmona *et al*., 2015), como es el caso del género *Alternaria* spp, que puede persistir en forma de micelio durante los inviernos, y bajo condiciones adecuadas de humedad relativa y temperatura produce conidios que se diseminan con la ayuda del viento, agua, insectos, etc. Los conidios de *Alternaria* que colonizan las plantas, germinan e infectan las hojas, tallos o frutos, donde provocan lesiones de diversa consideración según la intensidad de la infección (Pavón *et al*., 2015).

La mancha foliar en oleaginosas es ocasionada por diversas especies de *Alternaria*, entre las que podemos mencionar *A*. *helianthi*, *A*. *carthami*, *A*. *alternata*, *A. japonica* y *A. brassicae*. Esta es una enfermedad grave que ha sido descrita en girasol (*Helianthus annuus* L) (Quiroz *et al*., 2018; Kgatle *et al.,* 2018), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (Wagh *et al*., 2016), ajonjolí (*Sesamum indicum* L) (Gagosh *et al.,* 2017) y canola (*Brassica napus* L) (Al-lami *et al*., 2019). Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar la diversidad morfogenética e incidencia del hongo *Alternaria* spp asociado a enfermedades foliares de cártamo, girasol y canola cultivadas en la región norte y centro de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental Río Bravo CERIB), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas, a 25° 57' de latitud norte, 98° 01' longitud oeste y a 25 msnm. La colecta de las muestras biológicas se realizó durante

el ciclo agrícola O-I 2019/2020 en los municipios de Río Bravo, San Fernando, Matamoros y Santander Jiménez, Tamaulipas.

Muestreo y desinfección. La recolección de las muestras fue por muestreo dirigido, éstas fueron introducidas en bolsas de papel previamente identificadas de acuerdo a los datos obtenidos en campo y con fecha del muestreo. Se colectaron un total de 66 muestras de las cuales 17 fueron de cártamo, 20 de girasol y 29 de canola. Se tomó una muestra de aproximadamente 0.1 g de la base de tallo, hoja, semilla o raíz, a partir de plantas que presentaban síntomas de marchitez, necrosis en la hoja y/ tallo, manchado de las hojas y oscurecimiento de tallo. Las muestras fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.1 % antes de su aislamiento.

Aislamiento y purificación de los aislados. En campana de flujo laminar nivel 2 (Biobase) se colocaron tres explantes en cajas de Petri conteniendo medio de cultivo agar agua (AA), y los cultivos se mantuvieron a temperatura ambiente (25 °C ±2). Se obtuvieron cultivos puros por subcultivo repetido, seguido del aislamiento de una sola espora. Para su identificación fueron resembrados en agar papa dextrosa (APD). Se realizaron observaciones periódicas cada 24 h, durante los siguientes siete días, con el apoyo de un estereoscopio. Cuando los cultivos alcanzaron la fase de maduración fueron identificados con la técnica de cinta adhesiva transparente descrita por Arenas (1993). La identificación del micelio o las estructuras reproductivas (cuerpos fructíferos) se realizó observando al microscopio óptico con el objetivo 40 X. Los conidios se identificaron de acuerdo a su forma, tamaño y tabicado (Koneman, 2001).

Pruebas de patogenicidad. Para confirmar la identificación del agente causal de la enfermedad se realizó la prueba de cultivo en macetas bajo cribado. Las semillas de girasol, cártamo y canola fueron previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.1 % y sembradas en tierra para maceta. Se prepararon cultivos puros de las especies de *Alternaria* y a los 15 días de crecimiento se le agregaron 10 ml de agua estéril; la suspensión de conidios fue diluida hasta obtener 1 X 10^8 esporas/ml. Las suspensiones por separado fueron esparcidas en plántulas de girasol y canola de 30 días de edad, realizando previamente heridas al tallo y hojas de las plántulas, el experimento se realizó por triplicado. No se hizo en cártamo por falta de semilla para obtener plántulas. Como control se usaron plántulas asperjadas con agua esterilizada (sin inóculo). Posteriormente, se volvió a realizar el aislamiento del agente causal en medio de cultivo APD. Las características desarrolladas

de los aislados de prueba fueron observadas y comparadas con las características (cultural y morfológico) de la prueba original.

Extracción de ADN y análisis molecular. La extracción del ADN de los 33 aislados de *Alternaria* se realizó después de 10 días de crecimiento de los aislados en APD. El micelio de los aislados se cosechó con un asa de poliestireno estéril y se depositó en un tubo Eppendorf de 2 ml que contenía tres perlas de vidrio esterilizadas y 400 µl de amortiguador de lisis (400 mM Tris-HCl, 60 mM de EDTA, 150 mM de NaCl, 1 % SDS y PVP 1 %, pH 8.0) el micelio fue homogenizado mediante vortex, y se incubó por 18 h a 60 °C. Posteriormente, la extracción de ADN se realizó mediante el método del CETAB, modificado por (Almeyda *et al*., 2001). Para verificar la calidad del ADN, se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 1 %.

Polimorfismo de Longitud en los Fragmentos de Restricción amplificados por PCR (PCR-RFLP). Para amplificar la región ITS1-5.8S-ITS2, se utilizaron los oligonucleótidos (ITS1: TCC GTA GGT GAA CCT GCG G) (ITS2: GCT GCG TTC TTC ATC GAT GC) descritos por (White *et al*., 1990). La amplificación por medio de la técnica de PCR se realizó en un volumen final de 50 µl. Se utilizó el kit MyTaq DNA Polymerase (Biobase™), que contenía amortiguador de corrida (1X), MgCl2 (1.5 mM); dNTP´s (0.2 mM), 25 pmol de cada iniciador, 2 U de Taq Polymerase y 20 ng/µl de ADN cromosómico. Las reacciones de amplificación se realizaron en un termociclador (T100™ Thermal Cycler de BioRad) y el programa térmico utilizado fue: desnaturalización inicial a 95 °C por 4 min, seguido de 34 ciclos a 95 °C por 60 s, alineamiento a 60 °C por 60 s, extensión a 72 °C por 60 s y una extensión final a 72 °C por 10 min.

Los fragmentos amplificados por PCR fueron digeridos con las enzimas de restricción: *Alu* 1, *Rsa* I, *Mbo* I *Hha* I, *Hin*f I y *Hae* III. La digestión se realizó en un volumen final de 20 µl que contenía solución amortiguadora (1X), 2 µl del producto amplificado y 0.5 µl de la enzima correspondiente, la mezcla se incubó a 37 °C durante 18 h. Los productos de la digestión se fraccionaron en geles de agarosa al 2 % aplicando 8 µl del volumen de la digestión, y se aplicó un voltaje de 50 por 90 min, el gel fue teñido con GelRed™ y se analizó en un transiluminador de luz ultravioleta (BioRad). El peso molecular de los fragmentos de ADN fraccionados fue comparado con el marcador de peso molecular DNA-Ladder 100-1000 pb (Promega).

Secuenciación. Los fragmentos amplificados en la reacción de PCR, correspondientes a la región ITS1-5.8S-ITS2, se purificaron usando el kit PureLinkTM Quick Gel Extraction Kit (invitrogen) y fueron secuenciados en sentido y antisentido en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICyT). Las secuencias obtenidas fueron analizadas y comparadas con las secuencias reportadas en el banco de genes (GenBank).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de presencia de los hongos asociados a las oleaginosas en el norte y centro de Tamaulipas. El porcentaje de muestras con presencia del género *Alternaria* en los cultivos de cártamo, canola y girasol, durante el periodo de llenado de grano fue: 64.70 (n=11/17), 51.72 (n=15/29) y 35 % (n=7/20), respectivamente (Figura 1). Las pérdidas en la producción por mancha del tallo ocasionada por *Alternaria,* pueden tener una alta incidencia cuando se presenta exceso de humedad en el suelo, durante el periodo de floración. En esos casos puede afectar más del 50 % de la población, así como causar pudrición completa del tallo (Díaz y Montes 2008); (Asam *et al*., 2010); (Carson, 1985) lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

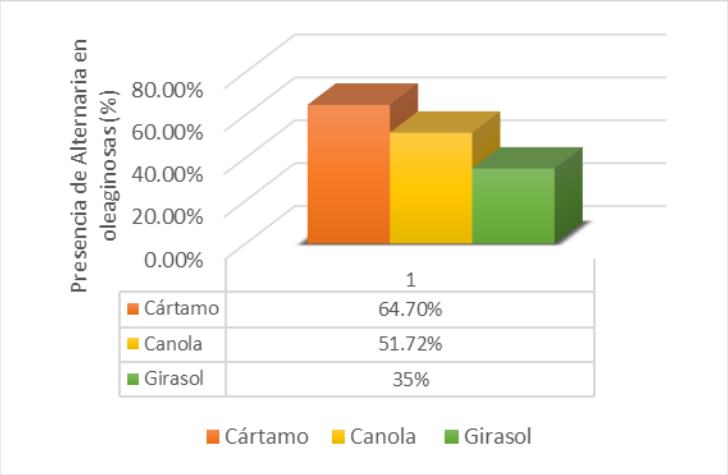


Figura 1. Incidencia del género *Alternaria* spp en cártamo, canola y girasol, cultivados en el norte y centro de Tamaulipas.

Identificación microbiológica.

A los siete días de desarrollo de los cultivos monospóricos, se observaron colonias filamentosas oscuras con superficie lanuda de color blanco grisáceo, pero al paso del tiempo cambiaron a un color negro verdoso o marrón. Al reverso del cultivo, las colonias fueron color marrón oscuro o casi negro El crecimiento de una sola colonia fue asépticamente eliminado para ser visualizado al microscopio óptico el cual fue teñido con azul de algodón lactofenol. Se observaron hifas tabicadas y oscuras, así como conidióforos y morfología colonial típica del género *Alternaria*, los conidióforos en su mayoría ramificados, septados y de longitud variable. Se observaron conidios grandes, color marrón, con septos transversales y longitudinales u oblicuamente septados formados individualmente, con cicatrices únicas en sus puntas o en cadenas ramificadas o no ramificadas, de acuerdo a las claves taxonómicas descritas por (Woudenberg *et al*., 2013); así mismo, se observaron conidios típicos del género *Alternaria* aislada de canola, cártamo y girasol (Figura 2).

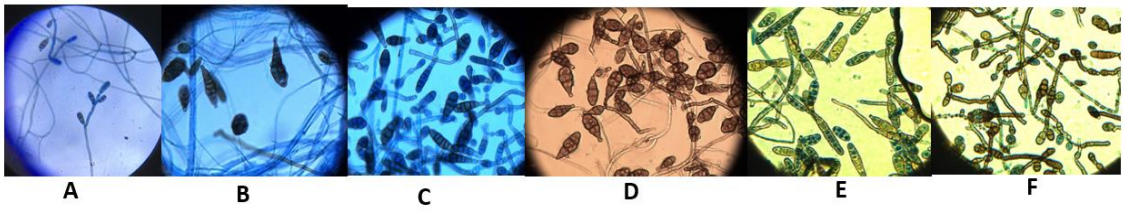


Figura 2. Diversidad morfológica del género *Alternaria*. Imagen (A y B) *Alternaria*, aislada de hoja y tallo de cártamo; (C y D), *Alternaria* aislada de hoja y raíz de canola; (E y F), *Alternaria* aislada de hoja y tallo de girasol.

Pruebas de patogenicidad

Al analizar las plantas entre los siete y 10 días después de que fueron inoculadas con conidios de diferentes cepas de *Alternaria*, se observaron manchas en tallos, peciolos y hojas. Las lesiones en peciolos y tallos iniciaron con puntos oscuros, que aumentaron de tamaño formando lesiones alargadas y estrechas provocando la rotura de los tallos. Los síntomas foliares iniciaron con la formación de pequeñas manchas oscuras de tamaño irregular, que posteriormente se unieron hasta provocar la defoliación completa de la planta; estos resultados concuerdan con lo reportado por Gaetán y Madia en (1998), quienes realizaron pruebas de patogenicidad usando *A. alternata* en plantas de colza. Wagan *et al*. (2006), asperjaron conidios de *A. helianthi* en plantas de girasol y reportaron resultados

similares a los obtenidos en este trabajo, además de los síntomas observados, registraron un retraso en el crecimiento de las plantas y disminución en la producción de aceite.

La *Alternaria* suele estar presente todos los años, pero la gravedad de la enfermedad varía de un año a otro en función de las condiciones ambientales para la enfermedad (temperatura y humedad relativa), (Al-lami *et al*., 2019). Existe una gran diversidad de especies de *Alternaria* que están asociadas al manchado de la hoja, tallo y frutos de oleaginosas, modifican su agresividad, susceptibilidad del huésped e intensidad de la esporulación fúngica, permitiendo así la evolución de nuevas cepas por adaptación (Agrios, 2005).

Análisis molecular PCR-RFLP

Se amplificó la región ITS del ADNr 5.8S, con el par de oligonucleótidos ITS1 (oligo sentido) e ITS2 (oligo anti-sentido, los cuales amplifican un fragmento entre 250 y 300 pb del gen ribosomal (Figura 3).

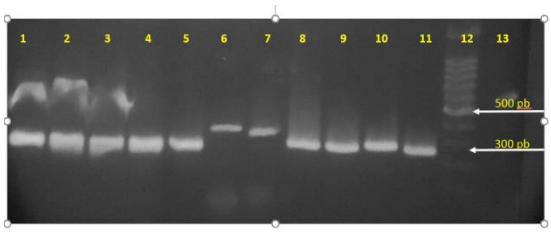


Figura 3. Fragmentos amplificados por PCR a partir del ADN genómico extraído de diferentes oleaginosas cultivadas en Tamaulipas. Carriles 1-3: Cártamo; Carriles 4-5 y 11: Canola; Carriles 6-10: Girasol; Carril 12: Marcador de peso molecular, Ladder 100-1000 pb; Carril 13; Control negativo, sin ADN.

Los fragmentos amplificados de la región 5.8S a partir del ADN extraído de cártamo y canola tenían un peso molecular de 300 pb, en el caso del girasol el peso molecular del fragmento amplificado fue aproximadamente 350 pb, lo cual, podría indicar la variabilidad en la longitud de la región 5.8S.

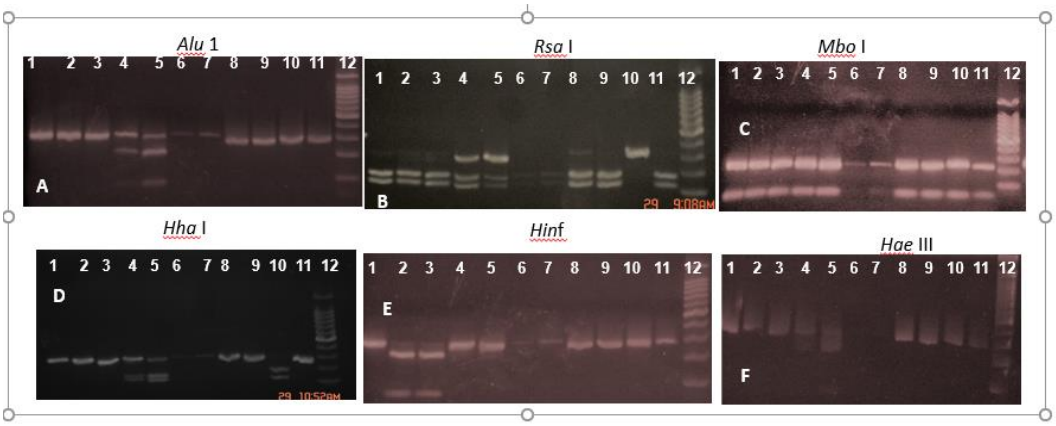


Figura 4. Fragmentos amplificados por PCR correspondiente a la región ITS1-ITS2 del género *Alternaria* spp a partir del ADN extraído de diferentes oleaginosas y digeridos con enzimas de restricción (*Alu* I y *Rsa* I, *Mbo* I, *Hha* I, *Hinf* I y *Hae* III.). En todas las figuras (A, B, C, D, E y F): Carril 1-3 Cártamo; Carriles 4- 5: Canola; Carriles 6-10, Girasol; Carril 11 Canola; y Carril 12 Marcador de peso molecular Ladder 100.

Al analizar el perfil electroforético obtenido con los fragmentos amplificados por PCR y tratados con endonucleasa, podemos inferir que las cepas estudiadas presentan características diferentes, lo que confirma la importancia de la combinación de las herramientas moleculares con las microbiológicas para distinguir las diferencias existentes a nivel intraespecífico.

Secuenciación

Las secuencias generadas fueron consensadas y analizadas con el programa Blast. Se realizó la identificación a nivel de especie con base al porcentaje de homología con las secuencias de los organismos que se encuentran en la base de datos del Gen Bank del Centro Nacional de Biotecnología de Información, por sus siglas en inglés (NCBI). En canola y girasol se identificaron dos cepas de *Alternaria alternata* y en cártamo variedad Guayalejo se identificó la especie *A. bursii* (Cuadro 1). Una cepa aislada de girasol se identificó como *A. helianti* de acuerdo a su morfología colonial (Figura 2E), pero este resultado no se pudo confirmar a nivel genómico ya que el fragmento amplificado por PCR no fue suficiente para ser secuenciado.

Cuadro 1. Especies de *Alternaria* asociadas a la mancha del tallo en oleaginosas cultivadas en el centro y norte de Tamaulipas.

Cultivo	Agente etiológico	Homología (%)	No. de acceso GenBank NCBI
Canola var. Aztecan	*Alternaria alternata*	96.88	LR778184.1
Cártamo var. Guayalejo	*Alternaria bursii*	98.31	M7906502.1
Girasol var. Cobalt II	*Alternaria alternata*	97.46	MT906502.1

Alternaria alternata es un patógeno que puede ser encontrado en una gran cantidad de hospederos, es de gran impacto en las siembras de diferentes cultivos; también puede ser encontrado en una gran variedad de frutas y verduras entre las que se encuentran especies de *Brassicaceas* como el brócoli (Aneja *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

Se identificaron, mediante análisis morfogenética, dos especies de *Alternaria; A. alternata* y *A*. *bursii*, en girasol se identificó *A*. *helenathi* por identificación microbiológica las cuales están asociados a enfermedades foliares del cultivo de cártamo, canola y girasol, en el norte y centro de Tamaulipas. La mayor incidencia del hongo *Alternaria* se presentó en cártamo (64.71 %), canola (51.72 %) y girasol (35.0 %). Además, se determinó que existe gran diversidad morfológica y genotípica a nivel intraespecífico, lo cual puede tener implicaciones en el porcentaje de infección y grado de patogénesis de acuerdo a la cepa aislada que se encuentre infectando al cultivo en particular.

REFERENCIAS

Al-lami HFD; You MP and Barbetti, MJ (2019). Role of foliage component and hot age on severity of *Alternaria* leaf spot (caused by *Alternaria japonica* and *A*. *brassicae*) in canola (*Brassica napus*) and mustard (*B. Juncea*) and yield loss in canola. Crop and Pasture Science 70 (11) 969-980 https://doi.org/10.1071/CP19262.

Agrios G (2005). Plant Pathology. 5ed. Nueva York. Elsevier Academic Press. 204 p

Arenas R (1993). Micología Médica Ilustrada Clínica, laboratorio y terapéutica. Primera Edición, McGraw Hill, México D. F. 397p.

Asam S; Konitzer K; Rychlik M (2010). Precise determination of the *Alternaria* mycotoxins alternariol and alternariol monomethyl ether in cereal, fruit and vegetable products using stable isotope dilution assays. Mycotoxin Res; 27: 23-28.

Bandara AY; Weerasooriya DK; Bradley CA; Allen TW; Esker PD (2020). Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. PLOS ONE, 15(4), Article e0231141. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231141.Consulta: septiembre 30 2021

Carmona AM; Gally EM; Grijalbo EP; Sautua JF (2015). Evolución de las enfermedades de la soja en la Argentina: pasado, y presente. Aportes de la FAUBA al manejo integrado. Rev. Agronomía y Ambiente. Vol. 35 No.1. 35.52.

Carson ML (1985). Epidemiology and yield losses associated with *Alternaria* blight of sunflower. Phytopathology 75 (10), 1151-1156

Díaz FA; Montes GN (2008). La Fitopatología en la región semiárida de Tamaulipas, México: Reseña Histórica. Rev. Mexicana de Fitopatología. Vol. 26 (1) 66-70.

Durán AS; Torres GJ; Sanhueza CJ (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. Nutrición Hospitalaria. Vol. 32, No. 1 11-19.

Gaetán SA; Madia MS (1998). La mancha negra de la hoja (*Alternaria brassicicola* (Schw.) Wiltsh.) en cultivos de colza canola de Buenos Aires y Santa Fe, Argentina. Biol. San Veg. Plagas. 24: 573-580.

Gagosh BN; Woodward S; Mur LAJ; Akram A; Saqlan NSM; Akhund S (2017). The Incidence of *Alternaria* Species Associated with Infected *Sesamum indicum* L. Seeds from Fields of the Punjab, Pakistan. Plant Pathol. J. 33(6): 543-553. https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2017.0081.Consulta: 29 septiembre 2021.

Hussain MI; Farooq M; Muscolo A; Regnab A (2020). Crop diversification and saline water irrigation as potential strategies to save freshwater resources and reclamation of marginal soils. Review. Environ Sci Pollut Res 27, 28695–28729 (2020). https://doi.org/10.1007/s11356-020-09111-6. Consulta: 3 octubre 2021.

Kgatle MG; Truter M; Ramusi TM; Flett B; Aveling TAS (2018). *Alternaria alternata*, the causal agent of leaf blight of sunflower in South Africa. Eur J Plant Pathol 151, 677–688 https://doi.org/10.1007/s10658-017-1402-7 Consulta: 30 septiembre 2021.

Koneman E (2001). Diagnóstico Microbiológico. Texto y Atlas color. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina; Bogotá 1432 p.

Pavón AM; González I; Martín R; García T (2015). Importancia del género *Alternaria* como patógeno de cultivos vegetales (I). Phytoma, España. No. 265. 46-50.

Quiroz FJI; Velázquez L; Lázzaro NL; Escande AR; Aguirrezábal LAN; Dosio GAA. (2018). Impacto de las enfermedades foliares sobre variables fisiológicas determinantes del rendimiento de girasol ante diferentes situaciones de cultivo. RIA. No 44 (3). 333-343. https://www.redalyc.org/journal/864/86458368006/html/.Consulta: 29 septiembre 2021. (publicado online).

Wagh SS; Suryawanshi P; Chavan PG (2016). Cultural, Morphological and Pathogenic Variability in Different Isolates of *Alternaria carthami* of Safflower from Different Geographical Regions of Maharashtra. J. of Pure Applied Microbiology. Vol 10 (4), 2697-2706.

Wagan KH; Pathan MA; Jiskani MM (2006). Effect of *Alternaria helianthi* on disease development, germination and seed quality in sunflower. Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences (Pakistan). Vol. 22:1, 26-29.

Woudenberg JHC; Groenewald JZ; Binder M; Crous PW (2013). *Alternaria* redefined. Studies in Micology. 75: 171-212. Published online 31de mayo 2013. Doi: 10.3114/sim005. Hard. copi. june 2013.

Zheng X; Koopmann B; Ulber B; Tiedemann VA (2020) A Global Survey on Deseaces and Pests in Oilseed Rape-Current Challonges and Innovative Strategies of Control. Review. Frontiers in Agronomy. Frontiers in Agronomy. Review. Vol 2, 1-15. https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590908. Consulta: 30 septiembre 2021.

DRENAJE Y SALINIDAD ANTE EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO

Leonardo Pulido Madrigal
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550
jalapuma56@gmail.com

RESUMEN

Se realizó una investigación de los problemas de drenaje y salinidad del Distrito de Riego 038 río Mayo, Son., para lo cual se analizaron datos generados entre 1970-2001 a escala de este distrito, así como datos de mediciones *in-situ* en el intervalo 2012-2017 en el Módulo de Riego 05 y en una parcela experimental de bombeo de drenaje; de igual modo, se analizaron datos de volúmenes de riego, temperatura ambiente, evapotranspiración de referencia y precipitación pluvial. Para determinar el impacto de las variables referidas en el incremento de problemas de drenaje y salinidad, se realizaron análisis estadísticos entre las variables mencionadas, con los cuales se encontró que a escala del distrito de riego los volúmenes de riego impactaron en el desarrollo de niveles freáticos superficiales y éstos en incremento de salinidad; de igual forma, se examinó que la temperatura contribuyó en el aumento de superficies ensalitradas. En el módulo de riego se analizó que las afectaciones por drenaje y salinidad fueron crecientes, debido a volúmenes de riego y aumento de la evapotranspiración. Finalmente, en una parcela experimental se examinó que el bombeo de drenaje entre 2015-2017 redujo los niveles freáticos superficiales y las afectaciones por salinidad, por lo que contrarrestó el efecto que volúmenes de riego y la evapotranspiración produjeron en el intervalo 1970-2014, y que se reflejó en mayores problemas de drenaje y salinidad.

Palabras clave: nivel freático, ensalitramiento, volumen de riego, temperatura, evapotranspiración, análisis estadístico

ABSTRACT

An investigation of the drainage and salinity problems of the Irrigation District 038 Río Mayo, Son., was carried out, for which data generated between 1970-2001 at the scale of this district were analyzed, as well as data from *in-situ* measurements in the interval 2012-2017 in the Irrigation Module 05 and in an experimental plot of drainage pumping; likewise, data

on irrigation volumes, temperature, evapotranspiration, and rainfall were analyzed. To determine the impact of the referred variables on the increase in drainage and salinity problems, statistical analyzes were carried out between the mentioned variables, with which it was found that at the irrigation district scale the irrigation volumes impacted the development of groundwater levels. superficial and these in increase of salinity; similarly, it was examined that the temperature contributed to the increase in salt-affected areas. In the irrigation module, it was analyzed that the affectations due to drainage and salinity were increasing, due to irrigation volumes and increased evapotranspiration. Finally, in an experimental plot, it was examined that drainage pumping between 2015-2017 reduced groundwater levels and salinity effects, thus counteracting the effect that irrigation volumes and evapotranspiration produced in the 1970-2014 interval, and which was reflected in greater drainage and salinity problems.

Keywords: water table, salt affected areas, irrigation volume, temperature, evapotranspiration, statistical analysis.

INTRODUCCION

En zonas áridas y semiáridas donde la precipitación pluvial (PP) es menor que la evaporación, las sales se pueden acumular sobre la superficie del suelo cuando la profundidad del nivel freático superficial es menor de 1.5 m. La acumulación de sales en la superficie del suelo es consecuencia del movimiento ascendente del agua freática y del subsecuente transporte de sales en el perfil del suelo debidas a la capilaridad, impulsada por un proceso de evaporación. Sin embargo, la causa más común dea acumulación de sales es la evapotranspiración (ET), que aumenta la concentración de sales a medida que profundiza la zona radicular (Corwin *et al.*, 2012, Ayars, *et al*., 2012, De la Peña, 1979).

A escala nacional de México se estima que las afectaciones por salinidad (CE) en los distritos de riego (DR) representan el 15.3 %, y las afectaciones por mal drenaje el 12.4 % (De la Peña, 2001). El Distrito de Riego No. 038, Río Mayo, Son., está considerado como uno de los más afectados, ya que aproximadamente 32 % de su superficie presenta problemas de drenaje y salinidad. Este distrito comprende una superficie de riego de 97,891 ha misma que es regada con agua de gravedad y bombeo, y en el 93 % se utiliza riego por gravedad, y únicamente en el 7 % se usa riego presurizado (Pulido *et al*., 2009; Pulido, 2018). En orden de importancia, las causas que dan origen al problema de CE y de niveles freáticos superficiales (MF) en el DR 038 río Mayo son: los métodos de riego ineficientes, el mantenimiento deficiente de la red de drenaje, las pérdidas de agua por conducción, la

falta de capacitación de usuarios, las condiciones de topografía, la ubicación y condiciones de descarga de la red de drenaje, la calidad del agua de riego y la intemperización química de los materiales terrestres, es decir minerales que son constituyentes de rocas y suelos (De la Peña, 1979; Pulido *et al.,* 2009; Tanji y Wallender, 2012). Por otro lado, por efecto del calentamiento global existente en el planeta (PICC, 2021), se prevé que para el periodo 2075-2099 en el sur del estado de Sonora donde se localiza el Distrito de Riego 038 la T máxima aumentará entre 5.0 y 5.4 °C y la PP disminuirá un 16.9% (Salinas *et al*. (2015); es así que en el DR 038 se espera que los problemas de salinidad se agraven debido a este fenómeno. En el presente estudio se trazó el objetivo de analizar los problemas de drenaje y salinidad en el periodo 1972-2020, tanto a la escala del Distrito de Riego 038 río Mayo, Son., así como del Módulo de Riego 05 y en una parcela experimental de 4.3 ha localizada en el Módulo de Riego 06 del mismo distrito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron y analizaron estudios de salinidad del suelo, drenaje y volumen de agua de riego (VOL) existentes en el DR 038 río Mayo, Son., así como datos de temperatura ambiente (T), evapotranspiración de referencia (ET) y PP promedio diarios generados entre 1970-2020 (www.agroson.org.mx; www.siafeson.com/remas). También, durante el intervalo 2012-2017 en los módulos de riego 05 y 06 se generaron *in-situ* datos de CE del suelo, MF y de bombeo de drenaje. El DR 038 se localiza en el sur del estado de Sonora; comprende una superficie de 114,000 ha, de las cuales están empadronadas 97,891 ha (www.drrmayo.mx), que son regadas por gravedad de la presa de almacenamiento Adolfo Ruiz Cortines, y con agua de bombeo del acuífero Valle del Mayo 2642. Su clima es estepario semiárido, con precipitación media anual de 344 mm, temperatura media anual de 21.3 °C, y evaporación media anual de 2,222 milímetros.

Los estudios de MF empezaron a realizarse en 1965 y desde entonces se llevaron a cabo 20 estudios hasta el año 2000. Asimismo, a partir de 1971-2001 se reportaron 11 estudios de CE con análisis de suelos en laboratorio; igualmente, en 1996 y 2001 se cartografió la CE en el estrato a 60 cm a través de imágenes de satélite y un sensor electromagnético (Pulido, 2018). En los años 2012-2014 el estudio de drenaje y CE se desarrolló en el Módulo de Riego 05 (MR05) del DR 038; para el caso, se llevaron a cabo mediciones del MF hasta una profundidad de tres metros, y con éstas se elaboraron mapas de isobatas. De la misma manera, se tomaron muestras de suelo una vez por año en una red de 62 sitios establecida ex profeso en el área del módulo, a las profundidades de 0-30

(estrato superficial) y 30-60 cm (estrato subsuperficial); a éstas se les analizó la salinidad en un laboratorio. En 2014 se instaló una parcela experimental de bombeo del drenaje de 4.3 ha afectada por drenaje y salinidad la cual dispone de un sistema de drenaje parcelario subsuperficial conectado a un cárcamo de bombeo; esta parcela se localiza en el Módulo de Riego 06 (MR06) del DR 038 en la parte baja, ya que tiene una altitud aproximada de tres metros sobre el nivel medio del mar (msnm) (Pulido y Pulido, 2022). Para evaluar el impacto del bombeo en la reducción de niveles freáticos y la salinidad del suelo, se llevaron a cabo análisis de varianza de regresión lineal simple (RLS) con el programa Excel 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impacto de volúmenes de riego y temperatura ambiente en problemas de drenaje y salinidad a escala del distrito de riego. La superficie anual promedio de afectación por MF (< 1.5 m) fue de poco más de 6,000 ha durante 1965, 1975 y 1980; en 1985 resultó cercana a 41,500 ha y entre 1970-2000 se determinó una tendencia ascendente que coincide con una tendencia creciente en VOL (Figura 1), por lo que la superficie media anual afectada por MF resultó de 20,113 ha para el periodo 1970-2000, y durante el periodo 1981-1999 se estimaron las mayores afectaciones en promedio anual de 28,212 ha. Por otro lado, en el periodo 1970-2000 el VOL promedio anual fue de 924.3 hm^3 con tendencia creciente, por lo que la correlación entre ambas variables resultó de R^2=0.72 (modelo 1, Cuadro 1). Al respecto, a partir de 1985-2000 se cuantificó un descenso relacionado con sequías tanto en VOL como en MF, cuando la superficie afectada por MF en 1985 fue de 41,431 ha y en 2,000 de 7,700 ha, mientras que el VOL en 1985 fue de 1,208.6 hm^3 y en el año 2,000 resultó de 710 hm^3 (R^2= 0.92, modelo 2, Cuadro 1); según el modelo número 2, VOL superiores a 860 hm^3 producen superficies con MF mayores al promedio histórico de 1970-2000, de 20,113 ha, por lo que podría considerarse como VOL de equilibrio. Por su parte, el promedio global de superficie ensalitrada que incluye suelos salinos, salino sódicos y sódicos, en el intervalo 1971-2001 de 36,239 ha equivale a un 32 % del área total del DR. La tendencia en el ensalitramiento desde 1972-1996 fue creciente en el espesor 0-120 cm, de tal forma que en los suelos ensalitrados en el estrato de 0-30 cm se analizó un incremento, al igual que con las superficies de MF mismo que correlacionó (R^2= 0.82, modelo 3, Cuadro 1 y Figura 2), por lo que una conclusión es que las superficies con MF ensalitran los suelos del DR 038.

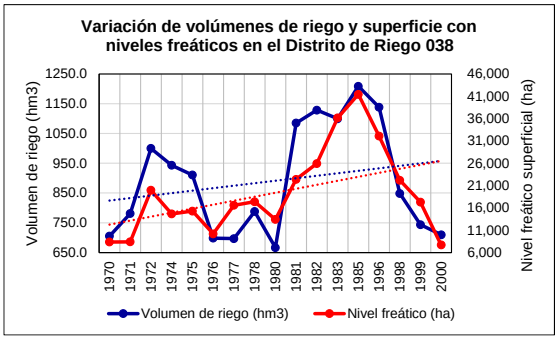


Figura 1. Variación de volumen de riego y superficie afectada con niveles freáticos someros en el Distrito de Riego 038. Elaboración propia.

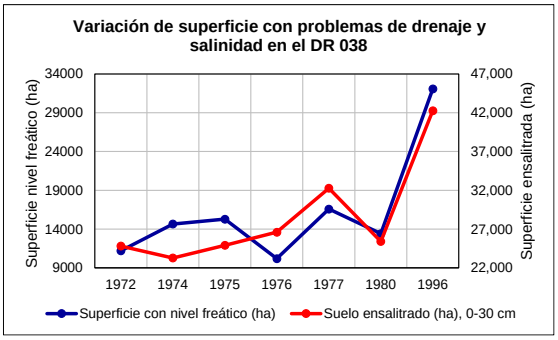


Figura 2. Afectaciones por niveles freáticos superficiales y salinidad en el periodo 1972-1996. Elaboración propia.

El aumento de T, asociado al calentamiento global, que en el DR 038 varió de 16.2 °C 1975 hasta 22.2 °C en 1993 con un promedio de 18.4 °C en el periodo 1968-200, correlacionó con el aumento de superficie con MF (R^2= 0.63, modelo 4, Cuadro 1) y con la superficie ensalitrada (R^2= 0.71, modelo 5, Cuadro 1), lo que coincide con Pulido (2018. El efecto de la T en la CE se explica porque la T afecta la solubilidad de las sales en agua (Babcock *et al*., 1973); algunas sales como el cloruro de sodio (NaCl) son igualmente solubles a temperaturas de 0-50 °C y este tipo de sal es muy soluble.

Cuadro 1. Análisis de varianza de regresión lineal simple de variables agronómicas y climáticas.

Modelo	Estrato	Periodo	Modelo de regresión[1]	R^2	n	Fc	Ft
1		1970-2000	MF= 45.069(VOL)-20789	0.72	17	40.20*	4.49
2		1985-2000	MF= 54.67(VOL)-26686	0.92	5	35.65*	10.12
3	0-30 cm	1972-1996	CE= 0.832(MF)+15014	0.82	7	24.31*	6.6
4		1972-2000	MF= 2007.6(T)-21964	0.63	7	8.60*	6.6
5	0-120 cm	1972-1996	CE= 21292(T)-340012	0.71	6	10.04*	7.7
6		2012-2014	MF= -0.019(VOL)+2.255	0.99	3	376.42*	161.44
7		2012-2014	MF=66.025(VOL)-188.05	0.98	3	52.82	161.44
8	30-60 cm	2012-2014	CE= -23.475(MF)+53.936	0.95	3	19.8	161.44
9	30-60 cm	2012-2014	CE= 2.138(MF)+1829.1	0.95	3	19.8	161.44
10	0-60 cm	2012-2014	CE= 0.015(ET)+3.134	0.99	3	347.44*	161.44
11		2015-2017	MF= 0.0016(vb)-1.019	0.97	3	36.5	161.44
12		2015-2017	MF=0.058(VOL)-2.122	0.99	3	344.19*	161.44
13	0-60 cm	2015-2017	CE= -9.484(MF)+15.309	0.95	3	23.31	161.44
14	0-60 cm	2015-2017	CE= -0.015(VB)+ 25.63	0.99	3	618.45*	161.44
15	0-60 cm	2015-2017	CE= -0.011(ET)+14.10	0.99	3	237.00*	161.44

[1]MF= nivel freático superficial (m o en ha); VOL= volumen (hm^3); CE= salinidad (dS m^{-1} o en ha); T= temperatura ambiente (°C); ET= evapotranspiración de referencia (mm); VB= volumen de bombeo m^3; Fc= F calculada con 95% de confianza; n= número de observaciones; Ft= valor crítico de F, α= 0.05 de significancia; *= estadísticamente significativo.

Análisis de problemas de drenaje y salinidad en el Módulo de Riego 05. En el MR05 los MF más someros medidos entre enero y abril se midieron en 2013 (1.76 m), seguido de 2014 (1.79 m) y por último en 2012 de 1.90 m. De igual modo, las mayores afectaciones medias anuales en % de superficie se estimaron en 2013 (26.5), luego en 2014 de 24.0 y las menores en 2012 (18.1); las áreas más afectadas se localizaron a partir de la cota 10 msnm hacia la costa. La profundidad promedio de MF referida se analizó estadísticamente con los VOL aplicados en el MR05, cuyos valores fueron de 18.6, 25.6 y 24.4 hm^3 en 2012, 2013 y 2014, respectivamente; de esta manera se determinó que un aumento en VOL correlacionó con un aumento en MF (R^2= 0.99, modelo 6, Cuadro 1). Por otro lado, las superficies de MF, cuyos valores medios resultaron de 1,046 ha, 1,531 ha y 1,387 ha, durante 2012, 2013 y 2014 correspondientemente, correlacionaron con los VOL de lo que resultó una R^2= 0.98, modelo 7, Cuadro 1 y Figura 3), y por medio de este modelo se calculó un aumento de 66 ha con MF por cada hm^3 de riego a partir de un VOL de 18.6 hm^3.

Los VOL desde 1970 hasta 2020 tuvieron tendencia descendente con un promedio de 892 hm^3 la cual está ligada al decrecimiento en PP posiblemente relacionadas con el calentamiento global (PICC, 2021), que han ocasionado sequías como las ocurridas entre 1997-2004, 2011 y 2018-2020. Altos VOL superiores a 860 hm^3 a nivel del DR producen MF, pero también bajos VOL como en 1997-2004 y 2011-2012 originan problemas de CE; como consecuencia de que para aumentar la disponibilidad de VOL para satisfacer los requerimientos de riego se incrementa el bombeo del acuífero, cuyas aguas contienen elevados niveles de CE; ello además de que en las sequías se bombea agua de la red de drenaje a cielo abierto, con altos niveles de salinidad para aplicarla directamente en las parcelas (Pulido *et al*., 2009; Pulido, 2018). En este sentido, Pulido *et al*. (2009), y Pulido (2018) expresan que en el DR 038 los problemas de MF existen por la insuficiente capacidad de drenaje de la red a cielo abierto, que no es capaz de evacuar hacia el mar el agua de percolación de riegos y las filtraciones en canales; en este sentido, en el DR 038 la densidad de drenaje existente es de 120 $ha \cdot km^{-1}$ la cual es inferior a la de otros DR del

noroeste de la república (Pulido *et al*., 2009). En particular, dicho problema se manifiesta cuando la capacidad de drenaje natural es tan limitada que la percolación profunda normal del agua de riego provoca que la capa freática se eleve cerca de la superficie del suelo (Ayars, 2012).

Además, se examinó que con relación a 2012 la superficie ensalitrada en 2013 se incrementó un 16.0% y en 2014 un 14.7 %. Además, se determinó que las mayores superficies de suelos ensalitrados se encontraron en el estrato subsuperficial en 2013 (81.6 %), seguido de 2014 (80.3 %) y después 2012 (65.6 %). Es así que en promedio en los tres años en los suelos ensalitrados en el estrato superficial se calculó una superficie del 61.8 %, mientras que en el estrato subsuperficial ésta fue del 75.8 %; en este sentido, Ayars *et al*., (2012) señalan que en los suelos con niveles freáticos <2 m la CE aumenta con la profundidad del suelo, y esta condición se cumple en el MR05, ya que en el DR 038 este módulo es de los más afectados por MF y CE, al igual que los módulos 06 y 01; todos ellos ubicados en la parte baja del distrito (Pulido *et al*., 2009).

Los MF medios de 2012-2014 correlacionaron (R^2= 0.98) con la CE ($dS.m^{-1}$) del estrato subsuperficial (Figura 4), por lo cual con base en el modelo 8 del Cuadro 1 se calculó que por cada 10 cm que aumenta el MF, la CE incrementa en 2.3 $dS.m^{-1}$. También, se investigó que la superficie con suelos ensalitrados se extiende cuando la superficie con MF incrementa, por lo que los MF explican el desarrollo de superficies ensalitradas (modelo 9, Cuadro 1) lo cual concuerda con Pulido (2018); es así que con base en este modelo se calculó que por cada ha de MF se desarrollan 2.1 ha de suelos ensalitrados. En el periodo del estudio llevado a cabo los años 2012-2014 el incremento tanto de superficie con MF como de suelos ensalitrados fue del 8.4 % y 16.0 %, respectivamente.

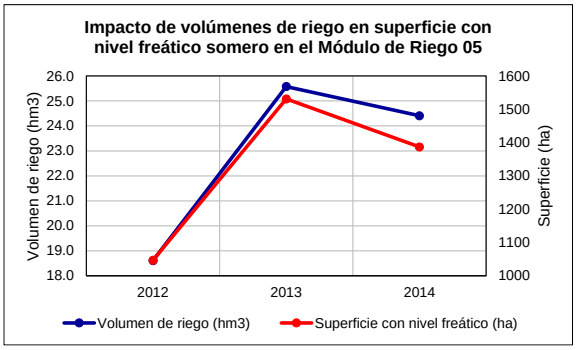


Figura 3. Impacto de volúmenes de riego en superficie con nivel freático en el Módulo de Riego 05. Elaboración propia.

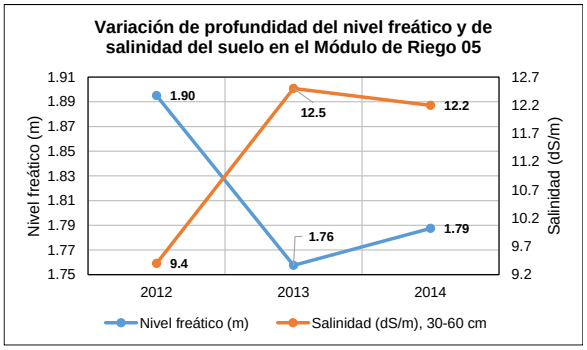


Figura 4. Variación de profundidad del nivel freático y la salinidad en el estrato 30-60 cm. Elaboración propia.

El DR 038 se sitúa en las zonas áridas y semiáridas de México, donde la precipitación pluvial (PP) es menor que la evaporación por lo que la causa más común de acumulación de sales es la evapotranspiración (ET) (Corwin *et al.*, 2012); y en el MR05 entre 2006-2020 la ET resultó de 1,778 mm anuales con tendencia ascendente. Al respecto, se analizó que la ET promedio de enero-abril influyó en el ensalitramiento, ya que los contenidos de CE del estrato subsuperficial ascendentes entre 2012-2014, correlacionaron con niveles de ET crecientes en 2012-2014 (R^2= 0.99, modelo 10, Cuadro 1 y Figura 5). Para enfrentar estos problemas, una alternativa es el drenaje parcelario subsuperficial y el uso de energías renovables como la eólica, abundante en el sur del estado de Sonora en la planicie costera, para reducir la generación de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

Análisis de problemas de drenaje y salinidad en una parcela experimental de bombeo de drenaje. En el tiempo que duró el estudio, el MF promedio anual fue de 0.86, 1.03 y 1.16 m, en 2015, 2016 y 2017, respectivamente; el MF promedio de 2015 a partir de que inició el ciclo agrícola en el DR en noviembre de 2014, cuando también fue el inicio del bombeo, tuvo el nivel más somero de 0.86 m por lo cual el descenso del MF coincidió con el bombeo del drenaje realizado desde el cárcamo de bombeo, donde descarga el sistema de drenaje parcelario. Este bombeo, que extrajo un volumen creciente anual en 2015 de 1,175 m^3, en 2016 m^3 de 1,304 y en 2017 de 1,356 m^3, correlacionó con los MF de 0.86, 1.03 y 1.16 m entre 2015-2017 (R^2= 0.97, modelo 11, Cuadro 1). Por su parte, los VOL utilizados en el MR06 de 51.1, 54.2 y 56.2 hm^3 en 2015, 2016 y 2017, respectivamente correlacionaron con los MF promedio de estos años (R^2= 0.99, modelo 12, Cuadro 1 y Figura 6). Sin embargo, en la parcela experimental el aumento de volúmenes de riego no

influyó en aumento de MF, debido a la acción del bombeo. Esto significa que el bombeo de drenaje parcelario subsuperficial, se podría considerar como una medida de adaptación al calentamiento global ya que con éste se incrementan los problemas de drenaje y salinidad (Pulido, 2018). Al respecto, se examinó que con la profundización de MF de 0.86-1.16 m se redujeron los contenidos de CE de 7.3-4.5 $dS.m^{-1}$ (R^2= 0.95, modelo 13, Cuadro 1), como consecuencia de que con el bombeo profundizaron los MF y se desalinizaron los suelos (R^2= 0.99, modelo 14, Cuadro 1). Igualmente, se correlacionó la ET con la CE de tal forma que la ET acumulada anual entre 2015-2018 con tendencia ascendente, tuvo un promedio de 1,884 mm mientras que en la CE la tendencia fue decreciente porque varió de 7.3-4.5 $dS.m^{-1}$ entre 2015-2017 (R^2= 0.99, modelo 15, Cuadro 1); dicha reducción se explica por el bombeo que abate los niveles freáticos y disminuye la salinidad, y de este modo neutraliza el efecto del aumento de la ET que normalmente genera ensalitramiento (Corwin *et al.*, 2012; Pulido 2018); como se ha analizado en los periodos 1996-2000 y 2012-2014.

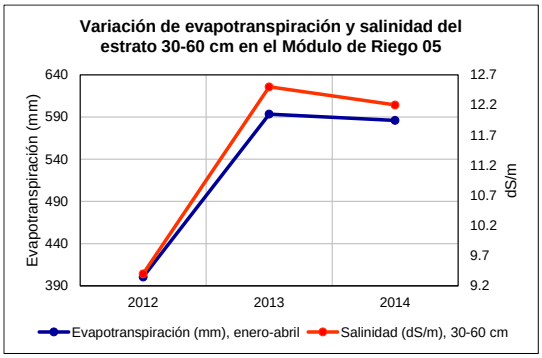


Figura 5. Variación de evapotranspiración de referencia y la salinidad del estrato subsuperficial en el Módulo de Riego 05. Elaboración propia.

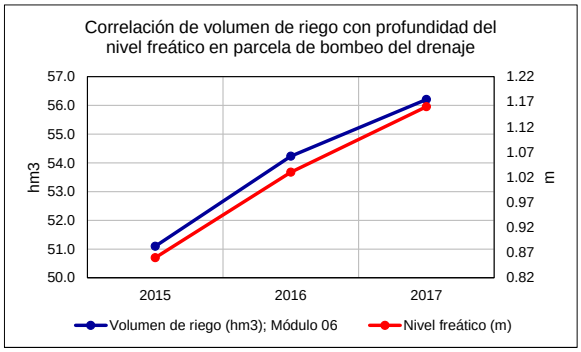


Figura 6. Impacto de volumen de riego en profundidad del nivel freático en una parcela experimental de bombeo de drenaje con energía eólica. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los problemas de drenaje y salinidad del Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora en el intervalo 1970-2017 estuvieron influenciados por la aplicación de volúmenes de riego en exceso que producen coleos y percolación profunda, mismos que no son evacuados por el sistema de drenaje por gravedad a cielo abierto del distrito de riego, dado que este sistema no es capaz de evacuar hacia el mar el agua de percolación de riegos y las filtraciones en canales, que a su vez crean niveles freáticos someros que generan ensalitramiento del

suelo; particularmente en las partes bajas de distrito. Igualmente, los problemas de drenaje y salinidad tienen relación con el calentamiento global manifestado en incrementos en temperatura y evapotranspiración, así como en disminución en la precipitación pluvial.

REFERENCIAS

Ayars, J. E.; G. J. Hoffman and D. L. Corwin. 2012. Leaching and rootzone salinity control. pp 371-403. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

Babcock K.L.; V.V. Egorov and V.A. Kovda. 1973. Chemistry of saline and alkali soils of arid zones. In irrigation, Drainage and Salinity, an International Source Book. Hutchinson FAO/UNESCO. www.unesdoc.unesco.org

Corwin, D. L.; S. M. Lesch, and D. B. Lobell. 2012. Laboratory and field measurements. pp 295-341. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

De la Peña, I. 1979. Principios y solución de drenaje parcelario, Boletín Técnico No. 9, SARH, Ciudad Obregón, Sonora, México.

De la Peña, I. 2001. Problemática de la salinidad y el drenaje y su control en los distritos de riego de la región noroeste. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 2021. Summary for Policymakers. In: climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y, Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.). Cambridge University Press. In Press.

Pulido, M. L.; J. G. Meraz y M. V. Pulido. 2009. Metodología para el diagnóstico, manejo y control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, núm. 1, pp 55-72.

Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.

Pulido, M. L. y J. Pulido Real. 2022. Drenaje y energía eólica para aumentar rendimiento en suelos agrícolas ensalitrados. Memoria ISSN:2594-1437, XXXIV Semana Internacional de Agronomía, 07-09 de septiembre 2022, Universidad Juárez de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.

Red agrometeorológica del estado de Sonora. (2014). www.agroson.org.mx.

Salinas, P, J. A.; G. Colorado Ruiz y M. E. Maya Magaña. 2015. Escenarios de cambio climático para México. En: Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor.

Tanji, K.K. and W. W. Wallender. 2012. Nature and Extent of Agricultural Salinity and Sodicity. pp 1-25. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

EL EMPRENDIMIENTO AGRICOLA EN MÉXICO.

Cepeda-Rubio, Abril; Tobar-Gutiérrez, Javier; Villarreal-Cárdenas, Martín Evaristo; Vitela-Velázquez, Max; Cortez-Ceniceros, José Ángel

Tecnológico Nacional de México campus La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.

RESUMEN

La agricultura en México enfrenta nuevos desafíos y oportunidades en el contexto globalizado y competitivo. Los agricultores deben adaptarse a las demandas del mercado y a las condiciones ambientales, desarrollando capacidades emprendedoras que les permitan innovar y gestionar sus negocios de manera eficiente y sostenible. El emprendimiento agrícola se define como la capacidad de crear y transformar organizaciones que generan nuevos productos, mercados o tecnologías en el sector agropecuario o forestal. Las habilidades emprendedoras son aquellas que facilitan el proceso de emprendimiento, tales como la creatividad, la iniciativa, la planificación, la toma de decisiones, el liderazgo, la comunicación o el trabajo en equipo. Estas habilidades no son innatas, sino que se pueden aprender y mejorar a través de la educación, la capacitación y el desarrollo profesional continuo. Sin embargo, los agricultores mexicanos no acceden de forma sistemática a los servicios de asesoramiento empresarial ni a las redes de apoyo que les ayuden a desarrollar sus habilidades emprendedoras. Además, muchos de ellos consideran que la agricultura es una actividad diferente a otras y que no requiere de un enfoque empresarial. Esto limita sus posibilidades de aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado y de mejorar sus ingresos y su calidad de vida. Por ello, es necesario promover una cultura emprendedora entre los agricultores mexicanos, mediante programas e iniciativas que les brinden información, orientación, formación y financiamiento para sus proyectos. Así, se podrá impulsar el desarrollo rural y contribuir a la seguridad alimentaria del país.

Palabras clave: Productor agrícola, emprendedor, redes empresariales, desarrollo profesional

ABSTRACT

Agriculture in Mexico faces new challenges and opportunities in the globalized and competitive context. Farmers must adapt to market demands and environmental conditions, developing entrepreneurial skills that allow them to innovate and manage their businesses efficiently and sustainably. Agricultural entrepreneurship is defined as the ability to create and transform organizations that generate new products, markets or technologies in the agricultural or forestry sector. Entrepreneurial skills are those that facilitate the entrepreneurship process, such as creativity, initiative, planning, decision making, leadership, communication or teamwork. These skills are not innate, but can be learned and improved through education, training and continuous professional development. However, Mexican farmers do not systematically access business advisory services or support networks that help them develop their entrepreneurial skills. In addition, many of them consider agriculture to be a different activity from others and that it does not require a business approach. This limits their possibilities of taking advantage of the opportunities offered by the market and of improving their income and quality of life. Therefore, it is necessary to promote an entrepreneurial culture among Mexican farmers, through programs and initiatives that provide them with information, guidance, training and financing for their projects. In this way, rural development can be promoted and contribute to the country's food security.

Keywords: Agricultural producer, entrepreneur, business networks, professional development

INTRODUCCION

En la actualidad existen diferentes estrategias disponibles para los productores agrícolas para que puedan sobrevivir y tener éxito en un entorno económico cambiante. Pueden intensificar la producción convencional, por aumento de volumen, especializarse o diversificar. Por ejemplo, la empresa agrícola puede ampliarse, mediante turismo u otras formas de negocio no agrícola, o mediante la integración hacia adelante o hacia atrás de la cadena de valor participando en el procesamiento de alimentos, la comercialización directa o mediante la producción ecológica. Todas estas opciones implican hacer crecer el negocio. Por supuesto, otra opción disponible es "no hacer nada". Este artículo sugiere que, si bien los debates sobre la capacidad emprendedora de los agricultores no son nuevos son

importantes. Muchas de las habilidades asociadas con la gestión de un negocio exitoso no son necesariamente habilidades que tenga el agricultor. El artículo presenta una serie de modelos que muestran cuáles son estas habilidades y proporciona definiciones iniciales de emprendimiento agrícola y habilidades emprendedoras.

Temas y problemas emergentes

El rol del agricultor en México se está transformando, pues los agricultores deben adquirir nuevas competencias para ser competitivos. En resumen, deben ser más emprendedores. Se busca que los agricultores amplíen su visión empresarial, diversificando su actividad no solo en la producción agropecuaria, sino también en la transformación de sus materias primas en productos de mayor valor agregado. La diversificación agrícola desde una perspectiva de gestión y emprendimiento es un enfoque relativamente novedoso.

Definiendo el emprendimiento agrícola

El emprendimiento agrícola es un concepto que se refiere a la capacidad de crear y transformar organizaciones que generan nuevos mercados, productos o tecnologías en el ámbito rural (Wortman Jr, 1990). Para analizar este fenómeno, es necesario comprender las actitudes y la motivación de los agricultores que enfrentan un entorno empresarial cada vez más hostil (Beedell & Rehman, 2000). Sin embargo, no todos los propietarios de pequeñas propiedades se pueden considerar emprendedores, ya que dirigir una pequeña empresa y ser empresario implican habilidades y capacidades diferentes. Por ejemplo, el éxito a largo plazo de un negocio requiere habilidades gerenciales, mientras que el emprendimiento requiere habilidades innovadoras.

Emprendimiento agrícola exitoso

Los agricultores exitosos se diferencian de los demás en términos de los siguientes rasgos de personalidad:

- Creen en su capacidad para controlar los eventos;
- Tienen habilidades para resolver problemas;
- Cuentan con la iniciativa social (expresada a través del liderazgo, astucia y la valentía de las habilidades sociales).

Este enfoque en la capacidad de gestión y empresarial y el grado en que los agricultores son actores emprendedores es cuestionado por (S. J. E. Carter & development, 1998), (S.

Carter & Rosa, 1998) quienes sugieren que los métodos utilizados para analizar a los empresarios en otros sectores se pueden aplicar a los agricultores. Para estos autores, los agricultores han sido tradicionalmente emprendedores, de hecho, argumentan que los agricultores son principalmente propietarios y gerentes de negocios y que las granjas se pueden caracterizar como negocios. El paralelismos entre el emprendimiento de cartera en sectores no agrícolas (empresariales) y la pluriactividad agrícola es trazado por (S. J. E. Carter & development, 1998) sugiriendo que los agricultores tienen múltiples intereses empresariales y estos crean empleo y desarrollo económico rural. Algunos investigadores argumentan que los agricultores pluriactivos son emprendedores, sin embargo, todavía hay escasez de conocimiento sobre qué factores desencadenan el inicio de actividades emprendedoras entre los agricultores (Alsos, Ljunggren, Pettersen, & development, 2003).

De acuerdo Laurence (de Lauwere & Verhaar, 2002) es posible distinguir cinco grupos de agricultores:

- Emprendedores económicos: aquellos que crean un cambio económico significativo;
- Emprendedores socialmente responsables: aquellos agricultores que reconocen que el éxito financiero de la granja debe equilibrarse con un papel social y ambiental;
- Productores tradicionales: aquellos agricultores que pueden tener éxito al centrarse en una actividad que está "garantizada" para ser exitosa;
- Productores nuevos: aquellos agricultores que se diversifican en áreas nuevas, pero similares, de actividad;
- Emprendedores dudosos: aquellos agricultores que son reacios a aceptar el cambio.

Un estudio sobre los productores agrícolas en Finlandia, fue realizado por (Kallio & Kola, 1999) donde intentaron determinar qué factores les daban ventaja competitiva sobre otros agricultores y sugieren que hay siete características de un productor exitoso:

1. La producción rentable parecía estar asociada con una evaluación continua de la producción, los ingresos y los gastos;
2. El desarrollo constante de habilidades cognitivas y profesionales, es decir, el Desarrollo Profesional Continuo (DPC);
3. Se benefician de una ética de trabajo positiva;
4. Operación orientada a objetivos, es decir, la capacidad de establecer objetivos, alcanzarlos y establecer nuevos;

5. Utilización de información reciente que sea relevante para las circunstancias propias del agricultor y las necesidades de la granja;
6. Puntos de partida favorables para la empresa, lo que significa una buena condición de maquinaria, edificios, tierra y un equilibrio adecuado entre el precio del producto y las inversiones en producción;
7. Cooperación con otros en la cadena de suministro.

En el sector agrícola de México, es necesario investigar más a fondo el nivel de participación de los agricultores en actividades de formación continua que les permitan actualizar sus competencias profesionales. Esta afirmación se basa en la hipótesis de que los agricultores no se capacitan profesionalmente con la frecuencia y la calidad requeridas para mantenerse competitivos en un mercado dinámico y exigente. No obstante, esta hipótesis requiere ser contrastada con evidencia empírica que no se presenta en este texto.

Un estudio sobre los factores que determinan el emprendimiento y el éxito empresarial en el ámbito agrícola clasificó a los empresarios en exitosos y no exitosos según criterios de evaluación establecidos por investigadores y expertos, así como por los ingresos obtenidos por el negocio. Los motivos para emprender un negocio diferenciaron a los empresarios exitosos de los no exitosos: los primeros se guiaron por factores vinculados al mercado (por ejemplo, la demanda, la ubicación estratégica, la identificación de un segmento de mercado) y los segundos se vieron impulsados por factores relacionados con los ingresos (por ejemplo, el desempleo, la necesidad de complementar los ingresos, problemas de salud). De este modo, los exitosos aprovecharon las oportunidades externas derivadas de la demanda de productos, mientras que los no exitosos respondieron a las presiones externas derivadas de su situación personal. Los empresarios agrícolas de mente abierta deben reconocer más problemas de los que pueden resolver racionalmente. Por lo tanto, el empresario agrícola tiene que reconocer los problemas y atenderlos hasta alcanzar una solución parcial o total.

El emprendimiento requiere el desarrollo de competencias en seis áreas clave, según (Man, Lau, & Chan, 2002). Estas áreas son:

- el reconocimiento y aprovechamiento de oportunidades,
- La construcción de relaciones,
- El pensamiento conceptual y la resolución de problemas,
- La organización,

- y las competencias estratégicas.

Además, los emprendedores deben tener en cuenta los factores críticos de éxito identificados por (de Lauwere & Verhaar, 2002), que son:

- La gestión y planificación estratégica,
- El conocimiento del ecosistema,
- El personal capacitado y profesional,
- La comprensión de la perspectiva de la cadena de valor,
- La artesanía,
- La capacidad de aprender y buscar oportunidades,
- y las características personales emprendedoras.

Un aspecto fundamental para cualquier emprendedor es la planificación estratégica, que le permite definir sus objetivos, estrategias y acciones para lograr el éxito en su negocio.

Conclusiones

Un error común es asumir que los agricultores son un grupo homogéneo que necesita las mismas políticas de desarrollo. Nuestra investigación inicial muestra que los agricultores tienen diferentes grados de emprendimiento y que no se puede afirmar que todos sean emprendedores. El artículo señala que el sector agrícola tiene una brecha de habilidades que debe ser cubierta con la ayuda de otras entidades. Entre las habilidades más importantes para los agricultores se encuentran: las habilidades de negocios y gestión, como el marketing, la planificación financiera y empresarial; y las habilidades de comunicación y colaboración. Estas habilidades pueden facilitar el éxito empresarial de los agricultores en un entorno cambiante. No obstante, no se hace una distinción entre los agricultores grandes y pequeños en cuanto a su capacidad de adaptación. Algunos entrevistados opinan que los agricultores grandes son más emprendedores porque tienen más recursos estructurales y funcionales.

Para dirigir el negocio agrícola de manera exitosa en un mercado competitivo, se requieren diversas habilidades. Sin embargo, es importante reconocer que los agricultores no siempre tienen una evaluación clara de sus propias capacidades y necesidades de formación. Este documento plantea que uno de los principales retos para el sector agrícola es facilitar el desarrollo de las competencias empresariales de los agricultores. Esto implica que si el

sector enfrenta tantas dificultades como se afirma, los agricultores de todos los tipos necesitarán apoyo económico y una mayor inversión en educación y capacitación.

REFERENCIAS

Alsos, G. A., Ljunggren, E., Pettersen, L. T. J. J. o. s. b., & development, e. (2003). Farm-based entrepreneurs: what triggers the start-up of new business activities? *, 10*(4), 435-443.

Beedell, J., & Rehman, T. J. J. o. r. s. (2000). Using social-psychology models to understand farmers' conservation behaviour. *16*(1), 117-127.

Carter, S., & Rosa, P. J. I. S. B. J. (1998). Indigenous rural firms: farm enterprises in the UK. *16*(4), 15-27.

Carter, S. J. E., & development, r. (1998). Portfolio entrepreneurship in the farm sector: indigenous growth in rural areas? *, 10*(1), 17-32.

de Lauwere, C., & Verhaar, K. (2002). *Het mysterie van het ondernemerschap: boeren en tuinders op zoek naar nieuwe wegen in een dynamische maatschappij*: IMAG.

Kallio, V., & Kola, J. (1999). *Maatalousyritysten menestystekijät: Aluetutkimus Etelä-Karjalassa, Etelä-Savossa ja Kymenlaaksossa*: Helsingin yliopisto.

Man, T. W., Lau, T., & Chan, K. J. J. o. b. v. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *17*(2), 123-142.

Wortman Jr, M. S. J. A. (1990). Rural entrepreneurship research: An integration into the entrepreneurship field. *6*(4), 329-344.

EL GENOTIPO, EL AMBIENTE Y SU INTERACCIÓN EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CEBADA

Miguel Angel Avila Perches[1*], Alfredo Josué Gámez Vázquez[1], Mauro Refugio Zamora Díaz[2], Rocío Edelmira Hernández Caldera[1], Francisco Paúl Gámez Vázquez[1].

[1]INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. [2]INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. *avila.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluaron ocho genotipos de cebada en cuatro ambientes. Se detectó que el genotipo sembrado fue más importante en la manifestación del rendimiento de grano, peso volumétrico y semillas espiga^{-1}. Además, que el ambiente de evaluación fue más relevante en el peso de mil semillas y en espigas m^{-2}. Asimismo se observó que Alina y Esperanza sobresalieron por su rendimiento de grano y son variedades estables

Palabras clave: *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., rendimiento, calidad física

ABSTRACT

Eight genotypes of barley were evaluated in four environments. It was detected that the seeded genotype was more important in the manifestation of grain yield, test weight and seeds per spike, In addition, that the evaluation environment was more relevant in the weight of 1000 seeds and spikes number per m^2. It was also observed that Alina and Esperanza stood out for their grain yield and are stable varieties.

Key words: *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., yield, physical quality

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la cebada es el cuarto cereal más importante, se siembran más de 49 millones de ha y se obtienen alrededor de 148 millones de t, los principales países son: la Federación Rusa, Australia, Francia, Alemania, Ucrania, España y Gran Bretaña que cosechan el 54% de la producción mundial (FAO, 2023).

En México se establecen cerca de 346,000 ha con cebada y se cosechan más de 1, 000,000 de t, de las cuales el 53 % se obtienen en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen en riego en el otoño-invierno. Los principales estados productores son Guanajuato e Hidalgo, que cosechan el 52% de la producción nacional (SIAP, 2022).

La evaluación del rendimiento en entornos que van desde condiciones óptimas a condiciones severas de estrés permiten conocer la capacidad de adaptación de los genotipos a un amplio rango de condiciones ambientales. La variación del rendimiento se atribuye al potencial productivo del ambiente y al potencial genético en interacción con el primero (Pérez *et al*., 2015). La interacción genotipo x ambiente se refiere al comportamiento diferencial de genotipos a través de condiciones ambientales variables, y es muy importante en el mejoramiento genético de los cultivos, debido a que está presente durante el proceso de selección y recomendación de genotipos (Rodríguez *et al*., 2011).

En nuestro país, hasta hace pocos años, la producción de malta para cerveza se realizaba con cebada de seis hileras en la espiga (*Hordeum vulgare* L.), porque la investigación en mejoramiento genético generó las variedades aptas para muchas regiones con distintas condiciones climáticas y resistencia a plagas y enfermedades y además con un alto potencial enzimático. No obstante en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.) para elaborar una mejor cerveza, esto, porque presentan granos más gruesos y uniformes, así como una cáscara más fina que la cebada de seis hileras (Navarrete, 2015).

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue determinar el comportamiento agronómico de ocho variedades de cebada al ser evaluadas en cuatro ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2021-2022, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32’ de latitud norte, 100°49’ de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar.

Se establecieron cuatro fechas de siembra (FS): 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre de 2021 y 15 de enero de 2022, que en lo sucesivo se mencionarán como ambientes de evaluación (A1, A2, A3 y A4 respectivamente), en cada ensayo se evaluaron 8 genotipos (G) de cebada, cinco de de seis hileras (6H): Alina, Esperanza, Estelar (OH), Doña Josefa y Monserrat (D), además de tres variedades de origen extranjero de dos hileras (2H) en la espiga: Explorer, Metcalfe y Prunella, a excepción de Monserrat que presenta grano desnudo (D) y es recomendada para la alimentación humana, los demás cultivares son de uso maltero..

Los genotipos dentro de cada ambiente (A) se manejaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se empleó una densidad de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, mientras que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3 m. Se realizó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días después de la siembra (DDS). Se fertilizó con la fórmula 180-60-00 de NPK respectivamente, para lo cual se utilizó urea y superfosfato de calcio triple, todo el fertilizante se aplicó en la siembra. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes características: Rendimiento de grano (RG), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS), número de semillas por espiga (SE) y número de espigas m^{-2} (Em^2). Con los resultados de los cuatro ambientes se realizaron análisis estadísticos combinados, para lo cual se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además se realizó un análisis de correlación de Pearson. El análisis de interacción genotipo-ambiente (IGA) se efectuó mediante el modelo de regresión de sitios (SREG), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales y se utilizó el programa GEA-R (Pacheco *et al*., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza combinados (Cuadro 1 y 2) detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación (FV) de genotipo (G) y ambiente (A), ésta última fue no significativa en semillas $espiga^{-1}$. De acuerdo con la magnitud de los cuadrados medios, la variedad fue

más importante en RG, PV y SE, asimismo, el ambiente de evaluación fue más relevante en PMS y Em^2. La interacción G X A fue significativa en PV y PMS, lo que indica que en éstas dos características, los genotipos no se comportaron de igual manera ante las variaciones agroclimáticas de los diferentes ambientes Los valores de los coeficientes de variación, se situaron en valores menores al 19 %, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados del rendimiento y calidad física de semilla de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes.

Fuente de variación	**Rendimiento de grano**	**Peso volumétrico**	**Peso de mil semillas**
Genotipo (G)	7,983,933.2**	372.7**	34.4**
Ambiente (A)	76,233,237.2**	78.1**	95.5**
G X A	626,559.4NS	20.1**	28.1**
C. V. (%) [1]	11.5	2.5	6.1

[1]C. V.: Coeficiente de variación.

[2]NS: No significativo.

* y **:Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados de dos caracteres agronómicos de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes.

Fuente de variación	**Semillas por espiga**	**Espigas m^{-2}**
Genotipo (G)	1,634.8**	72,713.0**
Ambiente (A)	103.38NS	216,219.4**
G X A	25.7NS	8,624.0 NS
C. V. (%) [1]	18.8	16.7

[1]C. V.: Coeficiente de variación.

[2]NS: No significativo.

* y **:Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Alina y Esperanza presentaron el mayor RG con 7,128 y 6,767 kg ha^{-1} respectivamente, en este aspecto cabe mencionar que Estelar (OH) mostró un RG sobresaliente, superior a 6,100 kg ha^{-1}, no obstante que es una variedad formada para temporal, se evaluó bajo condiciones de riego, porque en la región de El Bajío se produce su semilla. En ésta misma característica, los cultivares de 2H en la espiga, exhibieron los valores más bajos. En PV, el valor más alto fue para Monserrat (D), que es una variedad de grano desnudo recomendada para riego y para alimentación humana, de las variedades malteras sobresalieron Metcalfe y Alina con 66.3 y 66.2 kg hL^{-1} respectivamente, que son genotipos de 2H y 6H en la espiga respectivamente. Mientras que en PMS, el valor más alto fue para la variedad francesa Prunella, pero su promedio fue estadísticamente igual al mostrado por Monserrat (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento y calidad física de semilla de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes.

Factor de studio	**Rendimiento de grano (kg ha^{-1})**	**Peso volumétrico kg hL^{-1}**	**Peso de mil semillas (g)**
Ambiente			
1	7590.8	65.5	43.5
2	6924.1	66.6	41.2
3	5388.7	66.6	40.2
4	3584.1	64.1	38.8
DMS[1]	470.7	1.0	1.7
Genotipo			
Alina	7128.3	66.2	39.2
Esperanza	6767.5	64.1	40.7
Estelar (OH)	6155.8	65.2	41.7
Doña Josefa	5980.0	64.1	38.4
Monserrat (D)	5858.3	79.8	41.9
Prunella	5177.5	64.5	43.9
Metcalfe	5047.5	66.3	41.1
Explorer	4860.8	61.8	40.6
DMS	552.2	1.3	2.0

[1]DMS: Diferencia mínima significativa

En SE, los promedios más altos fueron para: Monserrat (D), Josefa, Esperanza y Estelar (OH), en ésta característica los genotipos de 6H presentaron valores más altos que los de 2H, mientras que estos últimos exhibieron mayores medias en Em^2 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Caracteres agronómicos de genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes

Factor de studio	**Semillas espiga^{-1}**	**Espigas m^{-2}**
Ambiente		
1	39.3	557.0
2	39.9	522.4
3	37.2	401.0
4	35.4	358.7
DMS	2.6	36.3
Genotipo		
Monserrat (D)	48.9	367.8
Doña Josefa	48.6	441.5
Esperanza	48.6	393.8
Estelar (OH)	43.2	419.6
Alina	41.6	406.3
Explorer	25.8	562.1
Metcalfe	23.9	555.6
Prunella	23.1	531.6
DMS	5.8	62.8

[1]DMS: Diferencia minima significativa

De acuerdo con el análisis de correlación de Pearson (Cuadro 5), el rendimiento de grano se relacionó positiva y significativamente con las demás características evaluadas.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características evaluadas.

	RG	PV	PMS	SE	Em^2
RG					
PV	0.27**				
PMS	0.34**	0.36**			
SE	0.38**	0.30**	-0.17		
Em^2	0.33**	-0.08	0.27**	-0.41**	

**: Significativo al 0.01 de probabilidad

El análisis de estabilidad (Figura 1) detectó que en rendimiento de grano, los dos primeros componentes explicaron el 92.5 % de la variación, asimismo ubicó como variedades estables a: Monserrat, Josefa, Metcalfe, Prunella, Alina y Esperanza, además éstas dos últimas, sobresalieron `por su RG, mientras que Explorer y Estelar son genotipos poco predecibles.

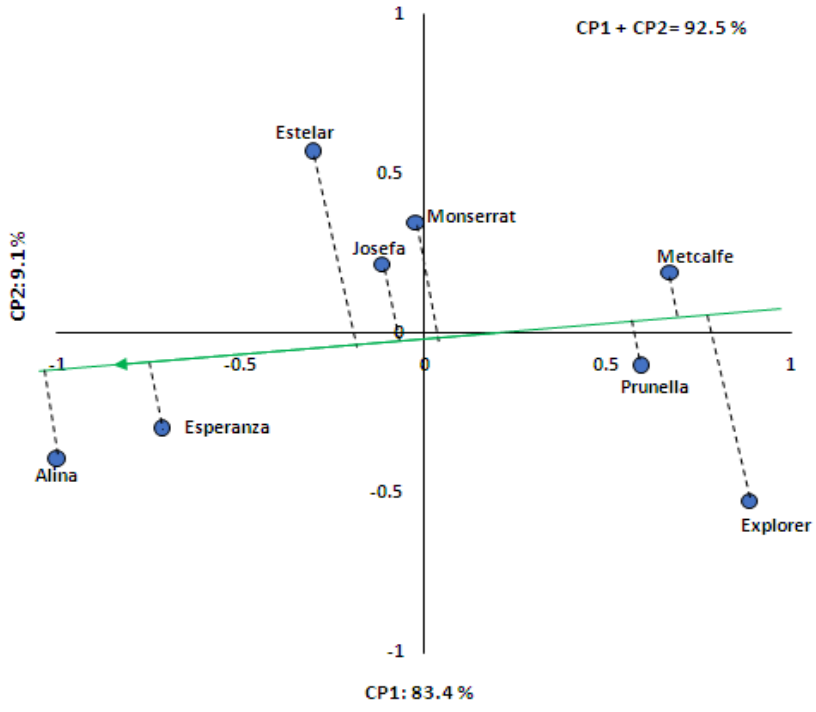


Figura 1. Estabilidad del rendimiento de grano de ocho genotipos de cebada evaluados en cuatro ambientes.

CONCLUSIONES

-El genotipo utilizado fue más importante en la manifestación del rendimiento de grano, peso volumétrico y semillas espiga^{-1}.

-El ambiente de evaluación fue más relevante en el peso de mil semillas y en espigas m^{-2}.

-Alina y Esperanza sobresalieron por su rendimiento y son variedades estables

-Monserrat (D) presentó el mayor peso volumétrico y fue sobresaliente en el peso de mil semillas.

REFERENCIAS

Navarrete R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2023. Consultado en: www.fao.org/faostat.

Pacheco A., M. Vargas, G. Alvarado, F. Rodríguez, J. Crossa, J. Burgueño, 2015. GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Versión 2.0. http://hdl.handle.net/11529/10203 International Maize and Wheat Improvement Center.

Pérez, R. J., M. Zamora D., J. Mejía C., A. Hernández L., S. Solano H., 2015. Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en El Bajío, México. Chilean J. Agric. Anim. Sci. 31(3): 12-19

Rodríguez, R. E., J. F. Ponce, E. O. Rueda, L. Avendaño, J. J. Paz, J. Santillana, M. Cruz. 2011. Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad del rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B. C., México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14: 543-558.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Consultado en: www.gob.mx/siap

EL SISTEMA PRODUCTIVO ALGODÓN (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L) EN LA COMARCA LAGUNERA,MÉXICO.

THE COTTON PRODUCTION SYSTEM (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) IN THE COMARCA LAGUNERA REGION, MEXICO.

Ignacio Orona-Castillo[1*], Cirilo Vázquez Vázquez[1], José de Jesús Espinoza Arellano[2], Janely Negrete Olvera[1], Elizabeth Zúñiga Valenzuela y Apolinar González Mancilla[1].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango.

[2] Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C), Torreón, Coahuila.

Email: orokaz@yahoo.com

RESUMEN

La Comarca Lagunera se ha caracterizado por ser una zona algodonera; sin embargo, en los últimos años -2005 al 2021- la superficie sembrada disminuyó 37.3 % y la producción se ha concentrado en cinco municipios de los que San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero concentran el 82 %; ante esta situación este estudio tiene como objetivo caracterizar el sistema de producción algodonero para ver la tendencia que seguirá en la región, teniendo como hipótesis que productores con mayores superficies (recurriendo a la renta y compra de tierras y derechos de agua para ello) obtienen mayores rendimientos y presentan menor incidencia de plagas y enfermedades. Para hacer el estudio se utilizó el muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 95 % para determinar el número de productores a los que se aplicó una encuesta que comprendió aspectos técnicos y organizativos del manejo del algodón, aplicada de julio de 2021 a febrero de 2022 en los municipios de San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero Coahuila. Los resultados muestran que los productores con mayores superficies son más jóvenes y obtienen los mayores rendimientos y menor incidencia de plagas, y que a mayor superficie la renta de tierras y agua aumenta, concluyéndose que la tendencia del cultivo en la Comarca Lagunera es sembrarse con tierras y derechos de agua rentados, observándose que ha dejado de ser un cultivo de minifundio y están surgiendo plantaciones de algodón que rebasan las 150 ha.

Palabras clave: Tecnología de producción, plagas y enfermedades, renta de tierra y agua.

ABSTRACT

The Lagunera Region has been characterized as a cotton área; however, in recente years (2005 to 2021) the planted área decreased by 37.3 % and production has been concentrated in five municipalities, of which San Pedro de las Colonias and Francisco I: Madero concéntrate 82 %; faced with this situación, this study aims to characterize the cotton production system to see the trend that will continue in the región, taking as a hypothesis that producers with larger áreas (using rent and purchase of land and water rights for it) obtain greater yields and habe a lower incidence of pests and diseases. To carry out the study, simple random sampling was used with a confidence level of 95 % to determine the number of producers to whom a survey was applied that included technical and organizational aspects of cotton management, applied from july 2021 to february 2022 in the municipalities of San Pedro de las Colonias and Francisco I. Madero Coahuila. The results show that the producers with larger áreas are younger and obtain the highest yields and lower incidence of pests, and that the larger the área, the rent of land and water increases, concluuding that the tendency of cultivation in the Comarca Lagunera is to plant with land and rented water rights, noting that it has ceased to be a smallholding crop and cotton plantations that exceed 150 ha are emerging.

Keyords: Production technology, pests and diseases, land and water rent.

INTRODUCCIÓN

En el ciclo agrícola 2022 se cosecharon en México 157,993 ha, siendo el estado de Chihuahua el que mayor superficie sembró, participando con 118,059 ha, seguido por Baja California Norte con 13,522; Coahuila con 11,391; Tamaulipas con 10,847 ha; Sonora con 2,635 ha, y Durango con 1,539 ha. En cuanto a su rendimiento en este ciclo, el mayor rendimiento lo obtuvo Coahuila con 5.509 toneladas por hectárea de algodón en hueso, seguido por, Chihuahua y Durango con 5.471 y 5.208 ton/ha respectivamente (SIAP, 2023). La Comarca Lagunera se ha caracterizado siempre por ser una zona algodonera; sin embargo, en los últimos años la superficie sembrada ha venido disminuyendo por diversas causas. Con base a los datos estadísticos reportados por el SAGDER (2022) la superficie sembrada y cosechada en esta región disminuyó 37.3 % mientras la producción lo hizo en 35.3 %, concentrándose el 82 % de la superficie sembrada en dos municipios, situación que motivó la realización de este estudio que tiene por objetivo caracterizar el sistema de

producción algodonero y mediante una estratificación de productores identificar las diferencias en rendimientos y problemas fitosanitarios entre estos para determinar el nivel de producción obtenida por estratos de productores y problemas fitosanitarios que enfrentan en su cultivo, teniendo como hipótesis las siguientes: los productores con mayor superficie de algodón obtienen mayores rendimientos y presentan menor incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, y que mayores superficies sembrada con algodón son posibles por la existencia de renta de derechos de tierra y agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio queda comprendida en la región llamada Comarca Lagunera, ubicada en el centro-norte de México. El clima de esta zona, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (Cháirez y Palerm, 2013), corresponde a BWhw" (e´), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semi cálido con invierno fresco, con una temperatura media anual entre 18 y 22 ºC, y del mes más frío menor a 18 ºC, con una precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales.

El estudio se concentró en despepitadoras enclavadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila, que concentraron ese año el 83 % de la superficie sembrada con algodón.

De un universo muestral de 580 productores de algodón, registrados en despepitadoras ubicadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila se determinó el tamaño muestra, aplicando para ello la siguiente fórmula estadística aportada por Stephen and William (1996), habiéndose estimado un tamaño de muestra de 80 productores.:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

Establecido los valores adecuados, se procedió a realizar la sustitución de estos y se aplicó la fórmula para obtener el tamaño de la muestra poblacional, que fue de 80. Para realizar la caracterización de productores se dividió la muestra en tres estratos: el primero comprendió los que sembraron hasta cinco hectáreas, llamándoles pequeños productores;

el segundo a los que sembraron entre 5.1 y 25 hectáreas, llamándoles medianos productores, y el tercer grupo a los productores que sembraron superficies mayores a 25 hectáreas, llamándoles grandes productores. De acuerdo con dicho criterio, 28 % de los productores de algodón quedan clasificados como pequeños; 32 % como medianos, y 20 % como grandes productores.

Los datos se obtuvieron de una encuesta integrada por 41 preguntas contestadas por los dueños de las unidades de producción algodoneras; dicha encuesta contuvo información sobre aspectos técnicos del cultivo y aspectos de organización y apoyo al productor. Esta etapa comprendió del mes de junio de 2022 hasta el mes de enero del 2023. Revisada la información de los cuestionarios se procedió a su captura, utilizando para ello el Programa Microsoft Excel, en donde fue procesada para su análisis. Mediante esta herramienta se calcularon para cada una de las unidades de producción los valores de las variables involucradas a nivel global y para cada uno de los estratos de productores definidos, habiéndose hecho el análisis comparativo correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Edad del productor y número de años dedicados al cultivo

El promedio de edad identificado entre los dedicados a este cultivo ascendió a 56 años, con una edad mínima de 26 años y una máxima de 85. Para el caso de los pequeños, medianos y grandes productores el promedio de edad fue de 61,57 y 50 años respectivamente, advirtiéndose que los grandes productores son más jóvenes en general.

En un estudio realizado para la Comarca Lagunera por Ávila G., *et al.,* (2017) la edad promedio de los productores dedicados al algodón fue de 60.4 años y la mínima de 31; comparando aquellos y los resultados obtenidos se infiere que los productores de más edad se han ido retirando del cultivo, y que cada vez ingresan como productores de algodón personas más jóvenes, pues para el 2021 se reporta la edad más joven de 26 años.

Nivel educativo de los productores de algodón

El estudio encontró que la proporción de productores por nivel educativo prevaleciente a nivel general es la educación primaria. El sector con mayor proporción de productores que poseen mejor nivel de estudio está en los grandes productores.

Para el estudio de línea base realizado por FAO (2016) para Bolivia, se reporta que el 11 por ciento de los productores de algodón no saben leer ni escribir, mientras que en la zona de estudio que nos ocupa este valor ascendió al tres por ciento.

A nivel de la Comarca Lagunera destaca el hecho de que cuatro de cada diez productores cuenten con un nivel de estudios superior al de la educación preparatoria, donde la mayor proporción son egresados del área de agronomía.

Financiamiento a la producción algodonera

La proporción de productores de algodón que no recibieron financiamiento para el cultivo en el ciclo 2021 fue del 14, 19 y 25 por ciento para los pequeños, medianos y grandes. El resto utiliza recursos propios o a través de la despepitadora a la que están agremiados, advirtiéndose que a mayor tamaño de superficie prescinden más de este apoyo. El financiamiento recibido a través de la despepitadora ésta lo administra y como es aquí donde los productores despepitan el algodón, lo empacan y lo almacenan para su venta, una vez que lo venden se hace la liquidación al productor.

Relativo al tema financiamiento a productores de algodón, para 2020 en la República Argentina, según el diario Argentino en línea INFOBAE (2020) reportó que el 50 por ciento del área sembrada con el cultivo requerían del mismo para finalizar su cosecha, lo que indica que existe mejor apoyo en este rubro para los productores de la Comarca Lagunera que para aquellos productores.

Pérdidas de algodón en la cosecha

De acuerdo a la información proporcionada por los productores encuestados, el 98 por ciento de ellos cosecha su algodón de manera mecánica, pero a nivel general la pérdida de algodón en hueso al momento de la cosecha asciende al 7 por ciento del total, que equivaldría a 400 kilos del rendimiento promedio global reportado, que es de 5726

kilogramos. Los porcentajes de cosecha mínimo y máximo reportados como pérdida oscilan entre 2 y 30 por ciento.

La razón de no pepenar el algodón es porque se paga más por cosecharlo manualmente que lo que van a recuperar en términos monetarios. Además, como no hay diferencia en el precio que reciben por el algodón cosechado mecánica y manualmente, no se incentiva la cosecha manual. Por lo anterior se acabó el dicho de que "el cultivo del algodón es de importancia social por generar muchos empleos en la cosecha del mismo." La Revista Argentina Amanecer Rural (2018) reporta pérdidas por cosecha mecánica de algodón excesivamente maduro de entre 215 a 321 kg/ha, menor al reportado en este estudio.

Tendencia de la superficie sembrada con algodón en la Comarca Lagunera

La superficie destinada al cultivo del algodón, ha venido disminuyendo a causa de la inestabilidad del precio en el mercado internacional, a los altos costos de producción que enfrenta y al problema de la alta incidencia de plagas; lo que ha ocasionado una mayor oferta de tierras y derechos de agua en renta o venta suficientes para que productores con más condiciones económicas adquieran dichos recursos para sembrar superficies más grandes del cultivo y ello lo haga atractivo y rentable, de tal manera que lo que este estudio identificó es que del total de superficie sembrada con algodón, un 70 % de la superficie se hace en terrenos y derechos de agua rentados.

Por estratos de productores pequeños, medianos y grandes la proporción de superficies sembradas con derechos rentados fueron del, 47.7, 77 y 69.2 % de la superficie sembrada. Puede afirmarse entonces, la tendencia del cultivo a ser producido cada vez más en tierras y derechos de agua rentados y/o comprados.

Plagas y agroquímicos utilizados en el cultivo de algodón

Aun cuando se utilizan semillas transgénicas que hacen posible una menor presencia de plagas, las mayormente registradas fueron: Picudo (*Anthonomus grandis)*, Conchuela (*Chlorochroa ligata*) y Mosca blanca *(Bemisia tabaci)* reportadas en el 69, 49 y 25 % de los predios, respectivamente.

La presencia de Picudo y Conchuela es mayor en los predios pequeños; mosquita blanca predomina en los grandes, y Gusano soldado y Pulgón solo en los medianos productores. De acuerdo a SAGARPA (2012), el Picudo del algodonero es la plaga de mayor importancia que afecta la producción de algodón debido a su capacidad de dispersarse, pues se transporta fácilmente dentro de los frutos como huevo, larva, pupa o adulto.

Enfermedades y su control

La presencia de enfermedades reportadas se concentra en problemas de Pudrición texana (*Phymatotrochopsis omnívora*), causada por el hongo *Phymatotrichum omnivorum*.

Otra enfermedad reportada es el Verticillium, causada por el hongo *Verticillium dahliae* y favorecida por alta humedad y temperaturas relativamente bajas (20 a 25 grados centígrados) en el suelo, reportada por el 4 % de los productores, para cuyo control utilizan el Pointer a razón de 1.5 l/ha.

La viruela causada por el hongo *Puccinia cacabata* se presenta en el uno por ciento de los productores encuestados. Estas enfermedades se presentan también para el Estado de Chihuahua, donde además se reporta la Secadera temprana, causada por *Rhizoctonia solani,* (Panorama Agropecuario, 2021).

Rendimiento y forma de cosechar el algodón en hueso

El rendimiento promedio de algodón en hueso reportado fue de 5.726 toneladas por hectárea; sin embargo, los valores máximo y mínimo registrados fueron de 7.5 y 3 toneladas, respectivamente.

A nivel de pequeños, medianos y grandes productores, los rendimientos encontrados por este estudio en la Comarca Lagunera fueron de 5275, 5923 y 6042 kg por hectárea, respectivamente, lo que significa que a mayor superficie destinada al cultivo mejor manejo tecnológico del cultivo existe, confirmándose así la hipótesis planteada por este trabajo. La forma predominante de cosechar es mecánica por el 63 % de los productores; mecánica y manual, por el 35 % (sólo manual en bordos y cabeceras de las parcelas), y de forma completamente manual con mano de obra familiar, el dos por ciento.

Factores que limitan la siembra de algodón

Al preguntar sobre los factores que limitan la siembra del algodón, éstos fueron diversos y numerosos, prevaleciendo los altos costos de producción y falta de financiamiento a insumos; la falta de tierras con derechos de agua, ausencia de apoyos que incentiven la producción de algodón, y la incertidumbre en los precios internacionales del algodón.

Sin embargo, al preguntarles sobre si estarían dispuestos a seguir cultivando algodón, sólo el nueve por ciento afirmo que no, debido a que no dispone de suficientes tierras y agua para ello; otra respuesta fue por ser un cultivo altamente riesgoso en los precios de mercado, además de ser un cultivo con altos costos de producción que no puede sufragar.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas por este estudio, las principales conclusiones y recomendaciones derivadas, se presentan a continuación:

Existe la tendencia a que los productores de algodón clasificados como pequeños sean los de mayor edad y los productores con superficies más grandes los más jóvenes, lo que indica una transición generacional del cultivo del algodón en la Comarca Lagunera. Esta situación, sumada a la mayor preparación académica que se presenta en el estrato de los grandes productores propicia una mayor capacidad de competencia productiva, lo que impactaría positivamente al sistema productivo.

Respecto a los rendimientos obtenidos por hectárea por estrato de productor, se encontró que a mayor superficie sembrada mayor es el rendimiento alcanzado y menores los problemas fitosanitarios enfrentados, lo que confirma las hipótesis planteadas. Las razones de ello serían el mayor cuidado y oportunidad que se da al manejo del cultivo.

La tendencia del cultivo de algodón en la Comarca Lagunera es a ser sembrado con tierras y derechos de agua rentados, pues sembrarlo en pequeñas superficies resulta difícil por los altos costos de producción que registra; observándose que ha dejado de ser un cultivo de minifundio y están surgiendo plantaciones de algodón que rebasan las 150 ha. Este hallazgo confirma la hipótesis inicial planteada por este estudio.

La situación que presenta el sistema de producción es su alta dependencia del precio internacional. Esta dependencia debe solventarse mediante la participación gubernamental como apoyos en coberturas de precio al productor, mayores facilidades crediticias, servicios

de almacenes de depósito para el reguardo de la fibra, y un pago inmediato para tener liquidez para pagar créditos y mantener su capacidad de operación; es urgente la generación de políticas públicas que se ocupen de cumplir estas necesidades.

REFERENCIAS

Amanecer Rural (2018). http://amanecerrural.com.ar/es/nota_tecnica/03286-evaluacion-de-perdidas-por-cosecha-mecanica-en-algodon

Ávila G. R., Cano R. P., Orona C. I., Espinoza A. J.J. y Ramírez, S. R. 2017. Establecimiento de la línea base para la evaluación del impacto técnico y socioeconómico de la campaña contra plagas reglamentadas del cultivo del algodonero (Gossypium hirsutum) en el estado de Coahuila, México. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol 4, pp. 720-731

Cháirez, A. C. y Palerm, V. J. 2013. Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo III San Jacinto en el Distrito de Riego 017, Durango, México. En: Tecnología y Ciencias del Agua, vol IV, núm 4., septiembre-octubre, 2013, pp. 19-46.

FAO, 2016. Fuente: Estudio de caracterización de sistemas producivos e indicadores de sostenibilidad. Bolivia. FAO 2016.

INFOBAE, 2020. https://www.infobae.com/campo/2020/05/01/productores-de-algodon-buscan-financiamiento-para-finalizar-la-cosecha/

Panorama agropecuario, 2021. https://panorama-agro.com/?page_id=1639#:~:text=Entre%20las%20enfermedades%20m%C3%A1s%20importantes%20en%20esta%20regi%C3%B3n,verticilium%2C%20pudrici%C3%B3n%20texana%20y%20la%20viruela%20del%20algodonero

SAGARPA (2012). https://www.gob.mx/agricultura/articulos/algodon-hueso-produccion-y-lucha-contra-el-picudo-y-gusano-del-algodonero?idiom=es#:~:text=1%20Picudo%20del%20algodonero%3A%20es%20la%20plaga%20de,al%20alimentarse%20de%20los%20estambres%20y%20el%20polen

SAGDER (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).

SIAP, 2023. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas de la producción agopecuaria y su valor. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp

Stephen, I. and William, B. M. 1996. Handbook in Research and Evaluation. A collection of principles, methods, and strategies useful in planning, design and evaluation studies in educational and behavioral sciences. Second edition. Edits Publishers. San Diego California. USA.

EFECTO DEL ÁCIDO Y SUB-SOLEO EN EL CONTENIDO DE FÓSFORO ASIMILABLE DE UN SUELO CALIZO DE YUCATÁN CULTIVADO CON DOS MATERIALES DE MAÍZ

Jorge Humberto Ramírez Silva[1], Alejandro Cano González[1]* y Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez[1]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: cano.alejandro@inifap.gob.mx

RESUMEN

El rango de pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6.0-7.0. Cuando los valores de pH en el suelo son básicos o alcalinos como es el caso de la Península de Yucatán, se puede reducir la disponibilidad del (H_2PO_4-) porque puede haber precipitación al reaccionar con cationes como el calcio (Ca++) o magnesio (Mg++). Se han documentado deficiencias en diferentes suelos de Yucatán incluyendo a los rojos *Luvisoles ródicos* que además de presentar problemas nutricionales enfrentan problemas de compactación debido a su uso intensivo con maíz. Sin embargo, se desconoce, a ciencia cierta, los beneficios al aplicar ácidos agrícolas y del sub-soleo en la disponibilidad del P. En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de ácido sulfúrico y sub-soleo en la concentración de P en un suelo *Luvisol ródico* cultivado con maíz variedad *Chichen Iza* (Nukuch Nah) y el *Híbrido H-443A*.Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos y los contenidos de P-Olsen comparados con los rangos de la Norma Oficial Mexicana estuvieron por arriba de los rangos medios de 5.5 a 11 ppm. En *Chichen* se observa un aumento importante de P al aplicar ácido, obteniendo el más alto nivel (44.4ppm) al no sub-solear (T4). Sin ácido y sub-soleo (T1) se obtiene el nivel más bajo de P en *Chichen.* Contrario a lo que pasó en Chichen, en el *Híbrido* el ácido disminuyó los contenidos de P, pero con la misma tendencia que el Chichen, al obtener contenidos de P más bajos con el sub-soleo. El sub-soleo por sí mismo, sin aplicación de ácido, puede reducir el P de un 19% (*Híbrido*) a 25% (*Chichen*). Es probable que el sub-soleo este activando pérdidas por lixiviación a horizontes profundos ya que esta práctica aumenta la infiltración hídrica.

Palabras clave: *Luvisol ródico, deficiencias, nivel crítico, compactación, pH*

ABSTRACT

The optimum pH for maximum phosphorus availability is 6.0-7.0. When pH values are alkaline, as in Yucatan soils, the available $H_2PO_4^-$ can be reduced when P precipitates when reacting with calcium (Ca++) or magnesium (Mg++). Deficiencies have been documented in different soils of Yucatan, including the red *rhodic Luvisols*, which, in addition to presenting P problems, face compaction constraints due to intensive use with corn. However, the benefits of applying agricultural acids and sub-soiling on the availability of P are unknown. In this work, the effect of sulfuric acid and sub-soiling on the concentration of P in a *rhodic Luvisol* cultivated with maize variety *Chichen Iza* (Nukuch Nah) and the Hybrid *H-443A* was assesed. Statistical differences were found between treatments and the P-Olsen contents as compared to the Official Mexican Standard were above the average ranges of 5.5 to 11ppm. In *Chichen*, a significant increase in P was observed with acid, and the highest level (44.4ppm) was with no sub-soiling (T4). No acid but sub-soiling (T1) had the lowest level of P in *Chichen* (19.80 ppm). In contrast, in the Hybrid the acid decreased the P contents, but with the same trend as *Chichen*, with lower P when sub-soiling. Subsoiling itself, without acid application, can reduce P from 19% (Hybrid) to 25% (Chichen). Subsoiling can induce P losses by leaching since this practice increases the water infiltration.

Keywords: *rodic Luvisol, deficiencies, critical level, compaction, pH*

INTRODUCCIÓN

Tanto en suelos ácidos como alcalinos, la disponibilidad del fósforo (P) se ve amenazada al formarse compuestos poco solubles. En suelos ácidos el fósforo tiende a reaccionar con aluminio, hierro y manganeso, mientras que, en suelos alcalinos, la fijación dominante es con el calcio. El pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6.0-7.0. Las raíces absorben el fósforo principalmente en forma de ion orto-fosfato primario (H2PO4-), o como orto-fosfato secundario (HPO4--). El pH influye fuertemente en las cantidades que la planta puede absorber. Alta alcalinidad puede disminuir la disponibilidad del (H2PO4-) ya que el P reacciona con el calcio (Ca++) o magnesio (Mg++) para formar fosfatos poco solubles (Fernández, 2007).

Por lo menos 38 países tropicales del mundo han reportado deficiencias importantes de P. En áreas de pastoreo intensivo en Quintana Roo se encontraron deficiencias en suelos:

Luvisol rodico (Kan kab), *Luvisol cromico* (Yaax hom), *Vertisoles* (Ak´alche) y *Leptosoles rendzicos* (Pus lu´um) con cantidades fluctuantes de 1.40-1.79, 1.61-2.07, 2.18-2.81 y 3.6-4.24 ppm para cada suelo respectivamente (Ramírez et al., 2012) enfrentando una deficiencia importante al compararlos con el rango de Clase Media de 5.5-11 ppm (método Ólsen) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002).

Por otra parte, los suelos rojos arables *Luvisoles ródicos*, de Yucatán, en adición a su origen alcalino, presenta problemas de compactación física debido a más de 30 años de uso intensivo cultivándolos con maíz; y hasta el momento se desconoce, a ciencia cierta, cuáles serían los beneficios de la aplicación de ácidos agrícolas y del sub-soleo en la disponibilidad de nutrientes esenciales como el P. El efecto negativo de la compactación del suelo es un problema que se ha venido argumentando principalmente en campos de maíz como los de la franja maicera de la Frailesca, Chiapaneca (López Baez et al., 2018).

En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de ácido y sub-soleo en la concentración de P en un suelo *Luvisol ródico* de Yucatán cultivado con maíz variedad *Chichen Iza* (**Nukuch Nah**) y el Híbrido *H-443A*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ciclo Otoño-invierno 2022/2023 bajo condiciones de riego en el Sitio Experimental INIFAP-UXMAL en el sur del estado de Yucatán en un suelo rojo *Luvisol ródico.*

Se evaluaron dos materiales genéticos establecidos con 56 plantas ha^{-1}: variedad Chichen Itza **(Nukuch Nah)** y el Híbrido comercial **H-443A**, ambos de grano amarillo, sometidos a los siguientes ocho tratamientos: T1 = Sin Ácido + Sub-soleo + Chichen, T2 = Sin Ácido + No Sub-soleo + Chichen, T3 = Con Ácido + Sub-soleo + Chichen, T4 = Con Ácido + No Sub-soleo + Chichen, T5 = Sin Ácido + Sub-soleo + Híbrido, T6 = Sin Ácido + No Sub-soleo + Híbrido, T7 = Con Ácido + Sub-soleo + Híbrido y T8 = Con Ácido + No Sub-soleo + Híbrido.

El sub-soleo se realizó con arado vertical de cincel a 40 cm de profundidad. Se realizó una fertilización base con Fosfato Diamónico (18 N-46 P_2O_5-00 K_2O) enterrado a 10 cm del tallo. Los riegos por goteo se realizaron todos los días con aplicaciones de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%, calidad agrícola, dos veces por semana.

Los tratamientos se distribuyeron en Bloques Completamente al Azar con dos repeticiones haciendo una muestra compuesta de suelo, por cada tratamiento, proveniente de seis sub-

muestras del mismo número de plantas con competencia completa a las que se les determinó el contenido de P asimilable por método Olsen (ppm) de acuerdo a laboratorios Phytomonitor (2022). Las muestras se tomaron de la rizósfera de las plantas muestreadas. Los resultados se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA) y Comparación de Medias (Tukey a 0.05) usando el programa Statgraphic. Las medias se compararon con los niveles de referencia dados por la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002) en donde se clasifican de acuerdo a las clases como Bajo: <5.5 ppm, Medio: 5.5-11 ppm y Alto > 11 ppm de acuerdo al método de extracción Olsen empleado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fosforo asimilable del suelo (ppm)

Los contenidos de P asimilable (ppm) provenientes de la rizósfera del maíz *Chichen Itza* e *H-443A* se muestran en la Figura 1 y 2 respectivamente. En consideración a los niveles Medios de 5.5 a 11 ppm, propuestos para la extracción por método Olsen, se observa que, en ambos materiales genéticos, todos los tratamientos estuvieron arriba del rango óptimo.

Sin embargo, en el *Chichen* se observa un aumento importante de P al aplicar ácido, obteniendo el más alto nivel (44.4ppm), al no sub-solear (T4). No aplicar ácido, pero sub-solear (T1) implicó tener el nivel más bajo de P en *Chichen*. En sentido contrario, aplicar ácido en el *Híbrido* fue en detrimento, pero con la misma tendencia que el *Chichen*, de obtener contenidos de P más bajos con el sub-soleo independientemente de la aplicación del ácido. El sub-soleo por sí mismo, sin aplicación de ácido, puede reducir el P de un 19% (*Híbrido*) a 25% (Chichen). Es probable que el sub-soleo este activando pérdidas por lixiviación a horizontes profundos ya que esta práctica implica también aumentar los niveles de infiltración hídrica.

El ácido sulfúrico en el suelo puede solubilizar compuestos con hierro y cinc, así como Mn, Ca y P, al disminuir el pH, incrementando su disponibilidad para las plantas. También puede mejorar la estructura e infiltración (Overstreet et al., 1951). Sin embargo, la solubilidad de varios elementos puede provocar efectos antagónicos (Mengel y Kirkby,1987). Una estrategia de manejo apropiada tiene que ver con el conocimiento detallado de las propiedades físicas y químicas porque de no hacerlo se pueden agudizar los problemas de nutrición de las plantas.

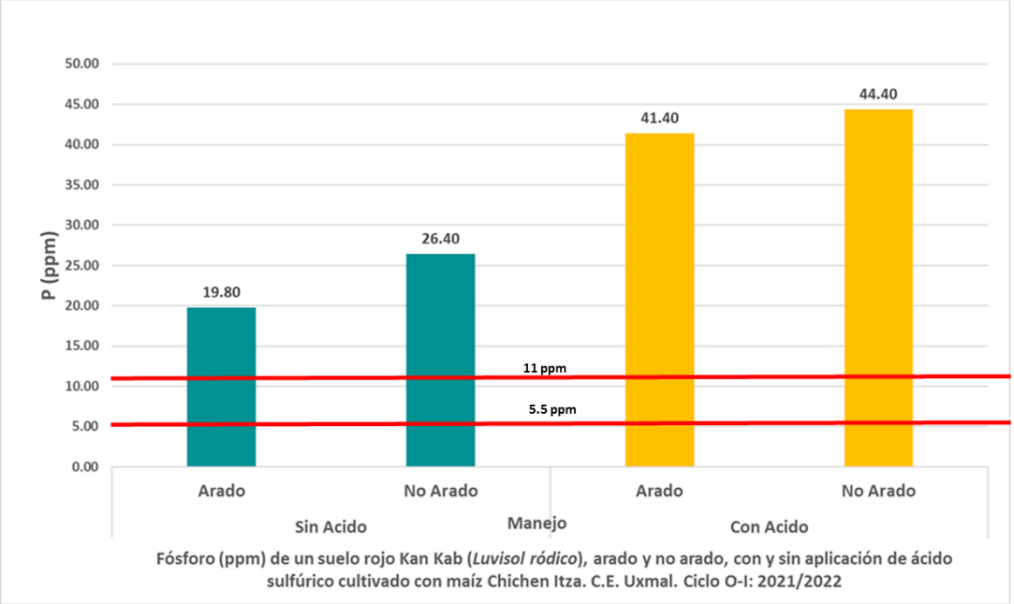


Figura 1. Contenido de P asimilable (ppm) en un suelo *Luvisol ródico* proveniente de la rizósfera de maíz variedad *Chichen Itza* (**Nukuch Nah**) con tratamiento ácido y sub-soleo

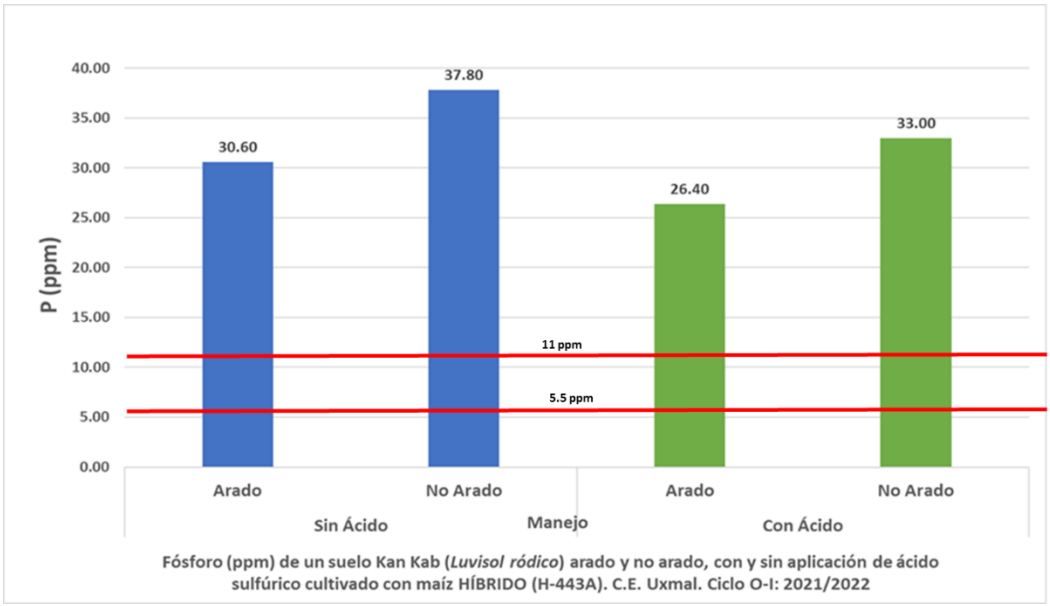


Figura 2. Contenido de P asimilable (ppm) en un suelo *Luvisol ródico* proveniente de la rizósfera de maíz Híbrido *H-443A* con tratamiento ácido y sub-soleo

Análisis estadístico

El ANOVA de los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas con una *p* de 0.03. En el Cuadro 1 se observa la comparación de medias de tratamientos y el agrupamiento de acuerdo a las cantidades de P en el suelo y que son estadísticamente semejantes. Sobresale el T4 (letra E) relacionado Con Ácido + No sub-soleo con la Variedad *Chichen Itza* que con 44.4 ppm de P, en la rizósfera, forma un solo grupo preponderante. En contraste está el extremo T1 (19.8 ppm) Sin Ácido + Sub-soleo, igual con la Variedad *Chichen Itza (*letra A)*.*

Cuadro 1. Comparación de medias de contenidos P asimilable (ppm) en tratamientos relacionados con la aplicación de ácido y sub-soleo en dos materiales de Maíz

TRATAMIENTOS	*Media*	*Grupos Homogéneos*
T1 (Sin A) + (Sub) + Chichen	19.8	A
T7 (Con A) + (Sub) + Híbrido	26.4	AB
T2 (Sin A) + (No Sub) + Chichen	26.4	AB
T5 (Sin A) + (Sub) + Hibrido	30.6	ABC
T8 (Con A) + (No Sub) + Híbrido	33.0	ABCD
T6 (Sin A) + (No Sub) + Híbrido	37.8	BCD
T3 (Con A) + (Sub) + Chichen	41.4	CD
T4 (Con A) + (No Sub) + Chichen	44.4	E

Los demás tratamientos, comparten de una u otra forma similitudes estadísticas como es el caso de los T1, T7, T2, T5 y T8 con la misma letra A; los T7, T2, T5, T8 y T6 con la letra B; los T5, T8, T6 y T3 con letra C; los T8, T6 y T3 con letra D.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos y los contenidos de P-Olsen comparados con los rangos de la Norma Oficial Mexicana estuvieron por arriba de los

rangos medios de 5.5 a 11 ppm. En *Chichen* se observa un aumento importante de P al aplicar ácido, obteniendo el más alto nivel (44.4ppm) al no sub-solear (T4). Sin ácido y sub-soleo (T1) se obtiene el nivel más bajo de P en *Chichen.* Contrario a lo que pasó en Chichen, en el *Híbrido* el ácido disminuyó los contenidos de P, pero con la misma tendencia que el Chichen, al obtener contenidos de P más bajos con el sub-soleo. El sub-soleo por sí mismo, sin aplicación de ácido, puede reducir el P de un 19% (*Híbrido*) a 25% (*Chichen*). Es probable que el sub-soleo este activando pérdidas por lixiviación a horizontes profundos ya que esta práctica aumenta la infiltración hídrica.

REFERENCIAS

-Fernández, María Teresa. 2007. Fósforo: amigo o enemigo ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XLI, núm. 2, 2007, pp. 51-57 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Ciudad de La Habana, Cuba

-López Báez, W., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., Camas Gómez, R., y Tasistro, A. 2018. Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *9*(1), 65-79.

-Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute. P.O. Box. Ch-3048 Worblaufen-Bern. Switzerland

-Overstreet, R., J. C. Martin y H. M. King. 1951. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming and alkali soil of the fresno series. Hilgardia 21: 113-127.

-Phytomonitor. 2022. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

-Ramírez-Silva, J.H., Cabrera-Torres, E.J. y Sosa-Rubio, E.E. 2012. Contenido de fósforo en suelos y forrajes en áreas ganaderas de Quintana Roo México. VII Reunión Nacional de Innovación Agrícola. Memoria. Queretaro; 10-13 sept. 2012. p 149.

-SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial.

EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE MELÓN

Gallegos-Robles, Miguel Ángel[1]*; Balderas-Salazar, Candelario[1]; Luna-Ortega, J. Guadalupe[2]; González-Salas, Uriel[1]; García-Gracia, David Antonio[1]; García-de la Paz, Nery Cecilia[1].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35, garoma64@hotmail.com

[2]Universidad Politécnica de la Región Laguna, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila.

RESUMEN

La producción de hortalizas ha representado una gran importancia para la región lagunera, tanto en derrama económica como en fuente de empleo. El cultivo del melón ha ido ganando importancia en cuanto a la superficie sembrada año con año, debido a su demanda en países europeos. Gracias a esto se han estado utilizando fuentes de nutrición que mantengan el sistema productivo más sustentable. En este trabajo de investigación se probaron tratamientos con bacterias promotoras de crecimiento vegetal, con la mitad de la dosis química recomendada. Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones. El objetivo fue evaluar efecto de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal en la calidad y producción del cultivo de melón. Se encontró que el tratamiento (T7), el que contenía la combinación de *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*, generó mejores valores en las variables: número de frutos (NF), rendimiento (REND), diámetro ecuatorial (DE) y grados brix (GB). Por lo cual se considera seguir utilizando PGPR con la finalidad de aportar nutrientes en la producción agrícola.

Palabras clave: sustentable**,** bacteria, fertilizante, PGPR.

ABSTRACT

The production of vegetables has been of great importance for the laguna region, both in economic benefits and as a source of employment. Melon cultivation has been gaining importance in terms of planted area year after year, due to its demand in European countries. Thanks to this, they have been using nutrition sources that maintain the most sustainable production system. In this research work, treatments with plant growth-

promoting bacteria were tested, with half the recommended chemical dose. A randomized block experimental design with 10 treatments and three repetitions was used. The objective was to evaluate the effect of plant growth promoting bacteria on the quality and production of the melon crop. It was found that the treatment (T7), which contained the combination of *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilensis*, generated better values in the variables: number of fruits (NF), yield (REND), polar diameter (DP) and brix degrees (GB). Therefore, it is considered to continue using PGPR to provide nutrients in agricultural production.
Key words: sustainable, bacteria, fertilizer, PGPR.

INTRODUCCION

Con el incremento en la población mundial ha aumentado la demanda de alimentos y así mismo la demanda de fertilizantes químicos los cuales no solamente son costosos sino también contaminantes. La producción de melón en México pasó de 543 mil a 564 mil toneladas entre 2015 y 2016, con lo que aumentó la disponibilidad de este producto para consumo interno y exportaciones (Wu *et al*., 2011). Este producto se cultiva en una superficie de 20 mil hectáreas en 22 entidades del país, con un promedio de producción en los últimos cuatro años de 546.7 mil toneladas a nivel nacional (SAGARPA, 2017).

La producción agrícola actual cuenta con problemas en el consumo de agua, fertilizantes y pesticidas, por ello requiere de estrategias en donde estos insumos se reduzcan, para asegurar el rendimiento vegetal a un costo más bajo, sin deterioro de la fertilidad del suelo; existe una alternativa que considera el uso de Rizobacterias, aquellas que asociadas a las raíces de las plantas mejoran, estimulan y facilitan el sano desarrollo de la planta a dosis inferiores de fertilizantes nitrogenado, fosforado u otros necesarios para un rendimiento rentable. Estas bacterias asociativas son consideradas promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) por su capacidad para estimular directamente el crecimiento de las plantas, a través de mecanismos como fijación biológica de nitrógeno, producción de sustancias reguladoras de crecimiento, solubilización de minerales y nutrientes, incremento en el volumen de la raíz e inducción de resistencia sistémica a patógenos (Boddey, 1995). El objetivo del presente trabajo fue: evaluar tres bacterias promotoras de crecimiento vegetal (*Azospirillum brasilensis, Bacillus subtilis* y *Bacillus velezensis*) y un hongo (*Trichoderma spp*) y combinaciones de éstas, en el rendimiento y calidad de los frutos de melón.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el área agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Dgo en el km 30 de la carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, Dgo., ubicada en la comarca lagunera, geográficamente en el paralelo 25°46' 56" de latitud norte y 103° 21' 02" de longitud oeste, con una altitud de 1110m sobre el nivel del mar. Se utilizó la dosis recomendada para el cultivo del melón 120-80-00, para el tratamiento testigo. En los demás tratamientos en los que se utilizaron bacterias promotoras de crecimiento se utilizó la mitad de la formulación química recomendada. La preparación de las soluciones con los microorganismos (bacterias y hongo), se realizó un día antes del trasplante, a una concentración de $1x10^7$ por mililitro de cada microorganismo. Las cepas utilizadas fueron *Bacillus velezensis* (BV)*, Bacillus subtilis* (BS)*, Azospirillum brasilensis* (AZ) *y Trichoderma spp* (HT)*.* La inoculación de las bacterias se realizó por inmersión del sistema radicular en la solución durante 5 segundos antes del trasplante. Para evaluar los efectos benéficos de nutricionales de las PGPR, se establecieron diez tratamientos: T1= BV, T2= BS, T3=AZ, T4= HT, T5=AZ+HT, T6= BV+AZ, T7=BS+AZ, T8= BV+HT, T9= BS+HT, T10= Químico (testigo). Las variables evaluadas fueron: peso por fruto Kg (PF), rendimiento t ha^{-1} (REND), número de frutos (NF), diámetro ecuatorial cm (DE), diámetro polar cm (DP), grosor de la pulpa cm (GP), cavidad de la semilla cm (CAVSEM) y grados Brix (GB). Los tratamientos se evaluaron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los análisis de varianza y las comparaciones de medias (DMS, 0.05) se analizaron con el paquete SAS V9.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis estadísticos mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los tratamientos para las variables: número de frutos (NF), rendimiento en toneladas por hectárea acumulado (REND), peso del fruto (PF), diámetro ecuatorial (DE), grosor de la pulpa (GP), cavidad de la semilla (CAVSEM), y grados brix (GB). Es decir, hubo respuesta diferencial de los tratamientos aplicados lo cual quiere decir que al menos uno de ellos es mejor que los demás. Únicamente en la variable diámetro polar (DP), no hubo diferencias significativas. Este trabajo coincide con lo reportado por Rodríguez *et al.,* (2013) en el sentido de que ellos usaron bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón y encontraron diferencias significativas en peso promedio de fruto, pero no hubo diferencias significativas en los tratamientos para la variable rendimiento (kg/planta).

En el cuadro 1, se muestra la comparación de medias, donde se observa superioridad del tratamiento T7 en la variable: número de frutos (NF) con un valor de 13.00 frutos siendo mayor a T10 que es el químico (testigo) mostrando un valor de 6.33 frutos. En la variable rendimiento en toneladas por hectárea acumulado (REND) el mejor tratamiento fue el T7 con un valor de 46.22 t ha^{-1} siendo mayor al químico (testigo) que es el tratamiento T10 obteniendo un valor de 20.66 t ha^{-1}. Para la variable del peso por fruto (PF) se encontraron tres tratamientos, T2, T10, T5, siendo mayores a los demás tratamientos comparándolos estadísticamente con el químico (testigo) T10 que es menor su valor. En la variable Diámetro ecuatorial se obtuvo un valor alto que es de 15.56 cm, para el tratamiento T5 siendo mayor al químico (testigo) T10 que fue menor con un valor de 14.53 cm. Para la variable grosor de la pulpa (GP) el mejor tratamiento fue el T5 con valor de 4.93 cm, dejando al químico (testigo) T10 con un valor menor de 4.23 cm. En la variable cavidad de la semilla (CAVSEM) hubo seis tratamientos que son T1, T2, T3, T4, T5, T8 con un valor alto de 6.33 cm, y el químico (testigo) T10 siendo menor con un valor a 6.16 cm. Para la variable grados brix (GB) el mejor tratamiento fue el T7 con 13.53º de valor superando al químico (testigo) T10 con valor a 12.13º.

El género *Azospirillum* tiene la capacidad de generar una mayor elongación de la raíz y una mayor cantidad de pelos radicales (Bashan y de Baschan, 2010), lo cual le va permitir al cultivo aumentar la capacidad de absorber agua y nutrimentos disponibles en la solución del suelo, debido a una mayor superficie de contacto radical. Otro aspecto que se puede considerar en esta investigación es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico que presenta este grupo de bacterias (Mehnaz, 2015).

Cuadro 1. Comparación de medias entre tratamientos para las variables estudiadas.

Trat	NF	REND	PF	DP	DE	GP	CSEM	GB
T1	3.66 c	20.88 b	1.59 ab	15.60 a	13.53 c	4.30 ab	6.33 a	12.40 ab
T2	12.00 ab	32.88 ab	1.73 a	15.90 a	15.00 ab	4.53 ab	6.80 a	11.50 b
T3	7.66 abc	39.55 ab	1.60 ab	15.56 a	14.50 abc	4.60 ab	6.60 a	12.56 ab
T4	9.33 abc	27.11 ab	1.60 ab	15.43 a	14.73 abc	4.53 ab	6.36 a	12.50 ab
T5	8.66 abc	24.00 b	1.75 a	15.96 a	15.56 a	4.93 a	6.50 a	12.03 ab
T6	7.66 abc	20.88 b	1.45 ab	14.96 a	13.86 bc	4.00 b	6.10 ab	12.03 ab
T7	13.00 a	46.22 a	1.59 ab	15.53 a	14.13 bc	4.06 b	6.13 ab	13.53 a

T8	10.33 ab	36.88 ab	1.66 ab	15.60 a	14.60 abc	4.00 b	6.50 a	12.40 ab
T9	6.66 bc	20.00 b	1.41 b	14.66 a	14.33 bc	4.26 ab	5.16 b	12.20 ab
T10	6.33 bc	20.66 b	1.74 a	16.03 a	14.53 abc	4.23 ab	6.16 ab	12.13 ab
DMS	5.66	20.07	0.31	1.69	1.20	0.79	1.10	1.58

Entre estos géneros bacterianos, *Bacillus* sobresale por su capacidad de generar muchos metabolitos secundarios, enzimas y reguladores del crecimiento en las plantas. Asimismo, la especie *B. subtilis,* una bacteria Gram-positiva, es uno de los microorganismos mejor caracterizados genética y bioquímicamente (Bashan y de Baschan, 2010).

Hay muchas cepas con capacidad excelente de colonización y gran versatilidad para proteger diversas plantas de patógenos (Rodas, 2009). Además*, B. Subtilis* posee gran capacidad de esporular, lo que asegura su permanencia en el ambiente (Rodas, 2009).

Bacillus subtilis ha mostrado efectos positivos en la calidad y desarrollo de otros frutos aparte del melón, como el tomate. Asimismo, la inoculación del suelo con *B. subtilis*, en prueba de laboratorio, mostró un incremento del crecimiento de la planta de *Cucumis melo*. Algunas características relacionadas con la calidad del fruto que mejoran al aplicar *B. subtilis* incluyen: aumento en el tamaño y el peso del fruto, mayor rendimiento, resistencia a organismos degradantes y firmeza, debido a una reducción de producción de etileno, lo que significa una vida de anaquel más larga, e incremento en los sólidos solubles totales (Criollo, 2012).

CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que los tratamientos que contenían bacterias promotoras de crecimiento vegetal mostraron superioridad al tratamiento que no utilizó bacterias (químico), por lo tanto al inocular estas bacterias se tiene una respuesta positiva en cuanto a las variables de calidad en el fruto del melón. Se encontró que el tratamiento en el que se aplicó bacterias promotoras del crecimiento de las especies *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilenses* fue el mejor en cuanto a la concentración de solidos solubles en el fruto (dulzura), una característica que demandan los consumidores del fruto como una mejor calidad, además generó rendimientos mayores a los encontrados en los demás tratamientos. El experimento mostró suficiente información como para considerar que estos microorganismos puedan ser utilizados en los sistemas de producción agrícolas para mejorar la calidad de los frutos de melón. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para seleccionar estos microorganismos benéficos y que al ser inoculados como

biofertilizantes promuevan el crecimiento de la planta y su adaptación al campo, cuando estos son trasplantados.

REFERENCIAS

Bashan, Yoav., de-Bashan, Luz E. 2010. Chapter Two - How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth—A Critical Assessment. Advances in Agronomy Volume 108, 2010, Pages 77-136.

Boddey, R.M., O.C. De Oliveira, S. Urquiaga, V.M. Reis, F.L. De Olivares, V.L.D. Baldani y J. Döbereiner. 1995. Biological¡ nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: Contributions and prospects for improvement. Plant Soil 174: 195-209.

Criollo Paola, Jimena., Obando, Melissa., Sánchez M, Leonardo y Bonilla Ruth. 2012. Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a Pennisetum clandestinum en el altiplano cundiboyacense. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria Vol 13(2): 189-195.

Rodas Junco, Beatriz Adriana, Quero Bautista, Mireya, Magaña Sevilla, Héctor Felipe, & Reyes Ramírez, Arturo. 2009. Selección de cepas nativas con actividad quitino-proteolítica de Bacillus sp. Aisladas de suelos tropicales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *11*(1), 107-113.

Rodríguez Mendoza, Ma. de las Nieves., San Miguel-Chávez, Rubén., García Cué, José Luis y Benavides Mendoza, Adalberto. 2013. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). Interciencia: 2013, vol. 38 Nº 12.

SAGARPA. 2017. Aumenta producción de melón mexicano más de 21 mil toneladas en un año. Servicio de sanidad vegetal, región estado de México. Ficha técnica. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumenta-produccion-de-melon-mexicano-mas-de-21-mil-toneladas-en-un-ano

Wu, C. Y., P. H. Raven & D. Y. Hong. 2011. Flora of China Editorial Committee. Flora of China (Curcurbitaceae through Valerianaceae with Annonaceae and Berberidaceae). 19: 1-884. En C. Y. Wu, P. H. Raven & D. Y. Hong (coordinadores) Fl. China. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing & St. Louis.

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NÚMERO E INTENSIDAD DE HELADAS EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS

Guillermo Medina-García[1]*, Teresa Muñoz Escobedo[2], José Israel Casas-Flores[3]

[1,3]INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. [2] Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Agronomía. Maestría en Optimización de Procesos. Zacatecas, México.

medina.guillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Zacatecas es afectado por diferentes fenómenos meteorológicos, algunos derivados del cambio climático, entre ellos la presencia de heladas en la temporada invernal. Se trabajó con 23 estaciones en la región del altiplano del estado de Zacatecas con datos de 1961 a 2016. Se obtuvo el número de heladas (NH) y la temperatura mínima de helada (MH) para cada año de la serie de datos de cada estación. Se realizó un análisis de tendencias con la prueba no paramétrica de Mann-Kendal. En las estaciones con tendencia negativa el NH ha disminuido en promedio 13 días; en las estaciones con tendencia positiva, el NH ha aumentado en promedio 12 días. En promedio en las estaciones con tendencia negativa, MH ha disminuido de -3 a -5°C; en las estaciones con tendencia positiva, MH ha aumentado en promedio de -8 a -6°C.

Palabras clave: Calentamiento global, modelos de tendencia, heladas.

ABSTRACT

Zacatecas is affected by different meteorological phenomena, some derived from climate change, including the presence of frost in the winter season. We worked with 23 stations in the highlands region of the state of Zacatecas with data from 1961 to 2016. The number of frosts (NH) and the minimum frost temperature (MH) were obtained for each year from the data series of each station. A trend analysis was performed using the non-parametric Mann-Kendal test. In the stations with a negative trend, the NH has decreased on average 13 days; in the stations with a positive trend, the NH has increased on average 12 days. On

average in the stations with a negative trend, MH has decreased from -3 to -5°C; in the stations with a positive trend, MH has increased on average from -8 to -6°C.

Key words: Global warming, trend models, frost.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el planeta Tierra está experimentando un fenómeno de calentamiento atmosférico global (IPCC, 2022), el cual implica perturbaciones en la temperatura, en la precipitación, nubosidad y todos los elementos del sistema atmosférico.

En lo que respecta a las anomalías de temperatura de manera estacional, todas las estaciones climáticas muestran un calentamiento general desde mediados de los 70'. Esta tendencia ha alargado el período libre de heladas en varias regiones de latitudes medias y altas, observando una disminución de 10% en el número de días con helada a nivel global (Salinger, 2005). En México se han realizado estudios que han demostrado que la temperatura de las áreas agrícolas se ha venido incrementando de manera perceptible desde la década de los noventa del siglo pasado (Zarazúa *et al*., 2011), este incremento de temperaturas trae consigo modificaciones en variables agroclimáticas como puede ser la acumulación de frío en el periodo invernal.

Zacatecas es afectado año con año por diferentes fenómenos de origen meteorológico, algunos derivados del cambio climático. Entre ellos es la presencia de heladas en la temporada invernal, las cuales constituyen uno de los principales problemas o restricciones climáticas para el desarrollo y éxito de algunos cultivos, dependiendo de la especie y su etapa de desarrollo, pero con la presencia del cambio climático este período de heladas se ha modificado. Es entonces muy importante implementar estrategias y usar herramientas que faciliten la adaptación de la agricultura a los cambios que está experimentando y seguirá experimentando el clima en el futuro (Cortés, 2013).

Debido a lo anterior, es necesario conocer el efecto del cambio climático sobre el número e intensidad de las heladas y sus efectos en los cultivos, para tomar las medidas necesarias para su adaptación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió la región del altiplano del estado de Zacatecas, región con presencia de heladas en todos los años. Se utilizaron datos diarios de temperatura mínima de las estaciones climáticas del Servicio Meteorológico Nacional. Se seleccionaron 23 estaciones, de las cuales 18 con más de 30 años y más de 90% de datos de los años 1961 al 2016.

Posteriormente se eliminaron todos los registros con temperatura mínima mayor de cero en toda la serie de datos, quedando únicamente los registros con temperatura mínima menor o igual a cero. Mediante tablas dinámicas en Excel se obtuvo el número de heladas (NH) y la temperatura mínima de helada (MH) para cada año de la serie de datos de cada estación.

Con las series de NH y MH de cada estación, se realizó un análisis de tendencias para determinar si la tendencia de cada serie es positiva, negativa o sin tendencia, para lo cual se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Kendal (Mann, 1945; Kendall, 1975), ya que se considera la más adecuada para el análisis de tendencias en series temporales climatológicas (Miró *et al*., 2009; de Melo *et al*., 2015) y se complementó con la estimación Sen de pendiente de la tendencia (Sen, 1968) para esto se utilizó la macro MAKESENS en Excel, desarrollada en el Finish Meteorologial Institute (Salmi *et al*., 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la prueba de tendencia para el número de heladas, de las 23 estaciones, 10 resultaron con una tendencia positiva, de las cuales cinco son estadísticamente significativas ($p \leq 0.1$), la tendencia positiva significa que, en el rango de valores observados, el NH registradas en el año está aumentando. Once estaciones resultaron con una tendencia negativa, de las cuales seis son estadísticamente significativas ($p \leq 0.1$), la tendencia negativa significa que, en el rango de valores observados, el NH registradas está disminuyendo. Dos estaciones resultaron sin tendencia.

Cuadro 1. Prueba de tendencia de Mann-Kendall y estimación de pendiente Sen para el número de heladas.

Estación	Tendencia Mann-Kendall		Pendiente estimada Sen	
	Estadístico Z	Significancia	Pendiente	Constante
Agua Nueva, Villa de Cos	-2.234	*	-0.267	28.867
Boca del Tesorero, Jerez	-1.862	+	-0.286	30.714
Campo Exp. Zac., Calera	-3.870	***	-0.692	58.231
Cañitas, Cañitas	-1.102		-0.184	39.632
El Cazadero, San Alto	-2.120	*	-0.300	55.500
El Sauz, Fresnillo	0.301		0.042	41.625
Col. González O., Sombrerete	2.258	*	0.143	3.000
Gpe. Victoria, Noria de Ángeles	0.735		0.050	8.400
Juan Aldama, Juan Aldama	3.567	***	0.300	5.350
Loreto, Loreto	1.259		0.111	11.111
Ojocaliente, Ojocaliente	1.830	+	0.476	27.620
Sain Alto, Sain Alto	1.343		0.222	44.056
Santa Rosa, Fresnillo	-1.459		-0.250	46.750
Sombrerete, Sombrerete	-2.163	*	-0.116	12.523
Trancoso, Trancoso	-0.126		0.000	9.000
San Andrés, Villa de Cos	-2.289	*	-0.479	46.535
El Arenal, Sombrerete	3.485	***	1.000	10.000
Villa G. Ortega., Villa G. Ortega.	1.105		0.270	11.886
Felipe Ángeles, Villanueva	1.739	+	0.833	11.000
Luis Moya, Luis Moya	-0.959		-0.500	57.500
Felipe Ángeles, Villanueva	-2.393	*	-0.828	57.051

Chichimequillas, Fresnillo	-0.251	0.000	37.000
Tierra y Libertad, Villa de Cos	-0.212	-0.310	51.476

Nivel de significancia: ***(p ≤ 0.001), **(p ≤ 0.01), *(p ≤ 0.05), +(p ≤ 0.1)

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la prueba de tendencia para el valor mínimo de helada, de las 23 estaciones 4 resultaron con una tendencia positiva, de las cuales tres son estadísticamente significativas (p ≤ 0.1), la tendencia positiva significa que, en el rango de valores observados, el valor mínimo de heladas registrados en el año está aumentando, es decir las heladas son menos severas. Siete estaciones resultaron con una tendencia negativa, de las cuales cuatro son estadísticamente significativas (p ≤ 0.1), la tendencia negativa significa que, en el rango de valores observados, el MH registrado en el año está disminuyendo, es decir, las heladas son más severas. Doce estaciones resultaron sin tendencia, es decir, el MH en la serie de datos es muy variable, por lo que no se define una tendencia de los datos.

Cuadro 2. Prueba de tendencia de Mann-Kendall y estimación de pendiente Sen para el valor mínimo de helada.

Estación	Tendencia Mann-Kendall		Pendiente estimada Sen	
	Estadístico Z	Significancia	Pendiente	Constante
Agua Nueva, Villa de Cos	0.178		0.000	-6.500
Boca del Tesorero, Jerez	1.954	+	0.036	-5.250
Campo Exp. Zac., Calera	3.292	***	0.091	-10.591
Cañitas, Cañitas	0.111		0.000	-6.000
El Cazadero, San Alto	2.041	*	0.029	-8.118
El Sauz, Fresnillo	0.665		0.000	-5.000
Col. González O., Sombrerete	0.360		0.000	-3.000
Gpe. Victoria, Noria de Ángeles	-0.461		0.000	-3.000

Juan Aldama, Juan Aldama	-2.132	*	-0.050	-3.225
Loreto, Loreto	-0.621		0.000	-4.000
Ojocaliente, Ojocaliente	-1.210		-0.028	-5.819
Sain Alto, Sain Alto	-0.349		0.000	-6.000
Santa Rosa, Fresnillo	0.868		0.012	-7.333
Sombrerete, Sombrerete	0.590		0.000	-4.000
Trancoso, Trancoso	0.021		0.000	-4.000
San Andrés, Villa de Cos	0.789		0.000	-7.000
El Arenal, Sombrerete	-1.259		-0.033	-5.567
Villa G. Ortega, Villa G. Ortega	-1.910	+	-0.063	-2.188
Felipe Ángeles, Villanueva	-2.003	*	-0.100	-1.000
Luis Moya, Luis Moya	-0.743		-0.053	-3.105
Felipe Ángeles, Villanueva	-0.080		0.000	-5.000
Chichimequillas, Fresnillo	-1.090		0.000	-6.000
Tierra y Libertad, Villa de Cos	-2.400	*	-0.200	0.600

Nivel de significancia: ***($p \leq 0.001$), **($p \leq 0.01$), *($p \leq 0.05$), +($p \leq 0.1$)

En la Figura 1 se presentan las tendencias de las series de datos del NH y MH de cada una de las estaciones. Ahí se observa que, de manera general en la zona central del Estado, las estaciones presentan una tendencia negativa en el NH, es decir, está disminuyendo el número de haladas registradas en el año, lo que pudiera deberse al aumento de la temperatura como efecto del cambio climático (Ramírez-Cabral et al., 2021). En cambio, en el sureste y en el noroeste del Estado se observa que las estaciones tienen una tendencia positiva, lo cual indica que el NH se está incrementando.

En la misma Figura 1 se observa que, de manera general las estaciones no presentan una tendencia definida, es decir, el valor mínimo de las heladas dentro de su variación, se

mantiene estable. En el centro del Estado se observa que cuatro estaciones tienen una tendencia positiva, lo cual indica que el MH se está incrementando. En cambio, en el sureste y en el noroeste del Estado se observa que seis estaciones tienen una tendencia negativa, lo cual indica que el MH está disminuyendo, de manera similar a otros estudios (Ramírez-Cabral e*t al.,* 2021).

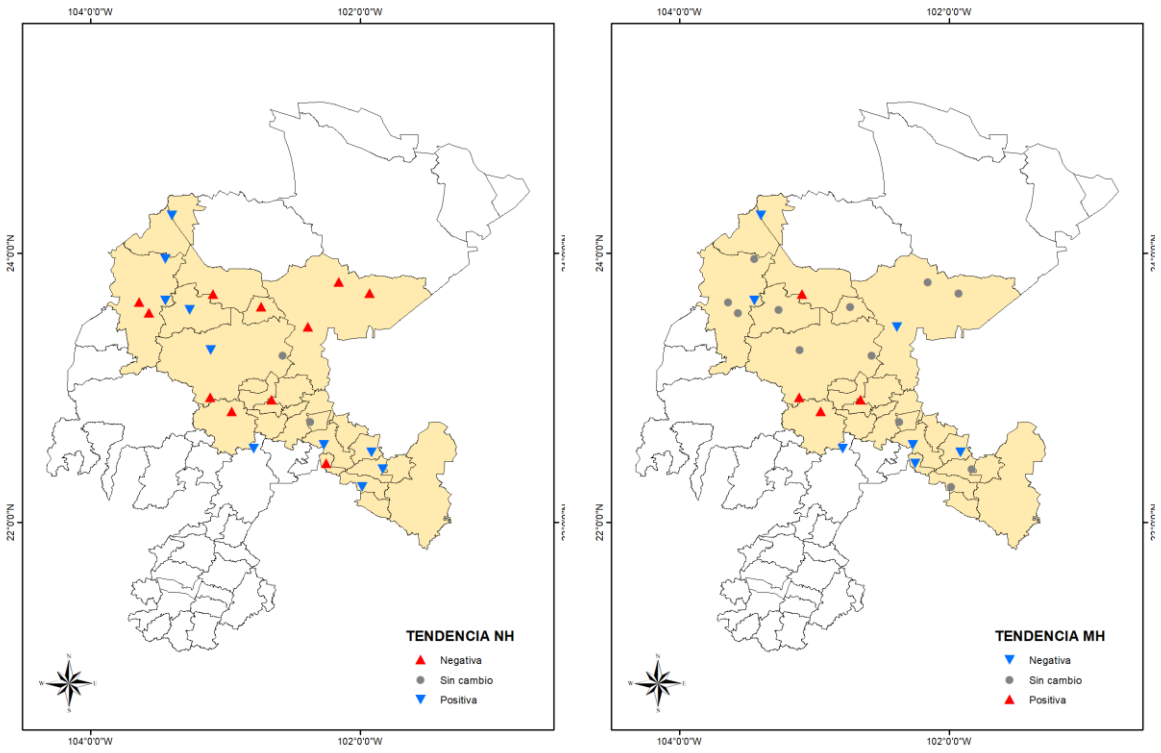


Figura 1. Tendencias de las series de datos de NH y MH de cada una de las estaciones.

Considerando los modelos de tendencia, resultaron 13 estaciones con tendencia negativa en las que el NH está disminuyendo, en promedio de 44 a 31 días con helada en la temporada invernal, lo que representa 13 días menos con helada, lo cual pudiera disminuir el riesgo de heladas en los cultivos. En cambio, en las 10 estaciones con tendencia positiva, el número de días con helada está aumentando en promedio de 18 a 30, lo que representa 12 días más con helada.

De igual manera, de acuerdo a los modelos de tendencia de MH de cada estación, en promedio en las estaciones con tendencia negativa esta variable está disminuyendo en promedio de -3 a -5°C en la temporada invernal, lo que representa 2°C con menor temperatura. En cambio, en las estaciones con tendencia positiva, el valor mínimo de temperatura con helada está aumentando en promedio de -8 a -6°C, lo que representa 2°C con mayor temperatura de helada.

De acuerdo a las tendencias de los datos donde el número de heladas está disminuyendo, pudiera ser favorable para algunos cultivos, ya que disminuiría la probabilidad de ocurrencia de heladas que pudieran dañar a los cultivos (Medina et al., 2017). De manera similar, en las estaciones donde está aumentando el valor mínimo de helada pudiera ser favorable para algunos cultivos.

CONCLUSIONES

En las estaciones con tendencia negativa el NH está disminuyendo en promedio de 44 a 31 días con helada en la temporada invernal, lo que representa 13 días menos con helada. En cambio, en las estaciones con tendencia positiva, el NH está aumentando en promedio de 18 a 30 días, 12 días más con helada.

En promedio en las estaciones con tendencia negativa MH está disminuyendo de -3 a -5°C en la temporada invernal y en las estaciones con tendencia positiva, MH está aumentando en promedio de -8 a -6°C.

De acuerdo a la tendencia de los datos de las estaciones, donde NH está disminuyendo y donde está aumentando MH pudieran ser condiciones más favorables para los cultivos.

REFERENCIAS

Cortés Bello, C. A. (2013). *Uso del modelo AquaCrop para estimar rendimientos para el cultivo de caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca*. ISBN I3427S/1/08.13.

IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33. https://doi.org/10.1017/9781009325844.001.

Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods. 4th Edition, Charles Griffin, London. https://www.worldcat.org/title/rankcorrelation-methods/oclc/3827024

Mann, H. B. (1945). Non-parametric test against trend. Econométrica, 13: 245-259. http://dx.doi.org/10.2307/1907187

Medina G., G., Mena C., J., Reveles H., M., Echavarría Ch., F. G. y Ruiz C., J. A. (2017). Cambio climático y sus efectos en el potencial productivo de chile en el norte centro de México. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zacatecas. Folleto técnico No. 88. 43 pp.

Melo, T. M., Louzada, J. A. S. & Pedrollo, O. C. (2015). Trends in extreme indices and seasonal analysis of precipitation and temperature in the Northwest Region of Rio Grande do Sul, Brazil. *American Journal of Climate Change*, 4: 187-202. http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2015.43015

Miró, J., Navarro, M. J. E., Pastor, F., y Muñoz, M. M. (2009). Análisis comparativo de tendencias en la precipitación, por distintos" inputs", entre los dominios hidrológicos del Segura y del Júcar (1958-2008). *Investigaciones Geográficas (España)*, (49), 129-157. https://dx.doi.org/10.14198/INGEO2009.49.07

Ramírez-Cabral, N., Mena-Covarrubias, J., Medina-García, G., Ruiz-Corral, J. A., y Casas Flores, J, I. (2021). Climate change effects on thermal requirements and number of

broods of whitefly (Bemicia tabaci) in the north-central region of Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 20(2), e2021.04 002. http://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.04.002

Salinger, M. J. (2005). Climate variability and change: past, present and future - an overview. In: increasing climate variability and change: Reducing the Vulnerability of Agriculture and Forestry. Springer. 9-29.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., y Amnell, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates MAKESENS–The excel template application. Finish Meteorological Institute, Helsinki. Air Quality Research. Publications on Air Quality No. 31. Report code FMI-AQ-31. https://www.researchgate.net/publication/259356944_Detecting_Trends_of_Annual_Values_of_Atmospheric_Pollutants_by_the_Mann-Kendall_Test_and_Sen's_Solpe_Estimates_the_Excel_Template_Application_MAKESENS

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association, 63 (324): 1379-1389. https://www.pacificclimate.org/~wernera/zyp/Sen%201968%20JASA.pdf

Zarazúa-Villaseñor, P., Ruiz-Corral, J. A., Gonalez-Eguiarte, D. R., Flores-Lopéz, H. E. y Ron-Parra, J. (2011). Evaluación del cambio climático y sus impactos sobre los cultivos de trigo, maíz y agave de la Región Ciénega de Chapala (análisis retrospectivo y análisis prospectivo). Tesis doctoral. *Universidad de Guadalajara-CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.* 188.

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO SOBRE LA EVAPOTRANSPIRACION Y LA TEMPERATURA DIURNA EN LA COMARCA LAGUNERA

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON EVAPOTRANSPIRATION AND DIURNAL TEMPERATURE IN LA LAGUNA

Juan G. Martínez Rodríguez[1], Ignacio Orona Castillo[2] y Juan Manuel Covarrubias Ramirez[1]

[1] INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

[2] Facultad de Agronomía y Zootecnia. UJED. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.

e-mail: martinez.juanguillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Según numerosos estudios, el crecimiento continuo de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero durante los últimos 150 años, debido a la acción del hombre, producirá en el futuro inmediato un aumento paulatino de la temperatura del planeta, así como cambios climáticos en todas las regiones. En las zonas áridas y semiáridas del mundo se prevé menor disponibilidad de agua y un incremento de las necesidades hídricas de las plantas. El objetivo del presente trabajo es mostrar las modificaciones que ha sufrido el clima y específicamente la temperatura en los últimos 60 años y su impacto sobre procesos hidrológicos como la evapotranspiración (ET) a nivel regional. Los resultados indican que la temperatura máxima y mínima promedio, en un periodo de 60 años, se han incrementado en 2.11 y 1.58 °C. Con respecto a la evapotranspiración anual, traducida a necesidades hídricas de los cultivos se han incrementado a lo largo del ciclo del mismo.

ABSTRACT

According to numerous studies, the continuous growth of the atmospheric concentration of greenhouse gases during the last 150 years, due to the action of man, will produce in the immediate future a gradual increase in the temperature of the planet, as well as climatic changes in all the regions. In the arid and semi-arid areas of the world, less water availability and an increase in the water needs of plants are expected.

The objective of this paper is to show the changes that the climate and specifically the temperature have undergone in the last 60 years and their impact on hydrological processes such as evapotranspiration (ET) at a regional level. The results indicate that the average maximum and minimum temperature, in a period of 60 years, have increased by 2.11 and 1.58 °C. With respect to annual evapotranspiration, translated into crop water needs, they have increased throughout the crop cycle.

INTRODUCCIÓN

El período entre siembra y cosecha del maíz coincide con la menor disponibilidad de agua en la Región Lagunera, por lo que el riego es una imperiosa necesidad para obtener rendimientos aceptables. Un manejo de agua adecuado debe garantizar que la evapotranspiración real del cultivo se aproxime lo más posible a la evapotranspiración máxima, determinada por la demanda evaporativa de la atmósfera. El irrigador debe conocer los componentes del balance hídrico (entradas/salidas de agua en la zona de raíces activas) y suministrar el riego que asegure la satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo. Sin embargo, los cambios climáticos que muy probablemente se avecinan para el futuro inmediato pueden alterar la utilidad del manejo del agua actual en este cultivo.

Según numerosos estudios, el crecimiento continuo de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero durante los últimos 150 años, debido a la acción del hombre, producirá en el futuro inmediato un aumento paulatino de la temperatura del planeta, así como cambios climáticos en todas las regiones (IPCC, 2000). Particularmente, para las zonas áridas y semiáridas del mundo se prevé menor disponibilidad de agua y un incremento de las necesidades hídricas de las plantas (Olensen y Bindin, 2002).

Los tomadores de decisión deberán posiblemente determinar si el riego es rentable o no, cambiar el uso de la tierra, fechas de siembra, técnicas de riego y tomar cualquier otra medida que garantice la eficiencia de los sistemas de riego, teniendo en cuenta los posibles cambios climáticos que se prevén para México y otros países del hemisferio. Para la estimación de las condiciones climáticas futuras, actualmente se dispone de los Modelos Generales de Circulación Atmosférica (MGCA), los cuales ofrecen estimados mensuales de la temperatura y las precipitaciones futuras en cuadrículas de alrededor de 3º de lado y para todo el planeta, teniendo en cuenta distintos escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (IPCC, 2000).

Estos estimados podrían utilizarse para la toma de decisiones en la agricultura, uno de los sectores más afectados por el cambio climático. Ese ha sido el propósito de un esfuerzo internacional, liderado por Naciones Unidas, (Sivakumar, 2000) en el proyecto CLIMAG (Climate Prediction and Agriculture), combinando estos pronósticos con modelos de simulación del crecimiento de los cultivos, los cuales permiten estimar el uso de agua y rendimiento de los cultivos ante estas nuevas condiciones climáticas.

El objetivo del presente trabajo es mostrar las modificaciones que ha sufrido el clima y específicamente la temperatura en los últimos 60 años y su impacto sobre procesos hidrológicos como la evapotranspiración (ET) a nivel regional.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en al Campo Experimental “La Laguna” (CELALA) que se localiza en el municipio de Matamoros, Coah. La información utilizada, con respecto al cultivo de maíz y sus prácticas de manejo fueron generadas en lotes experimentales del propio CELALA y forman parte de la tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional.

La información de clima utilizada en el estudio se extrajo de la base de datos de las normales climatológicas de la secretaria de Agricultura. Se analizaron las series de tiempo de 1961 hasta 2020 con respecto a temperatura (máxima, mínima y promedio mensual) y precipitación. En total fueron cuatro normales climatológicas (N2020, N2010, N2000 y N1990) comprendidas en este período (Cuadro 1). Además, se consideró a los años 1987 y 1993 como años de clima contrastante respecto a temperaturas, con la finalidad de modelar el efecto de este clima sobre el uso de agua, desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz. Para lo anterior, se utilizó el modelo de simulación DSSAT, el cual fue previamente calibrado con información regional (Sánchez, 2007).

Este modelo simula el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo bajo manejo prescrito. También, simula los cambios en la solución del suelo y la dinámica del carbón y nitrógeno a través del tiempo. El DSSAT – CSM utiliza un formato modular el cual es descrito en detalle por Jones et. al., (2001) y Porter et al., (2000).

Cuadro 1. Normales climatológicas de temperatura máxima de cuatro épocas de la zona de estudio.

MES	N2020	N2010	N2000	N1990
ENE	23.60	22.70	22.30	21.80
FEB	27.40	25.80	25.00	24.00
MAR	30.50	29.80	29.40	28.90
ABR	34.40	33.70	32.70	32.70
MAY	37.40	36.70	35.60	34.80
JUN	37.90	36.90	35.70	35.20
JUL	36.70	35.70	34.60	34.10
AGO	35.90	35.20	34.00	33.50
SEP	33.30	33.00	32.30	31.90
OCT	31.50	30.90	29.80	29.50
NOV	27.50	27.10	26.20	26.00
DIC	23.90	23.00	22.50	22.30
PROM	31.67	30.88	30.01	29.56

RESULTADOS

La temperatura promedio en los últimos cuarenta años se ha ido incrementando. La Figura 1 presenta el incremento sostenido tanto de la temperatura máxima como de la temperatura mínima. La diferencia de temperatura promedio máxima de las normales climatológicas de 1990, con respecto a 2020 es de 2.11 °C. La correspondiente a la temperatura promedio mínima es de 1.58°C. La oscilación térmica se detecta que en los últimos años la diferencia es menor y que desde el punto de vista agrícola, los cultivos se encuentran expuestos a mayores temperaturas diarias y por un periodo mayor durante el día. Esto, indudablemente se refleja en el aceleramiento del crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como en el incremento en las necesidades hídricas de los mismos.

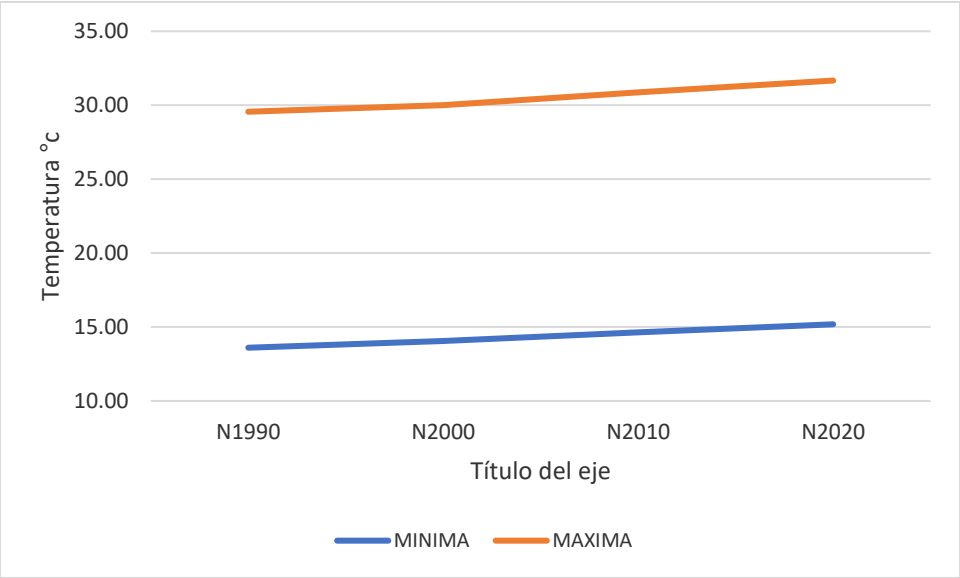


Figura 1. Temperatura promedio máxima y mínima en registradas en las normales climatológicas de los últimos sesenta años

La Figura 2 presenta la dinámica mensual de la temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin) promedio de las normales climatológica de 1990, así como de 2020. Como se puede observar, tanto la temperatura máxima y mínima es mayor en todos y cada uno de los meses a lo largo del año. Estas diferencias, en el caso de la Tmax se acentúan más en el mes de febrero, así como en los meses de mayo, junio, julio. La diferencia en el primer caso es de 3.4°C y en el segundo caso es de 2.6°C en promedio de los tres meses. Lo anterior, pudiera traducirse en una modificación de las fechas de siembra de los cultivos de primavera en al menos tres semanas. Ya que la diferencia en Tmin de N2020 con respecto a N1990 es de 2.6°C. Lo anterior, sin duda, modifica los requerimientos hídricos de los cultivos al tener los cultivos un mayor número de días en el campo.

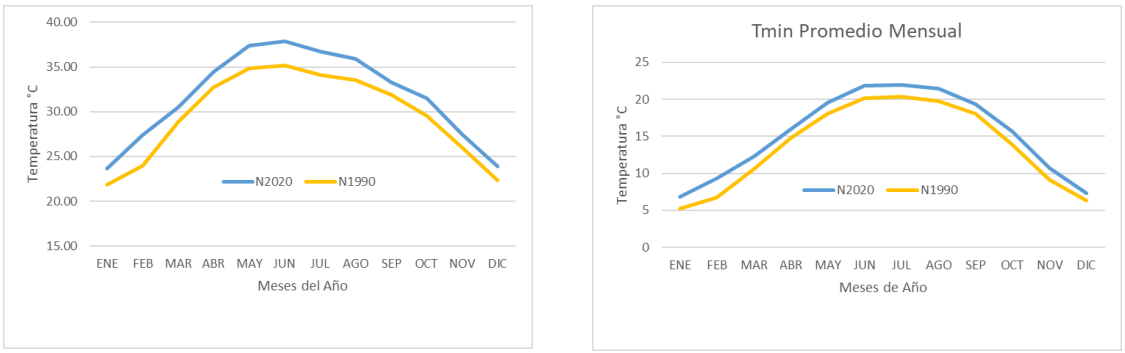


Figura 2. Dinámica de la Tmax y Tmin registradas en las normales climatológicas a lo largo de los meses.

Con respecto a la precipitación (Figura 3), también ha habido cambios en la dinámica de ésta a lo largo del año. En los años 90´s las precipitaciones iniciaban a partir del mes de mayo y se establecían en junio, julio y agosto. Ahora, esta tendencia se modificó y las lluvias se establecen en julio y los valores más altos se ubican en septiembre y octubre. La lluvia total no ha sufrido mayores cambios y el valor promedio es de 224 mm anuales.

Con respecto a la evapotranspiración anual (ETo), el comportamiento anual de la los períodos de tiempo N2020 y N1990 se presentan en la Figura 3 y se observa que la demanda por agua se ha acentuado en los últimos 30 años. Como puede observarse esta ha cambiado drásticamente. En todos y cada uno de los meses existe un incremento en los valores de ETo y esto repercute en que las necesidades hídricas del cultivo se ven aceleradas a lo largo del ciclo del mismo.

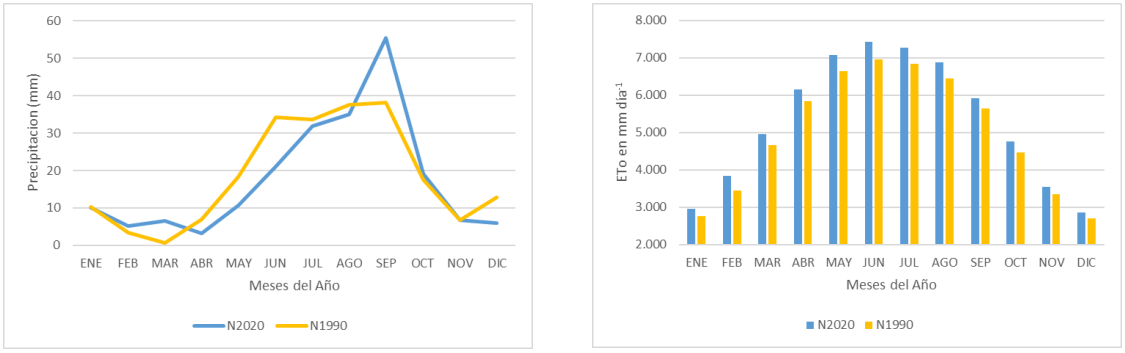


Figura 3. Dinámica de precipitación y Evapotranspiración mensual promedio registradas en las normales climatológicas a lo largo de los meses.

Si el suministro del riego no es el adecuado a los nuevos tiempos, el cultivo podría caer en un déficit hídrico que, de ser severo, podría afectar fuertemente el rendimiento. La ETo acumulada a través del año, presentado en las normales climatológicas, resulta en una diferencia promedio aproximada de 120 mm de lámina.

La oscilación térmica se detecta que en los últimos años la diferencia es menor y que desde el punto de vista agrícola, los cultivos se encuentran expuestos a mayores temperaturas diarias y por un periodo mayor durante el día. Esto, indudablemente se refleja en el aceleramiento del crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como en el incremento en las necesidades hídricas de los mismos. Se aprecia que los días requeridos para llegar a las etapas fonológicas de antésis y madurez fisiológica se redujeron en cinco y ocho días, respectivamente (datos no presentados).

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la temperatura máxima y mínima promedio, en un periodo de 60 años, se han incrementado en 2.11 y 1.58 °C, mientras que la amplitud térmica ha disminuido en 0.57°C en los últimos años.

Con respecto a la evapotranspiración anual, traducida a necesidades hídricas de los cultivos se han incrementado a lo largo del ciclo del mismo. Existe una sobre demanda de 120 mm de lámina a lo largo del ciclo del cultivo, y esto ocasiona que se tengan que hacer modificaciones en la aplicación de los riegos de auxilio, con la finalidad de no estresar el cultivo.

REFERENCIAS

Climate Change: The IPCC Impacts Assessment. Prepared by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). W. J. McG. Tegart, G. W. Sheldon and D. C.

Griffiths. (editors). Australian Government Publishing Service. Canberra, 1990.

OTA. 1993. Preparing for an Uncertain Climate. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. Vol. 1. OTA-O-567. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

Ritchie J. T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8: 1204-1213.

Ritchie J. T., Singh U., Godwin D. C., and Bowen W. T. 1998. Cereal growth development and yield. In: Tsuji, G.Y.,Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 79.

Rosenzweig, C. and D. Hillel. 1993. "Agriculture in a Greenhouse World: Potential Consequences of Climate Change". National Geographic Research and Exploration vol. 9, pp. 208-221.

Rosenzweig, C. and M. L. Parry. 1994."Potential impact of climate change on world food supply," Nature vol. 367, pp. 133- 138.

Ruttan, V.W. 1994. Agriculture, Environment, Climate and Health: Sustainable Development in the 21st Century, University of Minnesota Press, Minneapolis.

Sánchez Camarillo, J. 2007. Sistemas agrícolas y lixiviación de nitratos al acuífero regional. Tesis de Maestría. Dirección General de Educación Tecnologica. Instituto Tecnologico de Torreon. 130 p.

Sivakumar, M.V.K. (ed.) 2000. Climate Prediction and Agriculture. Proceedings of the START/WMO International Workshop held in Geneva, Switzerland, 27-29 September 1999. Washington D.C., USA. International START Secretariat.

EFECTO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO BOCASHI EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO JAGUAR BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA

Bautista-Pérez Cristobal Ervi[1*], Ramírez-Meraz Moisés[1], Méndez-Aguilar Reinaldo[1], Guzmán-Medina Roberto[2]

[1] Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2] Instituto Tecnológico de Altamira, Carr, Tampico-Mante, Kilometro 24.5, C.P. 89602 Altamira, Tam.

[*]Autor de correspondencia: bautista.cristobal@inifap.gob.mx

RESUMEN

La fertilización orgánica en las hortalizas tales como el chile se basa en la materia orgánica (estiércoles, composta y abonos verdes principalmente), esto mejora la estructura del suelo, su aireación y su capacidad de retención de agua, además de reciclar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Por otro lado, los fertilizantes químicos son sustancias naturales o sintéticas de origen inorgánico, los fertilizantes sintéticos son aquellos elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y potasio que contribuyen ampliamente en el desarrollo de los cultivos. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes dosis de fertilizante orgánico bocashi bajo el sistema de producción orgánica y química. Se utilizaron cuatro tratamientos en una dosis de 0, 1, 2 y 3 t ha^{-1} de fertilizante orgánico bocashi, el tratamiento cero fue el testigo donde no se aplicó fertilizante bocashi, esto fue para ambos sistemas de producción. Por lo consiguiente se observó que el RENDV bajo fertilización química con la dosis de 3 t ha^{-1} de bocashi tuvo el mayor rendimiento de 27.221 t ha^{-1}, mientras el manejo bajo producción orgánica fue la que presentó menor rendimiento con 13.215 t ha^{-1}. Para el RENDM la bajo el manejo químico con la tres dosis de bocashi tuvieron los mayores rendimientos de18.982 a 21.900 t ha^{-1}, mientras que con el manejo orgánico presentaron los menores rendimientos de 9.188 a 11.984 t ha^{-1}. La fertilización química o convencional interaccionando con la dosis de 3 t ha^{-1} de bocashi se obtuvo mayor rendimiento tanto en fruto verde como en maduro de 27.221 y 21.900 t ha^{-1}, mientras que interacción fertilización orgánica por bocashi no se observó ningún incremento en el rendimiento en ambos estadios del fruto.

Palabras clave: Fertilización química y orgánica**,** Bocashi, Rendimiento de chile.

ABSTRACT

Organic fertilization in vegetables such as peppers is based on organic matter (mainly compost, manure and green fertilizers), which improves soil structure, aeration and water retention capacity, in addition to recycling the nutrients necessary for plant growth. On the other hand, chemical fertilizers are natural or synthetic substances of inorganic origin. Synthetic fertilizers are those artificially elaborated and are mainly composed of mineral salts of nitrogen, phosphorus and potassium that contribute greatly to the development of crops. Therefore, the objective of the present work was to evaluate different doses of bocashi organic fertilizer using the organic and chemical production system. Four treatments were used at a dose of 0, 1, 2 and 3 t ha^{-1} of bocashi organic fertilizer; the zero treatment was the control where no bocashi fertilizer was applied, this was for both production systems. Therefore, it was observed that the RENDV under chemical fertilization with the 3 t ha^{-1} dose of bocashi had the highest yield of 27.221 t ha^{-1}, while the management under organic production had the lowest yield with 13.215 t ha^{-1}. For RENDM, the chemical management with the three doses of bocashi had the highest yields from 18,982 to 21,900 t ha^{-1}, while the organic management had the lowest yields from 9,188 to 11,984 t ha^{-1}. Chemical or conventional fertilization interacting with the dose of 3 t ha^{-1} of bocashi resulted in higher yields in both green and ripe fruit of 27,221 and 21,900 t ha^{-1}, while organic fertilization interaction with bocashi did not observe any increase in yield in both fruit stages.

Key words: Chemical and organic fertilization, Bocashi, Pepper yields

INTRODUCCIÓN

El chile es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial, sus distintas variedades se adaptan a diversos climas y tipos de suelo, lo que ha contribuido a su exitosa y amplía a distribución geográfica. Los usos múltiples del chile y sus derivados datan desde la época prehispánica por ser un alimento nutritivo, también es una fuente de colorantes naturales y compuestos secundarios, todos ellos utilizados en la elaboración de productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos. Culturalmente es un símbolo que da identidad a los mexicanos, pero igualmente forma parte importante de diversas culturas por su impacto en la gastronomía internacional (Aguirre y Muños, 2015).

La producción y cultivo del chile en México siguen siendo relevante, aunque existen factores que limitan su producción tales como los nutrientes del suelo.

La fertilización orgánica en las hortalizas tales como el chile se basa en la materia orgánica (estiércoles, compost y abonos verdes principalmente), esto mejora la estructura del suelo, su aireación y su capacidad de retención de agua, además de reciclar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Laurin *et al*., 2006), por otro lado, los fertilizantes químicos son sustancias naturales o sintéticas de origen inorgánico, los fertilizantes sintéticos son aquellos elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y potasio que contribuyen ampliamente en el desarrollo de los cultivos (Grageda, 2018). Por lo que el objetivo del presente trabajo evaluar diferentes dosis de fertilizante bocashi bajo dos sistemas producción orgánica y química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Sitio Experimental Ébano, dependiente del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS), localizado en el Km. 67 de la carretera Tampico-Valles en el municipio de Ébano, S.L.P. Se utilizaron cuatro tratamientos de fertilizante orgánico bocashi en el cultivo de chile habanero Jaguar en una dosis de 0, 1, 2 y 3 t ha^{-1} de fertilizante, el tratamiento cero fue el testigo donde no se aplicó fertilizante bocashi, esto fue para ambos manejos de producción bajo fertilización química (FQ) y fertilización orgánica (FOR). El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la parcela fue formada de una cama de 1.60 m de ancho y 10 m de longitud, el cultivo se estableció a doble hilera sobre la cama, con una separación entre hileras de 35 cm, y entre plantas a 40 cm, Los experimentos se desarrollaron con sistema de riego por goteo y fertirrigación; la distribución de la nutrición, así como el manejo agronómico del cultivo fue de acuerdo al paquete tecnológico generado por el INIFAP. Las variables evaluadas fueron: altura de planta a inicio de floración (ALPF); altura de planta a inicio de la cosecha (ALPC); longitud de hoja (LH); ancho de la hoja (AH); peso del fruto en verde (PFV); longitud del fruto en verde (LFV); diámetro del fruto en verde (DFV); pericarpio del fruto verde (PERIV); rendimiento del fruto verde (RENDV); peso del fruto maduro (PFM); longitud del fruto maduro (LFM); diámetro del fruto maduro (DFM); pericarpio del fruto maduro (PERIM) y rendimiento del fruto maduro (RENDM). Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron analizados bajo un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, usando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza general de las variables estudiadas

En el (Cuadro 1) se presentan los cuadrados medios y la significancia de las diferencias evidentes de los componentes en cada fuente de variación, que presentaron las variables agronómicas. El análisis de varianza general presento para la fuente de variación fertilización diferencias significativas al (P≤0.01) para las siguientes variables, ALPC, PERIV, RENDV, PERIM y RENDM (Cuadro 1 y 2). Mientras que para la variable DFM se encontró diferencias significativas al (P≤0.05) y las demás variables LH, AH, PFV, LFV, DFV PFM y LFM, no se encontró diferencias significativas (Cuadro 1 y 2). En las fuentes de variación de bloque y la interacción fertilización x bloque no presentó diferencia significativa en ninguna variable.

En la fuente de variación de fertilizante bochashi únicamente se encontró diferencia significativa al (P≤0.05) en ALPF (Cuadro 1).

En la interacción de fertilización x bocashi se encontró diferencias significativas al (P≤0.01) en las variables PERCV, RENDV, PERCM y ALTPC (Cuadro 1y 2) mientras que en la variable LH se encontró diferencia significativa al (P≤0.05) (Cuadro 1), de acuerdo a estas diferencias significativas encontradas se procedió a realizar la prueba de medias de las variables antes mencionadas.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza general, de siete variables evaluadas en el cultivo de chile de la variedad jaguar, bajo dos sistemas de fertilización.

F.V.	GL	ALPF (cm)	ATPC (cm)	LH (cm)	AH (cm)	PFV (g)	LFV (cm)	DFV (cm)
Fertilización (Fert)	1	1.540	909.511**	0.261	0.117	0.005	0.000	0.000
Bloque	3	3.191	22.528	0.138	0.522	0.654	0.042	0.080
Fert*Bloque	3	3.178	9.726	0.127	0.212	0.852	0.109	0.017
Bocashi (Boc)	3	9.019*	13.655	0.316	0.203	0.138	0.106	0.042
Fert*Boc	3	3.421	10.958**	0.648*	0.899	1.110	0.206	0.037
Error	18	2.595	20.465	0.197	0.215	0.507	0.118	0.032
C.V.		4.389	5.848	4.323	7.157	7.968	7.408	5.912

F.V.: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, *: significativo al 0.05, **: Significativo 0.01, C.V.: Coeficiente de variación, ALPF: Altura de planta a inicio de floración; ALPC:

Altura de planta a inicio de la cosecha; LH: Longitud de hoja; AH: Ancho de la hoja; PFV: Peso del fruto en verde; LFV: Longitud del fruto en verde; DFV: Diámetro del fruto en verde.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza general, de siete variables evaluadas en el cultivo de chile de la variedad jaguar, bajo dos sistemas de fertilización.

F.V.	GL	PERIV (mm)	RENDV (tha^{-1})	PFM (g)	LFM (cm)	DFM (cm)	PERIM (mm)	RENDM (tha^{-1})
Fertilización (Fert)	1	0.632**	690.627**	0.011	0.056	0.117*	0.262**	654.957**
Bloque	3	0.016	17.126	0.212	0.066	0.031	0.006	5.420
Fert*Bloque	3	0.079	12.376	0.178	0.083	0.027	0.039	2.484
Bocashi (Boc)	3	0.128	1.633	0.651	0.069	0.022	0.075	6.979
Fert*Boc	3	0.233**	20.726**	0.287	0.051	0.020	0.007**	14.600**
Error	18	0.045	13.513	0.503	0.083	0.022	0.026	5.356
C.V.		12.634	18.501	6.216	6.235	5.148	10.598	15.310

F.V.: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, *: significativo al 0.05, **: Significativo 0.01, C.V.: Coeficiente de variación, PERIV: Pericarpio del fruto verde; RENDV: Rendimiento del fruto verde; PFM: Peso del fruto maduro; LFM: Longitud del fruto maduro; DFM: Diámetro del fruto maduro; PERIM: Pericarpio del fruto maduro y RENDM: Rendimiento del fruto maduro.

Medias de la interacción fertilización por dosis de bocashi

De acuerdo a la prueba de medias Tukey 0.05, en las interacciones dosis de bocashi por tipo de fertilización se encontró que la FQ X 1 fue superior para la variable PERCV con 2.075 cm de grosor, seguida por FOR X 2 con 1.875 mm de grosor y la que presentó menor grosor fue FOR X 0 de 1.325 mm de grosor (Cuadro 2).

Para el RENDV la fertilización química con la dosis de 3 tha^{-1} tuvo el mayor rendimiento de 27.221 t ha^{-1}, mientras que la fertilización orgánica fue la que presento menor rendimiento con 13.215 t ha^{-1}. En la variable PERIM el de mayo grosor fue FQ X 3 con 1.657 mm y de menor grosor de fue FOR X 0 de 1.275 cm, para el RENDM la fertilización química con la tres dosis de Bocashi presentaron los mayores rendimientos de 18.982 a 21.900 t ha^{-1}, mientras que con la fertilización orgánica tuvieron los menores rendimientos de 9.188 a 11.984 t ha^{-1} (Cuadro 2).

En ALTPC la fertilización química con las tres diferentes dosis de fertilización presentaron mayores alturas de 83 a 87 cm, mientras la fertilización orgánica con las diferentes dosis de bocashi tuvieron las menores alturas, en un rango de 70 a 75 cm (Cuadro 2). En LH la interacción que sobresalió fue FQ X 0 con 10.86 cm y la que presentó menor longitud fue FOR X 4.8 que tuvo 9.833 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de las variables agronómicas del cultivo de chile habanero Jaguar de las interacciones de fertilización por dosis de bocashi.

INTERACCIONES	PERIV (mm)		RENDV (t ha^{-1})		PERIM (mm)		RENDM (t ha^{-1})		ALTPC (cm)		LH (cm)	
FQ X 1	2.075	a	23.266	ab	1.625	ab	18.982	a	83.045	a	10.106	ab
FQ X 2	1.700	abc	23.786	ab	1.600	ab	20.464	a	83.345	a	9.925	ab
FQ X 3	1.675	abc	27.221	a	1.675	a	21.900	a	83.640	a	10.56	ab
FQ X 0	1.800	abc	23.786	ab	1.500	ab	17.216	ab	80.690	ab	10.863	a
FOR X 1	1.475	bc	15.725	bc	1.400	ab	9.188	c	70.460	b	10.394	ab
FOR X 2	1.875	ab	15.14	bc	1.425	ab	10.897	c	70.555	b	10.258	ab
FOR X 3	1.450	bc	13.215	c	1.575	ab	10.300	c	74.920	ab	9.833	b
FOR X 0	1.325	c	16.814	bc	1.275	b	11.984	bc	72.135	b	10.246	ab

FQ X 1: Fertilización química por dosis de bocashi, FOR X 1: Fertilización orgánica por dosis de bocashi, PERIV: Pericarpio del fruto verde, RENDV: Rendimiento del fruto verde, PERIM: Pericarpio del fruto maduro, RENDM: Rendimiento del fruto maduro, ALTPC: Altura de planta a inicio de la cosecha, LH: Longitud de la hoja. Variables con la misma letra no representan diferencias significativas Tukey 5%.

CONCLUSIONES

La fertilización química o convencional interaccionando con la dosis de 3 t ha^{-1} de bocashi se obtuvo mayor rendimiento tanto en fruto verde y maduro de 27.221 y 21.900 t ha^{-1}, mientras que en la fertilización orgánica interaccionando con el fertilizante Bocashi no se observó ningún incremento en el rendimiento en ambos estadios del fruto.

REFERENCIAS

Aguirre H. E. y Muñoz, O. V. 2015. El chile como alimento. *Academia Mexicana de Ciencias, 66(3),* 16.23.

Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., Vera-Nuñez, J. A. 2018. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *3*(6), 1261-1274.

Laurin, M., Llosá,M. J., Gonzálvez, V., Porcuna, J. L. 2006. El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos. *VII Congreso SEAE Zaragoza,* 1-11.

EFECTO DEL INOCULANTE RHIZOBIUM EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE *LOTUS CORNICULATUS* L., EN LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA

Álvarez-Vázquez, Perpetuo[1]; Gallegos-Morales, Gabriel [1]; García-López, Josué Israel[1]; Joaquin-Cancino, Santiago[2]; Rodríguez-Rivera, Álvaro Fernando[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila.

[2]Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Apartado Postal 149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87149

perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar características morfológicas y de rendimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 255301 con y sin la inoculación de *Rhizobium*, en macetas bajo condiciones de invernadero. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, del 4 de mayo al 22 de junio de 2019, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluó rendimiento de forraje y composición botánica y morfológica. El rendimiento de forraje presentó su máximo valor en la semana cinco con 6.1 g MS planta^{-1} en el tratamiento sin inocular, respecto a la inoculada. En la composición botánica y morfológica, el componente hoja, en ambos tratamientos, fue la que mayor aporte hizo al rendimiento, registrando su mayor valor en la semana cinco con 4.4 g MS planta^{-1}. No hubo efecto del inoculante *Rhizobium* en el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L, genotipo 255301). El rendimiento de forraje se incrementó con la edad de rebrote donde el componente principal fue la hoja, además de que tiene un comportamiento similar a las variables evaluadas, a excepción de la relación hoja: tallo.

Palabras clave: *Lotus Corniculatus* L., rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica.

.

ABSTRACT

The objective was to determine morphological and yield characteristics of bird's foot clover (*Lotus corniculatus* L.) genotype 255301 with and without Rhizobium inoculation, in pots under greenhouse conditions. The study was carried out at the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Saltillo, Coahuila, from May 4 to June 22, 2019, under a completely randomized design, with three repetitions. Forage yield and botanical and morphological composition were evaluated. The forage yield presented its maximum value in week five with 6.1 g DM plant^{-1} in the uninoculated treatment, compared to the inoculated one. In the botanical and morphological composition, the leaf component, in both treatments, was the one that made the greatest contribution to yield, registering its highest value in week five with 4.4 g DM plant^{-1}. There was no effect of the Rhizobium inoculant on the productive performance of bird's foot clover (*Lotus corniculatus* L, genotype 255301). The forage yield increased with the regrowth age where the main component was the leaf, in addition to having a similar behavior to the evaluated variables, except for the leaf:stem ratio.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., forage yield, botanical and morphological composition.

INTRODUCCION

Trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), es una especie forrajera cultivada en climas templados. Dentro del género Lotus, trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L), es una especie de las de mayor importancia forrajera, la cual representa el 90 % del área mundial sembrada (Escaray *et al.,* 2012). Su alta aceptación en el mundo, la convierte en la especie más estudiada ya que es destacada, por su alto valor nutricional similar al de la alfalfa y otros tréboles (Marley et al., 2006). De igual manera *Lotus corniculatus* L, evita el timpanismo en rumiantes gracias al contenido de taninos condensados, al igual que protegen a las proteínas de su degradación en el rumen, tolera un pH que va desde 5.5 hasta un 7.5, se adapta a suelos pobres en fertilidad, condiciones que en la mayoría de especies de trébol blanco y rojo no pueden prosperar, así mismo es resistente al frio, la sequía y prospera en suelos inundados (Canals *et al.,* 2009). En los reportes de rendimiento de forraje muestra de 10,000 y 13,000 kg MS ha^{-1}, sin embargo, el rebrote es el factor primordial que determina la productividad de una pradera, al igual que es restringido por condiciones ambientales, tales como la temperatura, humedad, fertilidad del suelo, luz y manejo (Difante *et al.,* 2009). En cuanto a su respuesta animal. Los porcentajes de

digestibilidad varían de 61.2 a 71.6 %, sus concentraciones de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) están entre 27.4 a 34.7 % y de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) entre 23 y 24 % (Ramírez-Restrepo et al., 2006). No obstante, el trébol pata de pájaro es poco conocida y difundida en México. Por lo cual, es importante encontrar variedades que en cuanto a producción de materia seca sobresalgan, así como desarrollar estrategias de manejo que ayuden entender el comportamiento productivo de esta especie. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características morfológicas y de rendimiento de *Lotus corniculatus* L., con y sin la aplicación de inoculantes de la cepa *Rhizobium*.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó durante la estación de primavera del 2019 (04 de mayo al 22 de junio de 2019) en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, ubicada en Saltillo, al sureste del estado de Coahuila, México (25° 23′ de Latitud Norte y 101° 00′ de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m). El clima es templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremosos, predominando temperaturas máximas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimos inferiores a 0°C, con una precipitación media anual de 340 mm (Climate-Data-org, 2010). Durante el estudio la temperatura máxima varió de 28.6 a 32.3 °C, la mínima de 15.5 a 19.1 °C, la media de 22 a 25.7 °C. Se utilizó el genotipo 255301 de la especie trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.). Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en plantas inoculadas con una cepa del género *Rhizobium*, proporcionada por el Departamento de Parasitología de UAAAN, Saltillo. La población total para cada tratamiento fue de 21 macetas; la unidad experimental consistió de una planta individual en una maceta de 17 x 17 cm, calibre 400 con capacidad de 0.95 lt, con un sustrato de arena de rio + tierra de monte, en una relación de 1:1. A los 84 días después del trasplante, se dio inicio al experimento con un corte de uniformización a 6 cm de altura residual y posteriores cortes semanales durante 7 semanas de rebrote. Las macetas se regaron cada tercer día, manteniendo la humedad edáfica cercana a capacidad de campo. El rendimiento de forraje se calculó al sumar el peso seco de los componentes morfológicos de la planta por tratamiento. El secado de estos componentes se llevó a cabo en una estufa de aire forzado durante 72 horas a peso constante. Para determinar la composición morfológica, se cosecho una planta de una maceta, por repetición por tratamiento por semana y se separó en hoja, tallo, material

muerto (senescente) e inflorescencia, de los cuales se calculó la aportación al rendimiento de materia seca en g MS planta-1 y porcentaje de portación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el rendimiento de forraje se presentaron diferencias entre semanas de rebrote, en ambas condiciones (genotipo con y sin inoculante) ($p<0.05$), no así entre tratamientos dentro de cada semana de rebrote ($p>0.05$). En la semana cinco en el tratamiento sin inoculante se mostraron los mayores rendimientos con 6.1 g MS planta^{-1}, mientras que, en el inoculado, los mayores valores se encontraron en las semanas 5, 6 y 7 ($p<0.05$) con 5.1, 5.9, y 5.0 g MS planta^{-1}, respectivamente (Figura 1). No obstante, los promedios muestran que los mayores valores se observan en las semanas 5 y 6 con 6.1 y 5.9 MS planta^{-1}, respectivamente. Por otra parte, los menores rendimientos los observamos en la primera semana de rebrote tanto para el *Lotus* sin inocular como para el inoculado, con valores de 0.2 y 0.3 g MS planta^{-1}, respectivamente. No obstante, García and Jeffrey (2003) en la misma especie encontraron mayores rendimientos en semana 1, siendo diferentes al corte 7, sin embargo, en este estudio, el primer corte se realizó a finales del otoño y en nuestro estudio se llevó cabo en la estación de primavera, por lo que las condiciones de clima pudieron marcar esta diferencia.

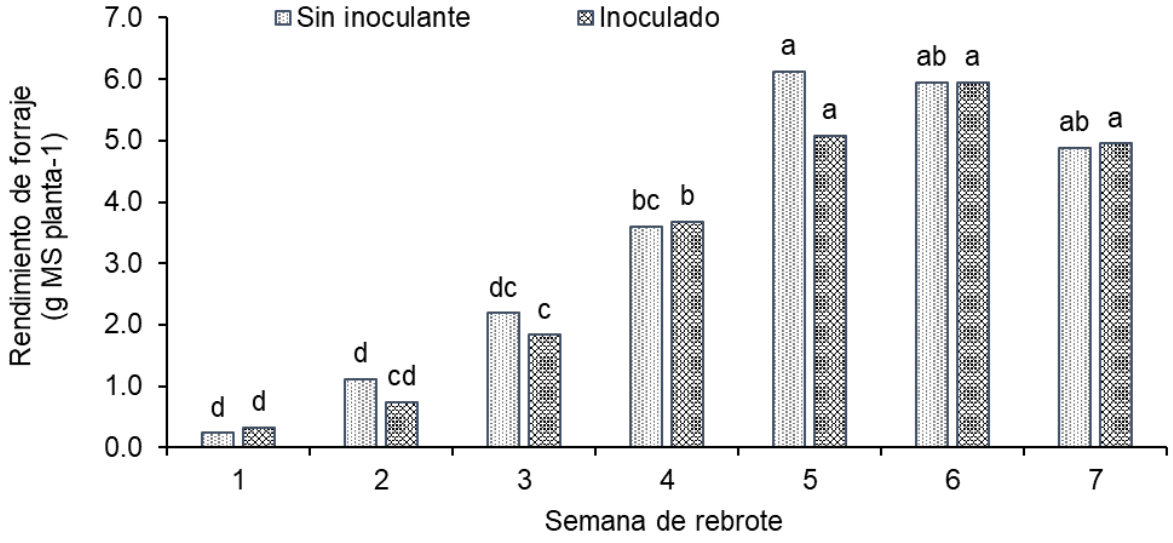


*Figura 4. Rendimiento de forraje (g MS planta^{-1}) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus *L.)*, *cosechado a diferente semana de rebrote. Diferente literal minúscula, entre semanas para cada tratamiento son diferentes estadísticamente ($p>0.05$), diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de rebrote, indican diferencia entre tratamientos ($p>0.05$).*

Por otro lado, en la composición morfológica los resultados mostraron diferencias entre semanas, ($p< 0.05$), no es el caso en los tratamientos donde no existen diferencias significativas ($p>0.05$). Se aprecia que el componente hoja representa el mayor porcentaje de aportación al rendimiento de forraje, teniendo los valores más altos en el tratamiento sin inoculante durante la semana cinco con 4.4 g MS planta^{-1} representando un 72 % del rendimiento por planta, mientras que para el tratamiento inoculado se registra en la semana seis con 3.9 g MS planta^{-1} y 66 %. Sin embargo, en ninguno de los componentes presenta una tendencia clara, en cuanto al porcentaje de aportación al rendimiento de materia seca, como se observa en el rendimiento. El comportamiento del componente tallo, en ambos tratamientos registró su valor más alto en la semana seis, representando un 34 % con 2.0 g MS planta^{-1} y 32 % con 1.8 g MS planta^{-1}, sin inoculante e inoculado respectivamente. No obstante, la senescencia o material muerto en la planta se observa más claramente a partir de la semana 4, teniendo mayor incidencia en la semana seis, en el tratamiento sin inocular 3 % con 0.2 g MS planta^{-1}. En cuanto a la inflorescencia fue nula su presencia ya que la especie no logro llegar a su máxima crecimiento fisiológico, sin embargo, la hoja y tallo pueden ser de mayor aporte al rendimiento, debido a las condiciones ambientales favorecieron su crecimiento (Difante *et al*., 2009).

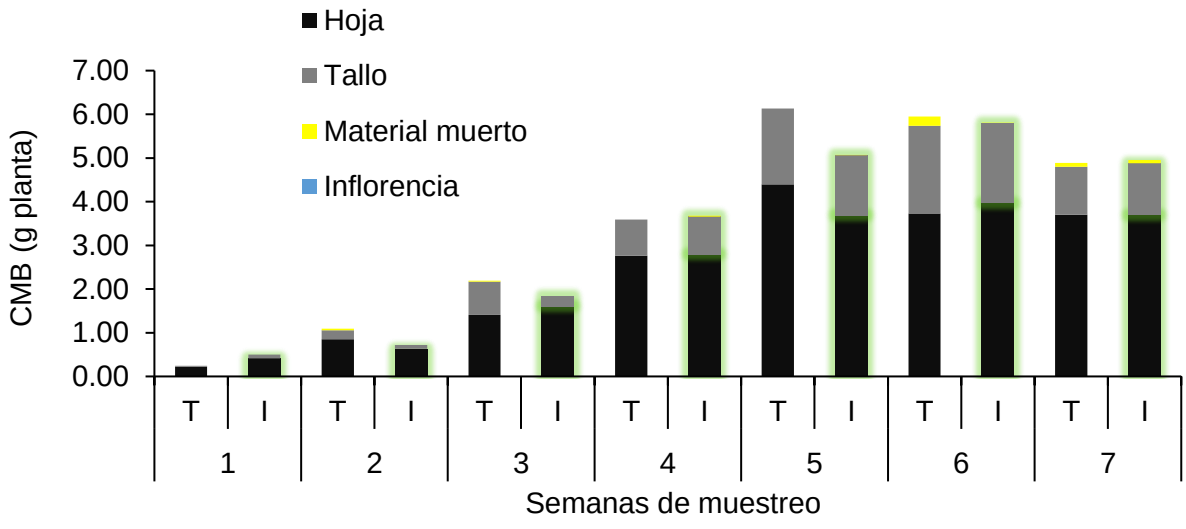


Figura 5. Composición botánica y morfológica (g planta^{-1}). T= Testigo (sin inocular), I = Tratamiento inoculado.

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje se incrementa con la edad del rebrote, alcanzando su máximo rendimiento en la semana cinco de rebrote. La composición morfológica del genotipo 255301 determina que el componente hoja, en los dos tratamientos, fue la que mayor aporte hizo al rendimiento durante las siete semanas de rebrote, seguida por el tallo, material muerto y maleza.

REFERENCIAS

Canals, R; Peralta, J. y Zubiri, E. 2009. Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica. , UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2. Recuperado el 01 de enero del 2020.

Climate. Data.org. 2010. https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/saltillo-4988/.

Difante Dos, S.G; Do Nacimento Jr, D; Batista-Euclides, V. P; Da Silva, S. C; Barbosa, A. R; Concalves, V. W. 2009. Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. Rev Bras Zootec; 38, pp 9-19.

Escaray, J. F, Menendeza, B. A; Garriza, A; Pieckenstaina, L. F; Estrella J. M; Castagnoa, N. L; Carrascoc, P; Sanjuand, J; Ruiza, A. O. 2012. Ecological and agronomic importance of the plant genus Lotus. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. Plant Science 182: 121 – 133.

García, G. y Jeffrey, J. 2003. Compatibilidad reproductiva y habilidad de transferencia de genes en *Lotus corniculatus* L. Revista Fitotecnia. México Vol. 26 (1), pp. 29-35. Recuperado el 24 de enero del 2020.

Marley, C. L; Fychan, R. y Jones, R. 2006. Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and varieties (birdsfoot trefoil and greater bidsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK. Grass and Forage Science 61, pp 134-145.

Ramírez-Restrepo, C. A; Barry, T. N; López-Villalobos, N. 2006. Organic matter digestibility of condensed tannin-containing Lotus corniculatus and its prediction in vitro using cellulase/hemicellulase enzymes. Animal Feed Science and Technology. 125, pp 61-71.

EFECTOS DE INSECTICIDAS SOBRE LAS DENSIDADES DE MOSCA BLANCA, *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), Y SU GRADO DE PARASITISMO EN ALGODONERO

EFFECTS OF INSECTICIDES ON WHITEFLY, *Bemisia tabaci* (GENNADIUS, 1889) (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), DENSITIES AND ITS DEGREE OF PARASITISM IN COTTON

Jorge Maltos-Buendía[1], Urbano Nava-Camberos[2,3], Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa[4], Verónica Ávila-Rodríguez[2], Homero Sánchez-Galván[2]

[1]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [2]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [4]Universidad Politécnica de la Región Laguna.

e-mail: jmaltosb@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la efectividad de tres insecticidas para el control de ninfas de mosca blanca; así como su impacto en el grado de parasitismo en el cultivo del algodonero. Los tratamientos evaluados fueron 1) acefate dosis alta, 2) acefate dosis media, 3) acefate dosis baja, 4) pyriproxifen, 5) acetamiprid y 6) testigo sin tratar. Se realizaron muestreos semanales de ninfas de mosca blanca y ninfas parasitadas, colectando la hoja del quinto nudo y revisándola con un estereoscopio, registrando el número de ninfas viables y el número de ninfas parasitadas. Se determinó que los insecticidas más efectivos para el control de ninfas de mosca blanca fueron pyriproxifen y acetamiprid, los cuales poseen selectividad y permiten la conservación de los parasitoides.

Palabras clave: Mosca blanca, control biológico, parasitismo, *Eretmocerus* sp.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of evaluating the effectiveness of three insecticides for the control of whitefly nymphs and to determine their impact on the degree of nymph parasitism in cotton. The treatments evaluated were: 1) acephate high dose 2) acephate medium dose, 3) acepahte low dose, 4) pyriproxifen, 5) acetamiprid and 6) untreated control. Weekly sampling of whitefly nymphs and parasitized nymphs were carried out, collecting the leaf from the fifth node, and reviewing it with a stereoscope, noting the number of viable an parasitized nymphs. It was determined that the most effective insecticides against whitefly nymps were pyriproxifen and acetamiprid, in addition of being selective to parasitoids.

Key words: Whitefly, biological control, parasitism, *Eretmocerus* sp.

INTRODUCCION

El cultivo del algodonero, *Gossypium hirsutum* L., 1763, es el más importante de las fibras naturales por su rápido desarrollo y múltiples aplicaciones en la industria, en México es uno de los cultivos de mayor importancia. Durante el 2022 se sembraron 195.9 mil ha, produciendo 909.8 mil toneladas con un valor de $14.5 mil millones de pesos mexicanos (SIAP, 2022). El mismo año, Coahuila fue el tercer estado con mayor superficie sembrada 14.5 mil ha y producción de algodón 73.4 mil toneladas, superado solamente por Chihuahua y Baja California. La Región Laguna fue el distrito más importante en la producción de algodón del estado, fue el cuarto cultivo más sembrado con una superficie de 11.2 mil ha y una producción de 55.1 mil toneladas, y fue el tercer cultivo con mayor rentabilidad económica $899 miles de pesos mexicanos (SIAP, 2022).

Esta producción se ve afectada debido a diferentes causas que reducen el rendimiento en el algodonero, de las cuales, la más importante es la presencia de insectos plaga. En el algodón existe una gran diversidad de insectos plaga, los más importantes son el gusano rosado *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) “actualmente erradicado en la región”, gusano bellotero *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850), gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808), gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), el picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman, 1843, la conchuela *Chlorochroa ligata* (Say, 1832), pulgón del algodón *Aphis gossypii* Glover, 1877 y la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), estos insectos pueden ocasionar pérdidas en el rendimiento desde un 40% hasta un 100% (Gil-Rivero & López-Medina, 2017; Nava-Camberos *et al*., 2018). Actualmente *B*. *tabaci* representa un problema fitosanitario muy importante en los

cultivos de algodón de la Región Laguna, los daños directos en el cultivo son por la alimentación de ninfas y adultos presentes en las hojas, que al alimentarse de la savia reducen el vigor de la planta, mientras que los daños indirectos son por la secreción de mielecilla (principalmente trehalulosa, melecitosa, sacarosa, fructosa y glucosa), la cual en las hojas propicia la formación de fumagina reduciendo la capacidad fotosintética de la planta, y también contamina la fibra, reduciendo su calidad y volviéndola pegajosa, esto último ocasiona problemas en el procesamiento de la fibra y desgasta el equipo utilizado (Yee *et al*., 1996; Cuellar & Morales, 2006).

El principal método de control de *B. tabaci* en el algodonero es mediante el uso de insecticidas sintéticos, pero, la aplicación de productos de forma inadecuada puede propiciar la resistencia a insecticidas por parte de los insectos plaga, la eliminación de los insectos benéficos presentes en el cultivo y la contaminación en el medio ambiente, siendo contraproducente. Una alternativa para el manejo de *B. tabaci* es mediante el control biológico, en el algodón existen insectos depredadores y parasitoides que de manera natural regulan a las poblaciones de mosca blanca. Simmons & Minkenberg (1994) encontraron a *Eretmocerus nr. californicus* (Howard, 1931) parasitando de forma natural a ninfas de *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring, 1994) en parcelas de algodón al sur de California, con un control que va del 14% hasta un 39%. López *et al*. (2010) realizaron liberaciones de *Encarsia formosa* (Gahan, 1924) y aplicaciones de insecticidas biorracionales para controlar a *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856 en tomate y lograron un control de hasta el 75% de ninfas. Al norte de Sinaloa se identificó a *Eretmocerus eremicus* (Rose and Zolnerowich, 1997) como el parasitoide más importante de mosca blanca en algodonero (Cortez-Mondaca *et al*., 2017; Zhang *et al*., 2020).

Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de diferentes insecticidas en las densidades de ninfas de mosca blanca y en su grado de parasitismo natural en el cultivo del algodonero en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en un predio de algodonero en el Campo Experimental La Laguna (CELALA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2022. Se evaluaron seis tratamientos bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) acefate dosis alta (1123 gr/ ha), 2) acefate dosis media (561.5 gr/ ha), 3) acefate dosis baja (280.75 gr/ ha), 4) pyriproxifen (60.64 gr/ ha), 5)

acetamiprid (112.30 gr/ ha) y 6) testigo sin tratar. Cada tratamiento consistió de 12 surcos de 100 m de largo por 0.76 m de ancho, con una superficie total de 912 m^2. Se realizaron tres aplicaciones de insecticidas el 29 de junio, 12 y 26 de julio, excepto en el tratamiento 2 el cual solo se aplicó dos veces. Las aplicaciones se realizaron con una aspersora de mochila motorizada marca Arimitsu de 25 L de capacidad con un aguilón de 4 boquillas de cono hueco, el volumen de aplicación fue de 250 L / ha. Se realizaron muestreos semanales de ninfas de mosca blanca del 23 de junio al 7 de septiembre, colectando 25 hojas del quinto nudo por repetición y un total de 100 hojas por tratamiento. Se contabilizaron y registraron las ninfas grandes presentes en un disco foliar de 2.88 cm^2, localizado en el segundo sector del envés de la hoja (Nava-Camberos *et al*., 2021), para lo cual se utilizó un estereoscopio marca Carl Zeiss Stemi DV4. Para evaluar el grado de parasitismo se cuantificaron las ninfas con apariencia de parasitismo (obscuras) presentes en el envés de la hoja. Los datos se registraron y procesaron en una base de datos del programa Excel.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidades de ninfas de mosca blanca. Los tratamientos con mayor número de ninfas fueron acefate dosis alta, media y baja (8.5, 10.6 y 5.8 ninfas/disco foliar) el 7 de julio (8 días después de la primera aplicación), superando al testigo sin tratar (4.7 ninfas/disco foliar). En esta fecha de muestreo, pyriproxifen y acetamiprid presentaron las densidades más bajas de ninfas (promedios de 3.97 y 2.05 ninfas/disco foliar, respectivamente) (Figura 1).

El 13 de julio (1 día después de la segunda aplicación), las densidades de ninfas de mosca blanca se redujeron en todos los tratamientos. En el testigo sin tratar la densidad de mosca blanca fue de 1.95 ninfas/disco foliar. Para acefate dosis alta, baja y media las densidades de la plaga fueron de 4.8, 4.3 y 4.1 ninfas/disco foliar, respectivamente. Acetamiprid y pyriproxifen presentaron densidades de 0.62 y 0.32 ninfas/disco foliar, respectivamente (Figura 1).

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que pyriproxifen y acetamiprid redujeron las poblaciones de ninfas de mosca blanca por debajo del testigo sin tratar. Por el contrario, acefate a las tres dosis evaluadas presentó densidades de ninfas más altas. Las densidades de mosca blanca en el acefate corresponden a lo reportado por Nava-Camberos *et al*. (2021), quienes encontraron que las poblaciones de ninfas y adultos de mosca blanca son mayores en los predios aplicados con mayor frecuencia con insecticidas de amplio espectro, porque reducen a las poblaciones de insectos benéficos, las cuales de

forma natural mantienen reguladas a las poblaciones de adultos y ninfas de mosca blanca. Esto también se ve reflejado en los tratamientos a base de pyriproxifen y acetamiprid, ya que el primero es un IGR (Regulador del Crecimiento de Insectos) y el segundo se le considera un producto biorracional, ambos en mayor a menor medida son selectivos, permiten la conservación de la entomofauna benéfica, y regulan a las poblaciones de mosca blanca (Gogi *et al*., 2021).

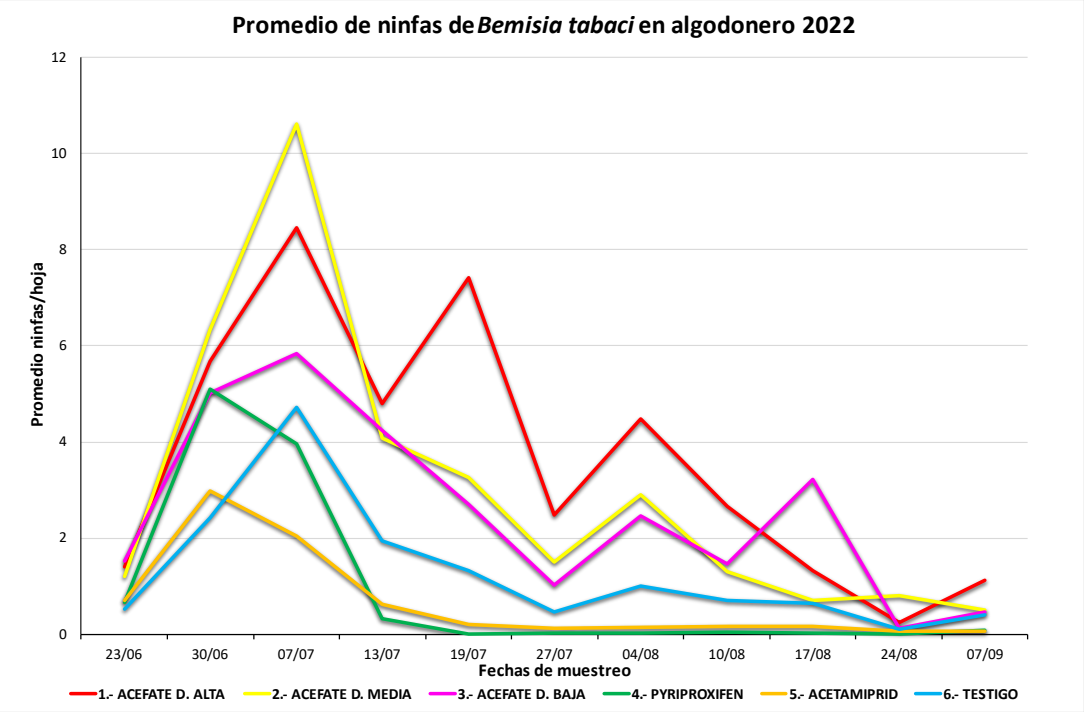


Figura 1. Promedios de ninfas de mosca blanca por disco foliar en los tratamientos de insecticidas evaluados.

Grado de parasitismo en ninfas de mosca blanca. El parasitoide más frecuentemente observado parasitando ninfas de mosca blanca es *Eretmocerus* sp. (Figura 2). El grado de parasitismo varió entre los tratamientos aplicados con respecto al testigo sin tratar. El testigo sin tratar obtuvo el mayor número de ninfas parasitadas durante todas las fechas de muestreo (78 ninfas parasitadas), seguido por acefate dosis media (50 ninfas parasitadas), acefate dosis alta (26 ninfas parasitadas), acefate dosis baja (23 ninfas parasitadas), acetamiprid (12 ninfas parasitadas) y pyriproxifen (6 ninfas parasitadas). Durante la primera fecha de muestreo (27 julio, 1 día después de la tercera aplicación) las poblaciones de ninfas parasitadas fueron de 8 para el testigo sin tratar, 4 para acefate dosis media, 3 para acetamiprid, 1 para pyriproxifen y 0 para acefate dosis alta y baja (Figura 3).

Durante el resto de las fechas de muestreo se observa que los tratamientos acefate dosis alta, media y baja y testigo sin tratar son los que tienen mayor número de ninfas de mosca blanca parasitadas, esto se debe a la recuperación en las poblaciones de parasitoides y al número tan elevado de ninfas de mosca blanca presentes en esos tratamientos. En el caso de los tratamientos pyriproxifen y acetamiprid se observó que al disminuir la población de ninfas de mosca blanca por la efectividad de los productos, también se redujo el número de ninfas parasitadas (Figura 3).



Figura 2. Parasitoide de mosca blanca: A) adulto de *Eretmocerus* sp., B) ninfa de mosca blanca parasitada, C) exuvia de ninfa de mosca blanca con orificio de emergencia del parasitoide.

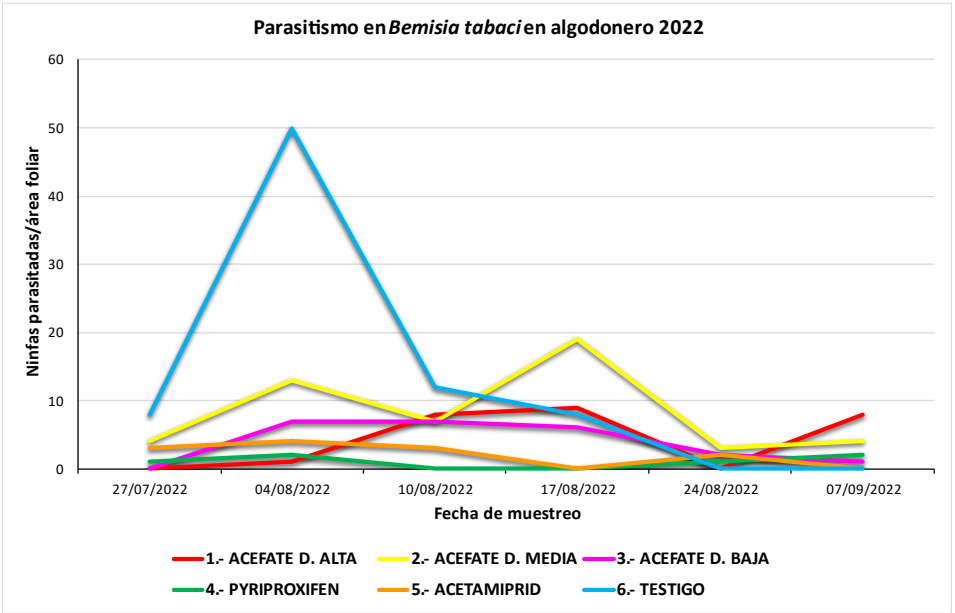


Figura 3. Parasitismo en ninfas de mosca blanca en 100 discos foliares.

Gogi *et al*. (2021), reportan que los productos selectivos y biorracionales, son compatibles con un plan de manejo contemplado a los parasitoides de mosca blanca, al evaluar diferentes productos IGR como el pyriproxifen en campo y laboratorio, se demostró que estos productos son ligeramente tóxicos contra adultos y pupas de parasitoides de mosca blanca (Figura 3), reduciendo menos del 50% de la población, además de que tienen efectos muy efectivos contra las ninfas de mosca blanca con una mortalidad del 80% hasta un 91%.

CONCLUSIONES

Los insecticidas más efectivos para el control de ninfas de mosca blanca fueron acetamiprid seguido por pyriproxifen, mientras que las diferentes dosis de acefate, en particular la dosis alta, tuvieron densidades más altas de ninfas de mosca blanca que el testigo sin tratar. El nivel de parasitismo se ve afectado por los tratamientos de insecticidas, disminuyendo en los tratamientos a base de acefate y aumentando al final del ciclo cuando se suspendieron las aplicaciones. Los tratamientos aplicados con acetamiprid y pyriproxifen presentaron un buen número de ninfas parasitadas, con respecto a la población de ninfas de mosca blanca presentes. Los insecticidas acetamiprid y pyriproxifen pueden ser utilizados estratégicamente en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) contra *Bemisia tabaci* en algodonero.

REFERENCIAS

Cortez-Mondaca, E., Pérez-Márquez, J., Valenzuela-Escoboza, F. A. 2017. Parasitoides de mosca blanca en tres fechas de siembra de algodonero transgénico y convencional en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8, 1441–1448.

Cuellar, M. E., Morales, F. J. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*, 32, 1–9.

Gil-Rivero, A. E., López-Medina, S. E. 2017. Principales plagas y controladores biológicos de *Gossypium hirsutum* L." algodón nativo" de fibra verde en relación a su ciclo fenológico. *Arnaldoa*, 24, 359–368. http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24118

Gogi, M. D., Syed, A. H., Atta, B., Sufyan, M., Arif, M. J., Arshad, M., Nawaz, A., Khan, M. A., Mukhtar, A., Liburd, O. E. 2021. Efficacy of biorational insecticides against *Bemisia tabaci* (Genn.) and their selectivity for its parasitoid *Encarsia formosa* Gahan

on Bt cotton. Scientific reports, 11, 2101. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81585-x

López, S. N., Riquelme, M. B., Botto, E. 2010. Integración del control biológico y químico de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 36, 190–194.

Nava-Camberos, U., Ávila-Rodríguez, V., Maltos-Buendía, J., García-Hernández, J. L., Martínez-Carrillo, J. L. 2018. Densidades y daños de insectos plaga en algodonero convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist*, 43, 985–993. https://doi.org/10.3958/059.043.0415

Nava-Camberos, U., Maltos-Buendía, J., Ávila-Rodríguez, V., Hernández-Leal, E., Franco-Gaytán, I., Rivera-Zamarripa, A. D., Valenzuela-García, A. A., Estrada-Rodríguez, J. L.,Sánchez-Galván, H. 2021. Densidades de Mosca Blanca, *Bemisia tabaci*, e Insectos Depredadores Asociados en Algodonero. *Southwestern Entomologist*, 46, 463–478.
https://doi.org/10.3958/059.046.0216

SIAP 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Disponible en: https://www.gob.mx/siap (consultado 11 agosto 2023).

Simmons, G. S., Minkenberg, O. P. 1994. Field-cage evaluation of augmentative biological control of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in Southern California cotton with the parasitoid *Eretmocerus nr. californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environmental Entomology*, 23, 1552–1557. https://doi.org/10.1093/ee/23.6.1552

Yee, W. L., Hendrix, D. L., Toscano, N. C., Chu, C. C., Henneberry, T. J. 1996. Diurnal field patterns of honeydew sugar secretion by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) nymphs on cotton. *Environmental entomology*, 25, 776–782.
https://doi.org/10.1093/ee/25.4.776

Zhang, X., Ferrante, M., Wan, F., Yang, N., Lövei, G. L. 2020. The parasitoid *Eretmocerus hayati* is compatible with barrier cropping to decrease whitefly (*Bemisia tabaci* MED) densities on cotton in China. *Insects*, 11, 57. https://doi.org/10.3390/insects11010057

EFECTO DE INSECTICIDAS DE AMPLIO ESPECTRO Y BIORRACIONAL SOBRE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE MOSCA BLANCA, *BEMISIA TABACI* Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN ALGODONERO.

EFFECT OF BROAD-SPECTRUM AND BIORATIONAL INSECTICIDES ON THE POPULATION DENSITY OF WHITEFLY, *BEMISIA TABACI* AND THEIR NATURAL ENEMIES IN COTTON.

Jorge Maltos-Buendía[1,2], Urbano Nava-Camberos[3,4], Enrique Hernández-Leal[1], Iván Franco-Gaytán[1], y Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa[4].

[1]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [2] Colegio de Postgraduados, [3]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, [4]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. E-mail: maltos.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) se ha convertido en una plaga de importancia primaria del algodonero en México, afecta negativamente el rendimiento y la calidad de la fibra. Este estudio se realizó con el fin de evaluar el efecto que tienen los insecticidas de amplio espectro y biorracional sobre la densidad poblacional de mosca blanca y los insectos depredadores nativos en el cultivo de algodón. Se establecieron seis tratamientos, acefate en tres dosis: alta, media y baja; acetamiprid, un regulador del crecimiento (pyriproxifen) y un testigo sin tratar. La densidad poblacional de adultos y ninfas de *B. tabaci* fue mayor en los tratamientos con acefate en las dosis alta y media, la dosis baja presentó una densidad poblacional intermedia, similar al testigo sin tratar, mientras que los tratamientos a base de acetamiprid y pyriproxifen presentaron la densidad más baja. Los tratamientos con el insecticida acefate y acetamiprid presentaron una menor población de depredadores en comparación al testigo sin tratar y al insecticida biorracional pyriproxifen. Se encontraron 16 especies de insectos depredadores, siendo *Orius* sp., *Rhinacloa sp.*, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Chrysoperla* sp., *Drapetis sp*. y arañas las más abundantes. Los resultados muestran la importancia del rol que juegan los insectos benéficos en el agroecosistema del algodón, en tanto el regulador de crecimiento

redujo la población de mosca blanca, manteniendose por debajo del umbral económico por el resto de la temporada.

ABSTRACT

The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) has become a pest of primary importance in cotton in Mexico, negatively affecting yield and fiber quality. This study was carried out in order to evaluate the effect of broad-spectrum and biorational insecticides on the population density of whitefly and native predatory insects in cotton cultivation. Six treatments were established, acephate in three doses: high, medium and low; acetamiprid, a growth regulator (pyriproxyfen) and an untreated control. The population density of adults and nymphs of *B. tabaci* was higher in the treatments with acephate in the high and medium doses, the low dose presented an intermediate population density, similar to the untreated control, while the treatments based on acetamiprid and pyriproxyfen They had the lowest density. The treatments with the insecticide acephate and acetamiprid presented a lower population of predators compared to the untreated control and the biorational insecticide pyriproxyfen. Sixteen species of predatory insects were found, being *Orius sp*., *Rhinacloa sp*., *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Chrysoperla sp*., *Drapetis sp*. and spiders the most abundant. The results show the importance of the role played by beneficial insects in the cotton agroecosystem, while the growth regulator reduced the whitefly population, remaining below the economic threshold for the rest of the season.

INTRODUCCIÓN

Las principales plagas del cultivo en la Comarca Lagunera son el picudo del algodón *Anthonomus grandis* (Boheman), la mosca blanca *B. tabaci* (Gennadius) y la conchuela *Chlorochroa ligata* (Say). Las poblaciones de mosca blanca se han incrementado notablemente afectando negativamente la calidad de la fibra y reduciendo su valor. La contaminación por mielecilla afecta el procesamiento de la fibra, ya que se adhiere a la maquinaria de hilatura, resultando en penalizaciones de precio (Hequet y Abidi 2002; Hequet et al. 2005). Durante el 2018 se realizaron un promedio de 2.0 aplicaciones de los insecticidas (Nava et al. 2019 a,b). Las directrices de MIP en el sistema de producción de algodón enfatizan la conservación de las especies beneficiosas (Deutscher et al. 2005). Los insecticidas de amplio espectro eliminan a los enemigos naturales de algunas plagas, por lo que se dificulta su control, en cambio, el uso de insecticidas selectivos ayudan a

conservar a la mayoría de los depredadores (Bordini, et al. 2021), por lo que es una buena táctica de conservación utilizar insecticidas de bajo impacto en los insectos benéficos (Barros et al. 2018). La mosca blanca se presenta de manera recurrente en el algodón, principalmente en predios cercanos a cultivos de melón (Nava et al. 2022). Ávila-Rodríguez et al. (2019) identificaron 35 especies, de las cuales 17 y 18 fueron fitófagas. Las especies de depredadores más abundantes fueron las chinches piratas, *Orius tristicolor* (White), *Orius leavigatus* (Fieber) y *Orius insidiosus* (Say). El control biológico por conservación puede ser una táctica efectiva para minimizar los daños a la producción agrícola ocasionados por insectos (Naranjo and Ellsworth 2009). Para la conservación de los depredadores se utilizan insecticidas reguladores del crecimiento de insectos (Naranjo et al. 2002). Vandervoet et al. (2018) mencionan que en Arizona, artrópodos generalistas proporcionan una regulación significativa de las poblaciones de *B. tabaci*. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar el efecto de insecticidas de amplio espectro y biorracional sobre la densidad poblacional de adultos, ninfas de mosca blanca, y sobre la población de insectos benéficos en el cultivo de algodón en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2022 en el Campo Experimental la Laguna del INIFAP, en Matamoros, Coahuila. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones; el tamaño de parcelas fue de 25 m de largo x 9.12 m de ancho con 12 surcos. Se utilizó el algodón DP 1820 B3XF, sembrando el 10 de abril. El manejo del cultivo se realizó conforme al paquete tecnológico del INIFAP. Se establecieron 6 tratamientos (Cuadro 1), realizando 3 aplicaciones los días 29 junio, 12 y 26 de julio. Se utilizó una aspersora de motor, con un volumen de 300 lt de agua/ha. Los muestreos de mosca blanca e insectos benéficos se realizaron de manera semanal del 15 de junio al 31 de agosto, registrando los adultos y ninfas de la hoja del 5º nudo de arriba hacia abajo en 30 plantas de los surcos centrales. Se registraron las ninfas desarrolladas del 3º y 4º instar del área foliar del segundo sector de la hoja (Ellsworth et al, 2012). Se realizaron 100 golpes de red en los surcos centrales de cada tratamiento para determinar la densidad poblacional de insectos benéficos. Los insectos capturados se colocaron en bolsas de papel de 2 kg y llevados al laboratorio del INIFAP para su identificación.

Cuadro 1. Evaluación de diferentes tratamientos sobre la densidad poblacional de mosca

blanca e insectos benéficos en algodón.

Tratamiento	Dosis g.i.a./ha	Número de aplicaciones
1.- Acefate	1123	3
2.- Acefate	561.5	3
3.- Acefate	280.75	2
4.- Pyriproxifen	60.64	3
5.- Acetamiprid	112.30	3
6.- Testigo	-------	0

La densidad de adultos, ninfas de mosca blanca e insectos benéficos fueron analizados como un diseño de bloques completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se transformaron los datos de densidades de insectos utilizando el logaritmo natural de (x+1) para estabilizar las varianzas (Ott, 1988). Se realizaron pruebas de DMS al 5% ($P \leq 0.05$) (PROC GLM) para las comparaciones de medias. Mediante el análisis de correlación de Pearson (PROC CORR) se determinó la relación entre las densidades de mosca blanca y las densidades de insectos depredadores. Se efectuaron análisis de regresión lineal simple para determinar la relación entre las densidades promedio de adultos y ninfas de moscas blancas y densidad poblacional de insectos benéficos nativos (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidades de Adultos de Mosca Blanca. Fueron variables por efecto del tratamiento de insecticida y de la fecha de muestreo (Fig. 1). Se detectaron diferencias significativas en las densidades de adultos entre tratamientos (Fc = 48.0, g.l. = 5, P = <0.0001); fechas de muestreo (Fc = 11.88, g.l. = 7, P = <0.0001), así como para la interacción tratamiento x fecha (Fc = 5.06, g.l. = 35, P = <0.0001). Las densidades más altas (16.9 y 10.0 adultos/hoja) tuvieron lugar en los tratamientos a base de acefate a la dosis de 1123 g i.a/ha y 561.5 g i.a/ha. La dosis baja de acefate (280.75 g i.a/ha) presentó una densidad intermedia (6.7 adultos/hoja), siendo estadísticamente igual a la del testigo sin tratar (7.1 adultos/hoja). Se observó una densidad intermedia en el tratamiento a base de pyriproxifen (6.2 adultos/hoja), siendo estadísticamente menor que la del testigo sin tratar. La densidad más baja (3.5 adultos/hoja) ocurrió en el tratamiento a base de acetamiprid.

Densidades de Ninfas de Mosca Blanca. Fueron variables en función del insecticida y de la fecha de muestreo (Fig. 2). Se detectaron diferencias significativas en las densidades de ninfas entre tratamientos (Fc = 99.1, g.l. = 5, P = <0.0001); fechas de muestreo (Fc = 22.1, g.l. = 7, P = <0.0001), así como para la interacción tratamiento x fecha (Fc = 5.4, g.l. = 35, P = <0.0001). Las densidades más altas (4.7 y 3.9 ninfas/hoja) tuvieron lugar en los tratamientos a base de acefate a la dosis de 1123 g i.a/ha y 561.5 g i.a/ha. La dosis baja de acefate (280.75 g i.a/ha) presentó una densidad intermedia (3.0 ninfas/hoja). Las densidades más bajas (0.9 ninfas/hoja) se presentaron en el tratamiento a base de acetamiprid, en el tratamiento a base de pyriproxifen (1.3 ninfas/hoja) y el testigo sin tratar (1.6), siendo estadísticamente iguales (Cuadro 2).

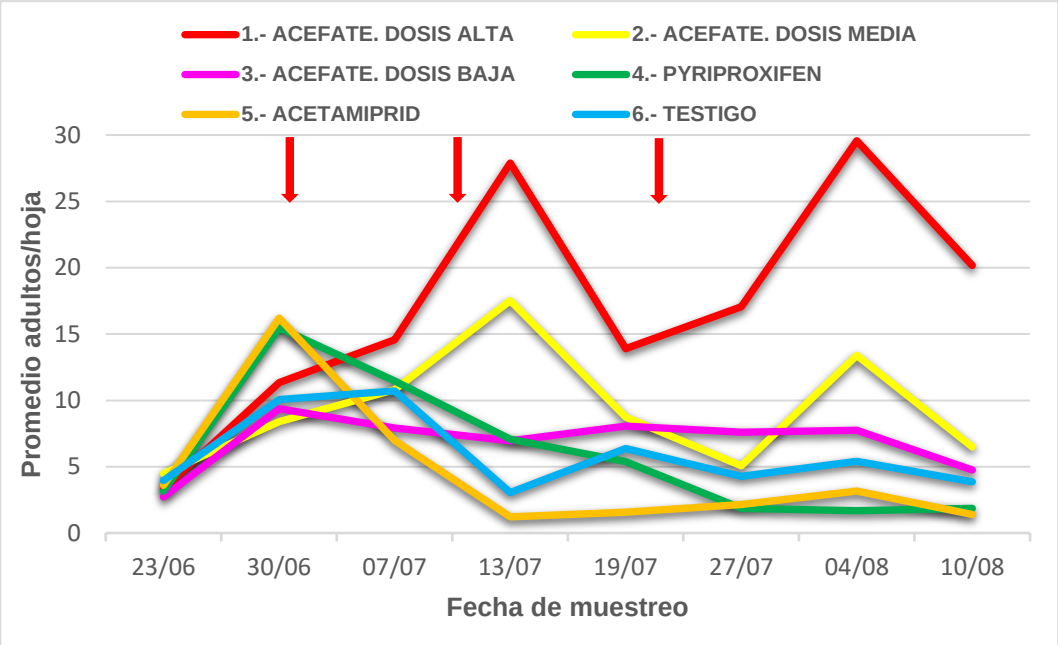


Figura 1. Fluctuación poblacional de adultos de *B. tabaci* con diferentes tratamientos de insecticida en el cultivo de algodón, Comarca Lagunera, México (las flechas indican la fecha de aplicación de los tratamientos).

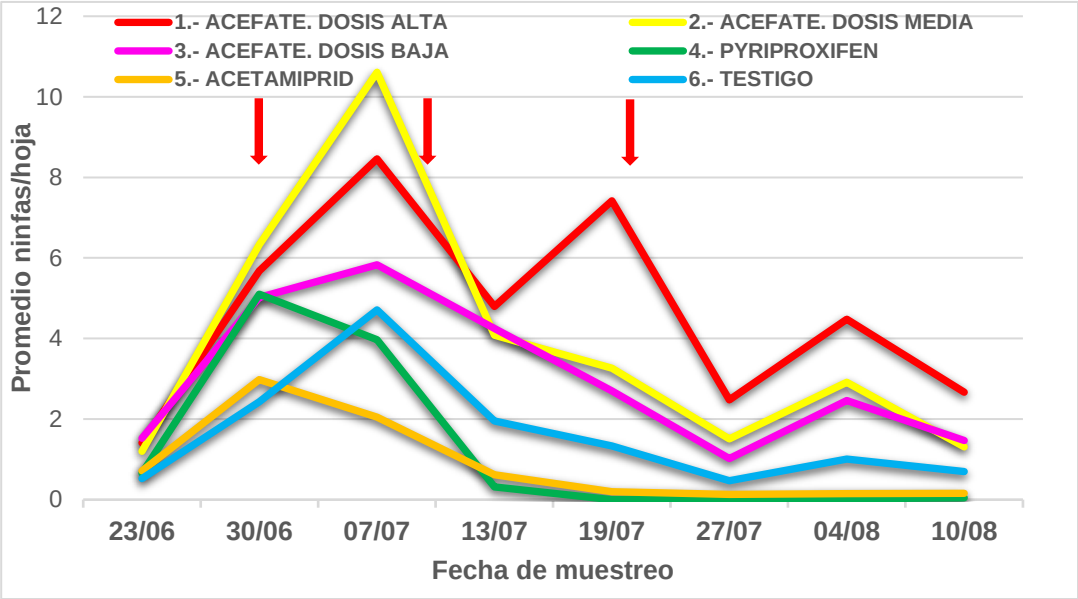


Figura 2. Fluctuación poblacional de ninfas de *B. tabaci* con diferentes tratamientos de insecticida en el cultivo de algodón, Comarca Lagunera, México.

Densidades de Insectos Depredadores. Se encontraron 16 especies de insectos depredadores, siendo las más abundantes *Orius* sp. (33.2% del total de depredadores), Miridos (23.1%), *H. convergens* (14.4%), *Crysoperla* sp. (13.8%), *Drapetis* sp. (5.5%) y arañas (3.8%). Los tratamientos a base del insecticida acefate dosis media y alta (562.5 y 1123 g i.a/ha) tuvieron las densidades más bajas de depredadores totales (10.3 a 10.8 insectos por 100 redeos), mientras que el tratamiento a base de Pyriproxifen y el testigo sin tratar que registraron la densidad más alta de insectos depredadores (figura 3).

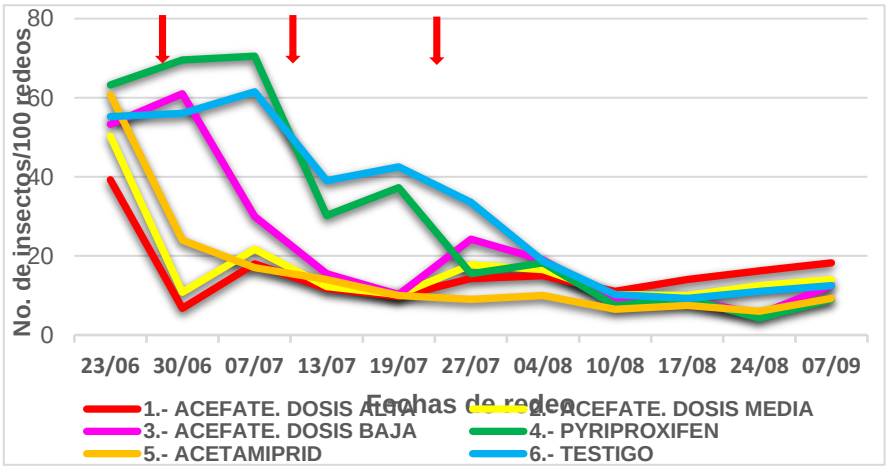


Figura 3. Fluctuación poblacional insectos benéficos con diferentes tratamientos de insecticida en el cultivo de algodón, Comarca Lagunera, México.

Cuadro 2. Relación entre tratamientos y densidades de mosca blanca y depredadores.

Tratamiento	Adultos MB	Ninfas MB	*Orius*	*H. conv*	*Crysoperla*	*Drapetis*	Arañas
1	16.9a	4.7a	4.8d	4.2ab	4.3abc	0.8b	0.5b
2	10.0b	3.9ab	6.9bc	3.8b	4.2ab	1.4ab	0.4b
3	6.7c	3.0b	8.7b	4.8a	4.8a	1.8a	0.8ab
4	6.2d	1.3c	16.3a	4.7ab	3.8bc	1.2ab	1.2a
5	3.5e	0.9c	7.9cd	2.5c	3.3c	1.9a	1.1a
6	7.1c	1.6c	15.9a	5.9a	3.4bc	1.3ab	1.0a

[a]Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre tratamientos (DMS, P = 0.05).

Los mayores efectos contra los insectos benéficos se registraron en los tratamientos a base de acefate y acetamiprid; Naranjo *et al*. (2002) mencionan que la abundancia de depredadores está en función del número de aplicaciones de insecticidas y la época en que se realizan; mientras que Ellsworth et al. (2006) señalan que el manejo de la mosca blanca en algodonero en Arizona se basa en la conservación de los enemigos naturales mediante el uso de insecticidas selectivos y efectivos contra dicha plaga. El insecticida biorracional pyriproxifen presentó la densidad más baja de *B. tabaci* durante la temporada, lo que coincide con Naranjo & Ellsworth (2009) quienes señalan que las aplicaciones únicas de reguladores de crecimiento fueron suficientes para suprimir las poblaciones de *B. tabaci* durante toda la temporada. Lo anterior concuerda con Asiimwe *et al*. (2016) quienes demostraron el importante rol que juegan los artrópodos depredadores en la supresión de la población de mosca blanca y validan la importancia del control biológico por conservación en el manejo integrado de la plaga en el algodonero. Estos resultados muestran los efectos adversos que ocasiona el uso de insecticidas de amplio espectro sobre los enemigos naturales de la mosca blanca, mientras que el insecticida biorracional proporciona un control efectivo de la plaga sin afectar la entomofauna benéfica.

REFERENCIAS

Asiimwe, P., C. P. Ellsworth, and S. E. Naranjo. 2016. Natural enemy impacts on *Bemisia tabaci* (MEAM1) dominate plant quality effects in the cotton system. Ecol. Entomol. 41: 642-652. DOI: 10.1111/een.12340

Ávila-Rodríguez, V., U. Nava-Camberos, J. L. García-Hernández, J. L. Martínez-Carrillo, and C. A. Blanco. 2019. Insect diversity in conventional and Bt cottons in the Comarca Lagunera, Mexico. Southwest. Entomol. 44: 383-392. ISSN: 0147-1724. DOI: 10.3958/059.044.0203.

Barros, E.M., da Silva-Torres, C.S.A., Torres, J.B. & G.G. Rolim. 2018. Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. Phytoparasitica 46, 391-404. https://doi.org/10.1007/s12600-018-0672-8

Bordini, I., Ellsworth, P.C., Naranjo, S.E. and A. Fournier. 2021. Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. Biological Control. Vol. 154. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104502

Deutscher S, Wilson L, Mensah R. 2005. Integrated pest management guidelines for cotton production systems in Australia. Cotton CRC Publication. (Cotton CRC: Narrabri, NSW).

Ellsworth, P. C., J. C. Palumbo, S. E. Naranjo, T. J. Dennehy, and R. L. Nichols. 2006. Whitefly management in Arizona cotton 2006. The University of Arizona Cooperative Extension, IPM Series No. 18. https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1404.pdf.

Ellsworth, P. C., L. Brown, G. Castro, and S. Naranjo. 2012. In 7 minutes or less. The University of Arizona Cooperative Extension, IPM Short. http://cals.arizona.edu/apmc/docs/WhiteflySamplingShort.pdf

Hequet E., Abidi N. (2002) Processing sticky cotton: implication of trehalulose in residue build-up. Journal of Cotton Science 6, 77–90.

Hequet EF, Abidi N, Ethridge D (2005) Processing sticky cotton: Effect of stickiness on yarn quality. Textile Research Journal 75, 402–410. doi:10.1177/0040514505053953

Naranjo, S. E., P. C. Ellsworth, C. C. Chu, and T. J. Henneberry. 2002. Conservation of predatory arthropods in cotton: role of action thresholds for *Bemisia tabaci*

(Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 95: 682-691. doi.org/10.1603/0022-0493-95.4.682

Naranjo, S. E., and P. C. Ellsworth. 2009. The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. Biol. Control 51: 458-470.

Nava C., U., V. Ávila R. y J. L. Martínez C. 2019 (a). Principales especies de insectos plaga del algodonero en México (cap. 5), pp. 71-86. *In*: Algodón GM en México, 20 Años de Siembra y Experiencia. M. G. Rocha M., L. E. Eguiarte F., M. Soberón Ch., M. A. Bravo de la P. y V. Souza S. (comp.). 1ª. Edición. UNAM. Cd. de México, México. ISBN: 978-607-30-2104-3.

Nava C., U., C. A. Blanco, M. G. Rocha M., S. Castañeda C., E. Niaves N., E Scheinvar G., A. P. Terán V., V. Ávila R., J. L. Martínez C. y S. Aguilar M. 2019 (b). Manejo de plagas en algodonero convencional y genéticamente modificado (cap. 6), pp. 87-125. *In*: Algodón GM en México, 20 Años de Siembra y Experiencia. M. G. Rocha M., L. E. Eguiarte F., M. Soberón Ch., M. A. Bravo de la P. y V. Souza S. (comp.). 1ª. Edición. UNAM. Cd. de México, México. ISBN: 978-607-30-2104-3.

Ott, L. 1988. An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. 3rd ed. PWS- Kent Publishing Co., Boston, MA.

SAS Institute. 2002. SAS User´s Guide. version 9.1. SAS Institute, Inc. Cary, NC.

Vandervoet, T. F., P. C. Ellsworth, Y. Carrière Y., and S. E. Naranjo. 2018. Quantifying conservation biological control for management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in cotton. J. Econ. Entomol. 20: 1-13. https://doi.org/10.1093/jee/toy049.

EFECTO DE MICORRIZAS ARBUSCULARES SOBRE EL CONTENIDO MINERAL DE MACROELEMENTOS EN HOJA DE *Stevia rebaudiana*

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[1]*, Rodrigo Cauich-Cauich[1], José María Tun-Suárez[1], Jairo Cristóbal-Alejo[2], Carlos Juan Alvarado-López[1], Genovevo Ramírez-Jaramillo[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Mocochá[2]. Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. División de estudios de posgrado e investigación.

Autor de correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los nutrientes juegan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en el caso de *Stevia rebaudiana* no es la excepción. Esta planta tiene varios beneficios para la salud, sin embargo, su principal uso es para endulzar bebidas de forma natural. Una forma de ayudar al cultivo a proporcionar macronutrientes y micronutrientes, es con el uso de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), los cuales trabajan en simbiosis con la raíz del cultivo, ayudándolo en el transporte de elementos inorgánicos desde el suelo a las plantas. Por lo anterior, y debido a la importancia del cultivo y las ventajas que proporcionan los HMA, en este estudio se evaluó el efecto de diferentes consorcios de HMA, en la composición mineral de las hojas mediante µ-Fluorescencia de Rayos X. Se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar los consorcios de HMA (RC, TZ, CY más un testigo sin inocular), y cinco niveles de fosforo (0, 25, 50, 75 y 100 %). Para el análisis de contenido mineral en las hojas, se utilizó µ-Fluorescencia de Rayos X (µ-XRF), y se cuantificó fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio. Se determinó que el contenido de fósforo en las fue mayor en los tratamientos C1+79 y C2+79, con 1.39 y 1.34 g kg^{-1} de materia seca, respectivamente en comparación con plantas no inoculadas (0.15 g kg^{-1} de materia seca). Las concentraciones de potasio, azufre, calcio y magnesio, fueron significativamente mayores con adición de fósforo, sin embargo, mejoró en las plantas inoculadas con HMA. La simbiosis micorrícica beneficia la absorción de nutrientes esenciales en la planta de estevia, lo que puede resultar en un mayor crecimiento, producción de biomasa y síntesis de glucósidos de esteviol, los componentes dulces de la planta.

Palabras clave macroelementos, asimilación, hongos micorrícicos arbusculares

ABSTRACT

Nutrients play a crucial role in the growth and development of plants; in the case of *Stevia rebaudiana* it is no exception. This plant has several health benefits; however, its main use is to sweeten drinks naturally. One way to help the crop to provide macronutrients and micronutrients is with the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which work in symbiosis with the root of the crop, helping it transport inorganic elements from the soil to the plants. Due to the above, and due to the importance of cultivation and the advantages provided by AMF, in this study the effect of different AMF consortia was evaluated on the mineral composition of the leaves by means of µ-X-Ray Fluorescence. completely randomized design to evaluate the AMF consortia (RC, TZ, CY plus a control without inoculation), and five levels of phosphorus (0, 25, 50, 75 and 100%). For the analysis of mineral content in the leaves, µ-X-Ray Fluorescence (µ-XRF) was obtained, and phosphorus, potassium, sulfur, calcium and magnesium were quantified. It will be concluded that the phosphorus content in the plants was higher in the C1+79 and C2+79 treatments, with 1.39 and 1.34 g kg^{-1} of dry matter, respectively, compared to non-inoculated plants (0.15 g kg^{-1} of dry matter). The concentrations of potassium, sulfur, calcium and magnesium were significantly higher with the phosphorus mixtures, however, they improved in the plants inoculated with AMF. Mycorrhizal symbiosis enhances the uptake of essential nutrients in the stevia plant, which can lead to increased growth, biomass production and synthesis of steviol glycosides, the sweet components of the plant.

Key words macroelements, assimilation, arbuscular mycorrhizal fungi.

INTRODUCCION

En el crecimiento y desarrollo de las plantas, los nutrientes son fundamentales (Sieiro Miranda *et al*., 2020). Por tal motivo, es importarte proporcionar al cultivo macronutrientes y micronutrientes en forma balanceada, con la finalidad de ayudarlo en su desarrollo y rendimiento. Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son considerados un componte complementario en la nutrición de las plantas (Lanfranco *et al*., 2016), dado que se ha demostrado, que mejoran la absorción de fósforo por parte de la planta y la fotosíntesis a través de la simbiosis HMA-raíz, principalmente debido al aumento en el transporte de elementos inorgánicos desde el suelo a las plantas (Garzón, 2016). Esto como respuesta a la simbiosis obligada que realiza los HMA con las plantas, en esta asociación mutualista,

los HMA dependen del carbono precedente de la planta huésped y a cambio proporcionan a la planta de nutrientes esenciales como P, N, Zn y Cu (Smith y Lee, 2008).

La planta de estevia es sensible a la aplicación de fertilizantes, principalmente de nitrógeno, pues éste forma parte de proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas, reguladores de crecimiento y otros compuestos orgánicos que participan en las reacciones fisiológicas de las células (Jarma *et al*., 2010). Por ejemplo, el N en estevia estimula la producción de hojas, probablemente debido a las citoquininas que afectan significativamente el crecimiento, la productividad y el contenido de esteviósidos (Daza *et al*., 2015; Mohammed *et al*., 2019). En relación con el fósforo, una deficiencia de este mineral puede limitar su crecimiento, mientras que la escasez de potasio puede reducir la producción de ramas (Jarma *et al*. 2010). Investigaciones realizadas por Vafadar *et al*., 2014, mencionan que el uso de estos HMA, en el cultivo de estevia aumenta la biomasa de raíces y brotes, así como el contenido de esteviósido, clorofila y NPK. Por lo anterior, debido a la importancia del cultivo y las ventajas que proporcionan los HMA, en este estudio se evaluó el efecto de diferentes consorcios de HMA, en la ccomposición mineral de las hojas de *Stevia rebaudiana* mediante µ-Fluorescencia de Rayos X (µ-XRF).

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron tres consorcios de HMA que provenían de suelo de tres localidades del estado de Yucatán, México. C1: Reserva Cuxtal (RC), C2: Tizimín (TZ) y C3: Colonia Yucatán (CY). Los HMA se propagaron en macetas de 10 Kg de capacidad donde se sembraron semillas de *Zea mays* L. y *Sorghum bicolor* L. cv. Criollo como cultivos trampa. Después de 112 días, se tomó una muestra de 100 g de cada maceta de propagación y se extrajeron los HMA por el método de tamizado y decantación en húmedo por centrifugación. La concentración de los inóculos fue de 110 esporas por mL. Se utilizaron plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni cv. Morita II. El trasplante se realizó en una estructura protegida. El sustrato utilizado fue una mezcla de suelo franco arcillo-arenoso (arena: 57.32%, limo: 14%, arcilla: 28.68%. C.O: 9.58%, pH: 6.3, C.E: 0.007 dS m^{-1}, C.I.C: 121.23 meq/100g, nitrógeno total: 0.83%, fósforo disponible: 74.335 mg kg^{-1} y potasio intercambiable: 0.19 meq/100g), el cual se esterilizó por vapor de agua a 126°C durante 7 horas. Se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar los consorcios de HMA (C1:RC, C2:TZ, C3:CY más un testigo sin inocular (T), cinco niveles de fosforo (0, 25, 50, 75 y 100 %) suministrado al inicio de la prueba como; 0, 79, 158, 237 y 316 mg de P_20_5 kg^{-1} suelo respectivamente, en función de su exigencia nutricional (19 kg ha^{-1} ciclo) (Ramírez-Jaramillo y Lozano-contreras, 2017), y su interacción

recíproca (HMAxP). Los consorcios de HMA se aplicaron directamente en la zona radicular con 110 esporas al momento del trasplante. La interacción de los factores totalizó 20 tratamientos, con 4 repeticiones y 80 unidades experimentales. El análisis de contenido mineral en las hojas de *S. rebaudiana* se realizó a los 120 ddt por µ-Fluorescencia de Rayos X (µ-XRF), con las metodologías descritas por Chí-Sánchez *et al.* (2021) en un equipo M4Tornado 100 (Bruker, Alemania) en el Laboratorio de suelo y planta del TecNM-Campus Conkal. El haz colimador fue de 2 mm, el tubo de rayos X fue operado a 50kV y 200 µA y con un área sensible de 30 mm^2. Se cuantificó fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en g kg^{-1} de materia seca, principalmente por el aporte nutricional de estos proveen a las plantas. Las mediciones fueron realizadas al vacío a 20 mbar directamente a los porta muestras que contenían hoja seca y molida. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y como comparador de medias el método de Tukey (P≤0.05) mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2019 (Universidad Nacional de Córdova, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de fósforo en las hojas de *S. rebaudiana* fue mayor en los tratamientos C1+79 y C2+79 mg P_2O_5 kg^{-1} suelo, con 1.39 y 1.34 g kg^{-1} de materia seca, respectivamente en comparación con plantas no inoculadas (0.15 g kg^{-1} de materia seca). En esta combinación (consorcio + P) se observó un aumento por duplicado en comparación a la fertilización convencional (Testigo + 316 mg P_2O_5 kg^{-1} suelo) que registró 0.35 g kg. (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los de Mandal *et al.* (2015), quienes observaron contenidos de fósforo 56% mayor en plantas micorrizadas que en plantas testigo.

Los resultados son consistentes con el papel conocido de los HMA en la nutrición de las plantas, el contenido de fósforo por efecto de la simbiosis micorrícica se asocia principalmente a la actividad de las hifas extraradicales que proporcionan una vía adicional para la captación de fósforo (Miransari, 2011). Por otro lado, el resultado no fue favorecido con dosis altas de fósforo, lo que significa que, a niveles altos de fertilización con fósforo, la simbiosis micorrícica se interrumpe y se vuelve irrelevante para las plantas (Smith *et al.,* 2011).

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de consorcios micorrícicos arbusculares sobre el contenido de fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio en hojas *S. rebaudiana* a los 120 ddt.

Nutriente (g kg^{-1} hoja seca)	**P (mg de P_2O_5 kg^{-1} suelo)**	**Consorcio de HMA**				
		RC	**TZ**	**CY**	**Testigo**	**Media**
P	**0**	0.41 ± 0.05 c	0.54 ± 0.11 bc	0.37 ± 0.07 c	0.08 ± 0.01 f	0.35 D
	79	1.39 ± 0.20 a	0.79 ± 0.10 b	1.34 ± 0.21 a	0.15 ± 0.03 d	0.92 A
	158	1.12 ± 0.18 a	0.65 ± 0.13 b	0.97 ± 0.17 ab	0.24 ± 0.02 e	0.75 A
	237	0.81 ± 0.03 b	0.71 ± 0.09 b	0.64 ± 0.09 b	0.36 ± 0.09 c	0.63 AB
	316	0.53 ± 0.07 bc	0.47 ± 0.06 bc	0.52 ± 0.01 bc	0.35 ± 0.04 c	0.47 C
Media		0.85 A	0.63 AB	0.77 A	0.24 C	
Significancia: HMAxP= **; HMA= *; P= ****						
K	**0**	158.1 ± 5.93 e	167.2 ± 3.22 e	181.8 ± 2.95 ce	96.4 ± 3.77 f	150.9 C
	79	220.9 ± 3.54 b	226.2 ± 5.92 b	259.6 ± 6.83 a	162.2 ± 7.12 e	217.2 A
	158	169.5 ± 11.12 e	193.1 ± 11.66 c	203.2 ± 10.31 c	134.0 ± 20.54 ef	174.9 B
	237	203.6 ± 4.57 c	193.8 ± 4.60 cd	167.1 ± 12.02 e	117.8 ± 26.21 f	170.6 B
	316	166.6 ± 6.62 e	177.7 ± 3.81 ce	227.5 ± 11.62 b	135.7 ± 3.26 f	176.7 B
Media		183.8 B	191.6 B	207.8 A	129.2 C	
Significancia: HMAxP= *; HMA= *; P= *****						
S	**0**	0.30 ± 0.08 bcd	0.34 ± 0.06 bcd	0.17 ± 0.01 d	0.26 ± 0.08 d	0.27 B
	79	0.58 ± 0.04 b	0.56 ± 0.05 b	0.44 ± 0.01 bc	0.45 ± 0.10 b	0.51 A
	158	0.22 ± 0.07 d	0.45 ± 0.06 bc	0.42 ± 0.05 bc	0.42 ± 0.07 bc	0.38 AB

	237	0.39 ± 0.04 bc	0.21 ± 0.05 d	0.34 ± 0.06 bc	0.23 ± 0.06 cd	0.29 B
	316	0.29 ± 0.08 bcd	0.42 ± 0.09 bc	0.73 ± 0.08 a	0.42 ± 0.02 bc	0.46 A
Significancia: HMAxP= ns; HMA= ns; P= **						
	0	111.4 ± 3.53 bc	117.2 ± 1.38 b	116.8 ± 0.93 b	65.9 ± 3.91 def	102.88 B
	79	135.9 ± 1.38 ab	130.9 ± 3.32 ab	139.7 ± 3.01 a	84.3 ± 3.37 de	122.58 A
Ca	**158**	123.9 ± 6.80 b	123.7 ± 6.92 b	137.2 ± 5.00 a	82.2 ± 12.74 d	116.82 A
	237	114.8 ± 2.52 b	104.2 ± 2.17 dc	111.5 ± 7.45 b	60.6 ± 13.13 def	97.83 B
	316	94.4 ± 3.53 d	97.3 ± 1.33 d	118.2 ± 5.32 b	88.4 ± 2.39 de	99.61 B
Media		115.9 B	114.7 B	124.7 A	76.3 C	
Significancia: HMAxP= *; HMA= *; P= ****						
	0	1.90 ± 0.15	4.37 ± 1.31	3.38 ± 0.24	2.39 ± 0.52	
	79	2.13 ± 0.67	6.03 ± 1.25	7.12 ± 0.57	2.05 ± 0.81	
Mg	**158**	3.05 ± 0.77	6.43 ± 0.77	3.95 ± 1.03	4.72 ± 1.63	
	237	5.46 ± 0.68	4.84 ± 1.35	4.46 ± 1.26	3.83 ± 0.64	
	316	3.17 ± 0.58	3.74 ± 0.94	4.06 ± 1.36	2.33 ± 0.88	
Media		3.14 B	5.08 A	4.60 A	3.06 B	
Significancia: HMAxP= ns; HMA= **; P= ns						

Medias (n= 3) ± desviación estándar. Letras minúsculas indican el efecto de la interacción HMA*P. Letras mayúsculas en la fila indican el efecto de consorcios de HMA. Letras mayúsculas en la columna indican el efecto de los niveles de fósforo. La significancia se indica como: ns: no significativo, *: significativo a p≤0.05, **: significativo a p≤0.01, ***: significativo a p≤0.001.

Por su parte, Tavarini *et al.* (2018) observaron que a dosis bajas de fertilización con fósforo (25 mg de P_2O_5 kg^{-1} suelo), las plantas de *S. rebaudiana* inoculadas con HMA mostraron contenidos de fósforo significativamente más altas en las hojas. Del mismo modo, Hoseini *et al.* (2015) encontraron mayor contenido de fósforo con la inoculación de *Funneliformis*

mossae, sin embargo, la inoculación de consorcios de HMA nativos en *S. rebaudiana* beneficia la absorción de fósforo.

Las concentraciones de potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg), fueron significativamente mayores con adición de fósforo, Sin embargo, mejoró en las plantas inoculadas con HMA. Las concentraciones de potasio, azufre y calcio fueron 37.6%, 22.5% y 39.4% más altas con la combinación del consorcio C3, así como con consorcio C1 y C3 con 79 mg de P_2O_5 kg^{-1} suelo en comparación a la sola fertilización con fósforo, respectivamente (Cuadro 1). Un adecuado estado nutricional en las plantas con macroelementos contribuye al aumento de biomasa, así como al número y tamaño de las hojas (Nasiri *et al.,* 2010). La eficiencia en la absorción de macroelementos se ve favorecido por el extenso micelio extraradical de los HMA que equipa al sistema de raíces de la planta con una mayor superficie para la absorción de nutrientes y agua (Jefferies *et al.,* 2003).

En *S. rebaudiana* los estudios sobre el efecto de la fertilización en la productividad son escasos (Rashid *et al*., 2013; Díaz-Gutiérrez *et al.,* 2020). Sin embargo, se sabe que, entre los nutrientes, el fósforo y el potasio se consideran los más importantes tanto para la producción de biomasa, así como para la síntesis de glucósidos de esteviol (Karimi y Moradi, 2018). Se ha informado que el potasio juega un papel importante en la capacidad y calidad fotosintética, regulando el cierre estomático y manteniendo el equilibrio hídrico en las hojas de *S. rebaudiana* en circunstancias de alta temperatura y luz intensa (Ma *et al.,* 2012). Sin embargo, otros nutrientes como el azufre, calcio y magnesio son necesarios no solo para el crecimiento de las hojas, sino también para la producción de glucósidos de esteviol, ya que están involucrados directa o indirectamente en la ruta de biosintética de esteviósido y rebaudiósido-A (Brandle y Telmer, 2007).

CONCLUSIONES

El contenido de fósforo en las hojas de *S. rebaudiana* fue mayor en los tratamientos C1 y C2 en comparación con plantas no inoculadas. Las concentraciones de potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg), fueron significativamente mayores con adición de fósforo, Sin embargo, mejoró en las plantas inoculadas con HMA. La simbiosis micorrícica beneficia la absorción de nutrientes esenciales en la planta de estevia, lo que puede resultar en un mayor crecimiento, producción de biomasa y síntesis de glucósidos de esteviol, los componentes dulces de la planta.

REFERENCIAS

Brandle, J., E., and Telmer, P., G. (2007). Steviol glycoside biosynthesis. Phytochemistry. 68(14): 1855-1863.

Chí-Sánchez, F.A., Alvarado-López, C.J., Cristóbal-Alejo, J., González-Moreno, A., and Reyes-Ramírez, A. (2021). Contenido mineral de maíces criollos de Yucatán: análisis mediante µ-Fluorescencia de Rayos X. *Terra Latinoamericana*, *39*. e454.

Daza, M. C., Díaz, J., Aguirre, E., & Urrutia, N. (2015). Efecto de abonos de liberación lenta en la lixiviación de nitratos y nutrición nitrogenada en estevia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 9(1): 112-123.

Díaz-Gutiérrez, C., Hurtado, A., Ortíz, A., Poschenrieder, C., Arroyave, C., and Peláez, C. (2020). Increase in steviol glycosides production from *Stevia rebaudiana* Bertoni under organo-mineral fertilization. Industrial Crops and Products. (147): 112220.

Garzón, L.P. (2016). Importancia de las Micorrizas Arbusculares (Ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. Luna azul. (42):217-34.

Hoseini, R., Mohammadi, E., and Kalatejari, S. (2015). Effect of bio-fertilizer on growth, development and nutrient content (leaf and soil) of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Journal of Crop Protection. 4(5): 691-704.

Jarma, J., E. Combatt y J. Cleves. (2010). Aspectos nutricionales y metabolismo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Una revisión. Agronomía Colombiana. 28(2): 199-208.

Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., Barea, J.M. (2003). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and fertility of soils, 37(1): 1-16.

Karimi, M., and Moradi, K. (2018). The response of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to nitrogen supply under greenhouse condition. Journal of Plant Nutrition. 41(13): 1695-1704.

Lanfranco, L., Bonfante, P., & Genre, A. (2016). The mutualistic interaction between plants and arbuscular mycorrhizal fungi. Microbiology spectrum. 4(6): 4-6.

Ma, L., Ren, G. X., Shi, Y. (2012). Effects of potassium fertilizer on diurnal change of photosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni. Advanced Materials Research. 343:1087-1091.

Mandal, S., Upadhyay, S., Singh, V., P., Kapoor, R. (2015). Enhanced production of steviol glycosides in mycorrhizal plants: a concerted effect of arbuscular mycorrhizal

symbiosis on transcription of biosynthetic genes. Plant Physiology and Biochemistry. 89: 100-106.

Miransari, M. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen uptake. Archives of microbiology. 193(2): 77-81.

Mohammed, M. H., Meawad, A. A. A., El-Mogy, E. E. A. M., & Abdelkader, M. (2019). Growth, yield components and chemical constituents of *Stevia rebaudiana* Bert. as affected by humic acid and NPK fertilization rates. Zagazig Journal of Agricultural Research, 46(1): 13-26.

Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N., Ghassemi-Golezani, K. (2010). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal Plants Research. 4(17): 1733-1737.

Ramírez-Jaramillo, G. y Lozano-Contreras, M. G. (2017). La producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni en México. Agro Productividad, 10(8): 84-90.

Rashid, Z., Rashid, M., Inamullah, S., Rasool, S., Bahar, F.A. (2013). Effect of different levels of farmyard manure and nitrogen on the yield and nitrogen uptake by stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). African Journal of Agricultural Research. 8(29): 3941-3945.

Sieiro Miranda, G.L., González Marrero, A.N., Rodríguez Lema, E.L., Rodríguez Regal, M. (2020). Effect of the primary macroelements in the susceptibility to diseases: A Review. Centro Agrícola. 47(3): 66-74.

Smith, S.E., Jakobsen, I., Gronlund, M., Smith, F.A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. Plant Physiology. 156(3): 1050-1057.

Smith, S. & Read, D. (2008). Mycorrhizal Symbiosis: The symbionts forming arbuscular mycorrhizas (3° Ed.). Great Britain. Elsevier.

Tavarini, S., Passera, B., Martini, A., Avio, L., Sbrana, C., Giovannetti, M., Angelini, L.G. (2018). Plant growth, steviol glycosides and nutrient uptake as affected by arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorous fertilization in *Stevia rebaudiana* Bert. Industrial Crops and Products. 111: 899-907.

Vafadar, F., Amooaghaie, R., & Otroshy, M. (2014). Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK,

and chlorophyll content of *Stevia rebaudiana*. Journal of Plant Interactions. 9(1): 128-136.

EFECTO DE *PGPR* AISLADAS DE LA *SUAEDA SP.* COMO PROMOTORAS DE CRECIMENTO DE LAS PLANTULAS DE TOMATE

Andrade-Sifuentes, Alfonso.[1]*; Sáenz-Mata, Jorge.[1]; Quezada-Rivera, Jesús .Josafath [1]; Palacio-Rodríguez, Ruben[1], Sánchez-Galván, Homero.[1]

[1] Laboratorio de Ecología Microbiana-Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n, Frac. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. CP. 35010. Tel: (871) 1117279. * Autor para correspondencia**:** *ing.andrade_85@hotmail.com*

RESUMEN

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (*PGPR*) en la rizosfera afectan el crecimiento, la salud y la productividad de las plantas, así como el contenido de nutrientes del suelo. Se consideran una tecnología ecológica que reducirá el uso de fertilizantes químicos, reduciendo así los costos de producción y protegiendo el medio ambiente. El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Juárez del Estado de Durango *FCB* donde se evaluó el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (individuales y en consorcios); (**Cryzos** (*Bacillus arayabhattai*), **CR7** (*Bacillus subtitis*) *y CR5* (*Bacillus Cereus*) sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum Lycopersicum* de la Variedad Nereyda). Las variables evaluadas fueron altura de la planta, longitud de raíz, diámetro de tallo y la base seca de la raíz y del área foliar donde los resultados muestran una tendencia favorable al inocular las semillas y las plantas de tomate con las bacterias en consorcios ($p \leq 0.05$). Por lo que se concluye que las inoculaciones con *PGPR* en consorcios, tiene efectos positivos en el crecimiento de plántulas de tomate mejorando y acelerando su fisiología mostrando características idóneas para un buen desarrollo radical y vegetativos.

Palabras claves: Consorcios Bacterianos; *PGPR*; *Solanum lycopersicum,*

ABSTRACT

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in the rhizosphere affect plant growth, health, and productivity, as well as soil nutrient content. They are considered a green technology that will reduce the use of chemical fertilizers, thus reducing production costs and protecting the environment. The present study was carried out at the Juarez University of the State of Durango FCB where the effect of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria was evaluated. (individuals and consortia); (**Cryzos** (*Bacillus arayabhattai*), **CR7** (*Bacillus*

subtitis) *y CR5* (*Bacillus Cereus*) About the growth of tomato seedlings About the growth of tomato seedlings (*Solanum Lycopersicum* de la Variedad Nereyda). The variables evaluated were plant height, root length, stem diameter and dry base of the root and leaf area where the results show a favorable tendency to inoculate tomato seeds and plants with bacteria in consortia ($p \leq 0.05$).So it is concluded that inoculations with PGPR in consortia, has positive effects on the growth of tomato seedlings improving and accelerating their physiology showing ideal characteristics for a good root development and vegetative.

Keywords: Bacterial Consortia; *PGPR*; *Solanum lycopersicum,*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum Lycopersicum*) es una de las hortalizas más importante en todo el mundo, teniendo un rendimiento en aumento anual (Bergougnoux *et al*., 2014). La producción y las exportaciones mexicanas de tomate han ido creciendo a lo largo de los años, lo que presenta una oportunidad cada vez mayor tanto para los productores como para los compradores mexicanos de tomate (ASCENZA, Agro S.A. 2023). Este cultivo sigue siendo predominantemente convencional ya sea en los sistemas de producción hidropónicos o en suelo y para mantener altos rendimientos depende de fertilizantes sintéticos y pesticidas químicos Arora *et al.* (2019). Esto nos lleva a dañar biológicamente a nuestros suelos, a la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos y al aumento de plagas y microrganismos patógenos resistentes. Es por eso que se buscan alternativas que propicien hacia una agricultura más sostenible, una de ellas es el uso de microrganismos que tienen un efecto beneficioso directo sobre el crecimiento de las plantas y pueden proteger indirectamente los cultivos contra los microorganismos patógenos. La inclusión de estos microorganismos dentro de la agricultura convencional podría ayudar a reducir los costos de producción, aumentar la precocidad y e incrementar los rendimientos de las hortalizas Grava *et al.* (2007). Existen hallazgos que muestran que las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) aumento en el vigor o la productividad de diferentes especies de plantas, en condiciones normales y bajo estrés gracias a la interacción que se da entre plantas, suelos (o sustratos) y microorganismos del suelo (Bradacava *et al.,* 2019; Duraira *et al.,* 2018). Las rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas, *PGPR*, se consideran sustitutos atractivos y respetuosos con el medio ambiente de los fertilizantes químicos y pesticidas (Velasco-Jiménez *et al.,* 2020). Además, los microorganismo promotores del crecimiento de las plantas (PGPM) secretan

grandes cantidades de sustancias que influyen indirectamente en la morfología general de la planta (Palacio *et al.,* 2022). La influencia de *PGPR* en el crecimiento de las plantas se debe a la producción de compuestos, como el ácido indol-3-acético (IAA), que aumenta los niveles de auxina en las plantas y posteriormente, mejora el crecimiento de ellas al aumentar la absorción de agua y nutrientes y gracias a ello aumenta la división celular, se diferencian los tejidos vasculares, inicia la formación de raíces laterales y mejora la resistencia al estrés abiótico (Abdelaal *et al.,* 2021). Bajo esta perspectiva el principal objetivo es evaluar el efecto de *PGPR* aisladas de la S*uaeda sp* sobre la promoción de crecimiento de plantas de tomate y su utilización como biofertilizantes en la producción de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Juárez del Estado de Durango *FCB*, en el área del invernadero y del laboratorio de ecología microbiana con ubicación. (Av. Universidad Fraccionamiento. Filadelfia, C.P 35100, Gómez Palacio, Dgo, México en el paralelo (25°35'14.08" N 103°30'2.43" O). Se evaluaron tres bacterias individuales y en consorcio sobre la promoción de crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Para ello se utilizaron charolas germinadoras de 12 cavidades utilizándose como sustrato Peat Moss estéril y vermiculita Figura 1. El material microbiológico estudiado se conformó de bacterias aisladas de *Suaeda sp.,* planta nativa de la Poza Salada en el Valle de Sobaco, coordenadas 102° 58' 58" longitud oeste y 25° 45' 32" latitud norte, a una altura de 1,090 metros sobre el nivel del mar ubicado en el municipio de San Pedro de las Colonias Coahuila, México Coria *et al.* (2023). Estas fueron caracterizados e identificados en la Universidad Juárez del estado de Durango *FCB* como (**Cryzos** (*Bacillus arayabhattai*), **CR7** (*Bacillus subtitis*) *y* ***CR5*** (*Bacillus Cereus*). Las bacterias se reactivaron en medio líquido LB líquido, para posteriormente realizar las suspensiones bacterianas ajustándolas a una concentración de 1×10^8 UFC mL^{-1} con PBS 0.5x (Palomeque *et al.,* 2017). Para ello las semillas de tomate *Saladete* de la variedad Nereyda ya se habían sometido a un lavado con cloro al 20 % durante 5 minutos seguidos de un lavado extremo con agua destilada estéril y posteriormente realizar la inoculación de las bacterias individuales y en consorcios. Los riegos suministrados a cada uno de los tratamientos fueron a base de agua destilada estéril durante los 45 días.

Las variables evaluadas después al final del experimento fueron (Altura de planta (cm), volumen de raíz (cm), Diámetro de tallo (mm), longitud de raíz y materia seca. Utilizando regla de 30 cm, Vernier digital y bascula milimétrica. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar considerando 5 tratamientos con 8 repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y prueba de separación de medias utilizando el software estadístico Statistical Analysis System versión 9.4 (SAS. 2016), y como prueba Post Hoc se utilizó Tukey ($P \leq 0.05$).



Figura 1. Tratamientos establecidos en charolas de germinación con 12 cavidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados según la metodología propuesta para la variable de altura de planta muestran que la inoculación con consorcios bacterianos en comparación con el tratamiento no inoculado fue más efectiva ($p \leq 0.05$) en un 26.38 % (Figura 2). Esta respuesta mostró, para el trasplante a los 45 (días después de la siembra), que aquellas plántulas inoculadas con bacterias *PGPR* en consorcios presentaron una altura de plántula de 11.37 ± 2 cm; por su parte, las plántulas no inoculadas exhibieron hasta (8.4 ± 0.7 cm). Sharma *et al.* (2015), reportó un aumento significativo de los parámetros de crecimiento de las plantas de tomate tratadas con *Bacillus subtillis cepa* S25. La medición de longitud de la raíz se muestra en la figura 2, donde se evidencia que el T2 (consorcios bacterianos) y el T4 (Crizos) (*Bacillus arayabhattai*), obtuvieron un promedio de 20.25 y 19.87 cm siendo estadísticamente iguales $p \leq 0.05$ demostrando una tendencia superior de los T1 (CR7, *Bacillus subtitis*), T3 (CR5, *Bacillus Cereus*) y estando un 28.39 % arriba del T5 (Testigo). Estudio resiente muestra que *Bacillus subtilis y Bacillus aryabhattai* promovieron el crecimiento vegetal del

plántulas de tomate incrementando el área radicular y sugieren su estudio en consorcios (Cochard *et al.,* 2022).

Por otro lado, la variable de diámetro de tallo mostró resultados significativos (Figura 2) para el tratamiento 2 y el tratamiento 4 arrojando valores de 1.89±0.3 y 1.67±1.1mm estando un 21.46 % arriba del tratamiento testigo T5. Al respecto, (Zulueta-Rodríguez *et al*.,2020) reportó un aumento de hasta 15% en comparación del tratamiento testigo en la variable de diámetro del tallo en plántulas de tomate inoculadas con *Bacillus subtilis* producido bajo condiciones protegidas en un sistema de producción hidropónico por lo que estudios demuestran que las especies *Bacillus* y *Pseudomonas* podrían ser biofertilizantes con más eficiencia cuando se usan en consorcios ya que estimulan el crecimiento vegetal (Bradacova y Él. *et al.,* 2019).

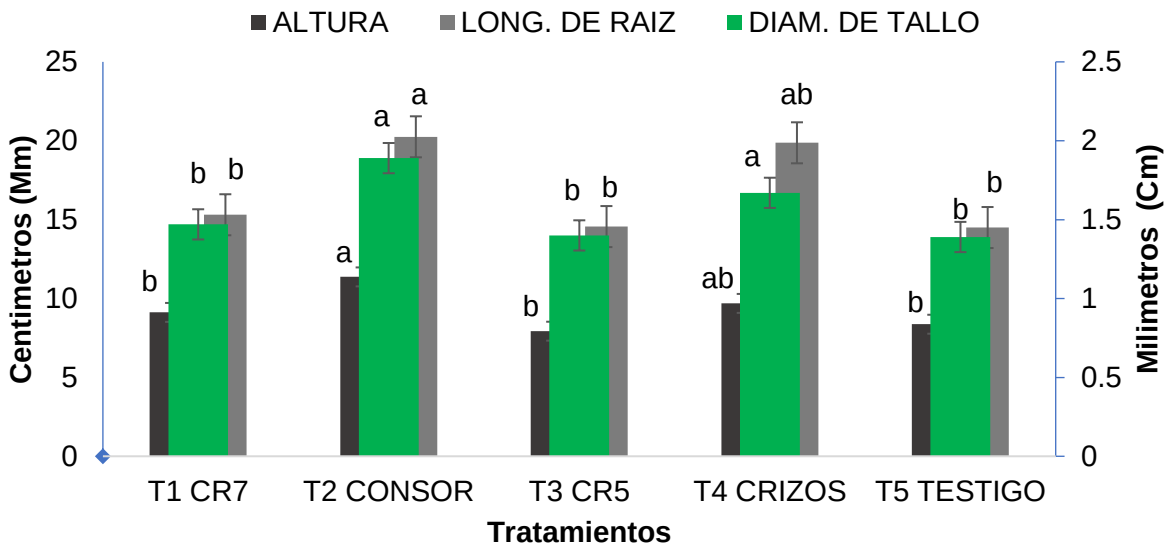


Figura 2. Efecto de la PGPR sobre el crecimiento de plántulas de tomate. Los valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes *(P* ≤ 0.05).

Peso seco y fresco de la raíz y de la planta

Los pesos frescos y secos de los brotes y las raíces se evaluaron para las 3 cepas y el consorcio (Figura 3) los pesos se dan como pesos promedio por plántula. Todos los aislados produjeron un aumento en los pesos frescos y secos de la planta y raíz mucho más alto que el control. En la (Figura 3) se puede aprecias que no existió diferencia significativa para las variables de peso seco de raíz (PSR) y peso fresco de raíz (PFR) (p ≤ 0.05), sin

embargo se puede apreciar un pequeño incremento con los tratamientos 2 y 4 a pesar de que no existió diferencia significativa entre las bacterias estudiadas. En la misma (Figura 3), se observa más evidentemente esta respuesta *en el* peso fresco de los brotes favoreciendo nuevamente al T2 (Consorcio) y al T4 Cryzos (*Bacillus arayabhattai*) debido a que las bacterias del genero *bacillus* secretan varias sustancias que mejoran el crecimiento de las plantas y controlan la infección por patógenos. (Radhakrishnan *et al.*, 2017; Singh *et al*., 2022). Del mismo modo Singh *et al.* (2020), encontró una mejora significativa en la longitud de la raíz y el brote, los pesos frescos y secos de las raíces y los brotes, y el número de raíces laterales en el frijol mungo (*Vigna radiata*) de *Burkholderia arboris* (aislado CSRS12). Además, *Bacillus subtilis* aumentó el rendimiento del maíz dulce en un 13.8% (Katsenios *et al.,* 2022; Phares *et al.,* 2022).

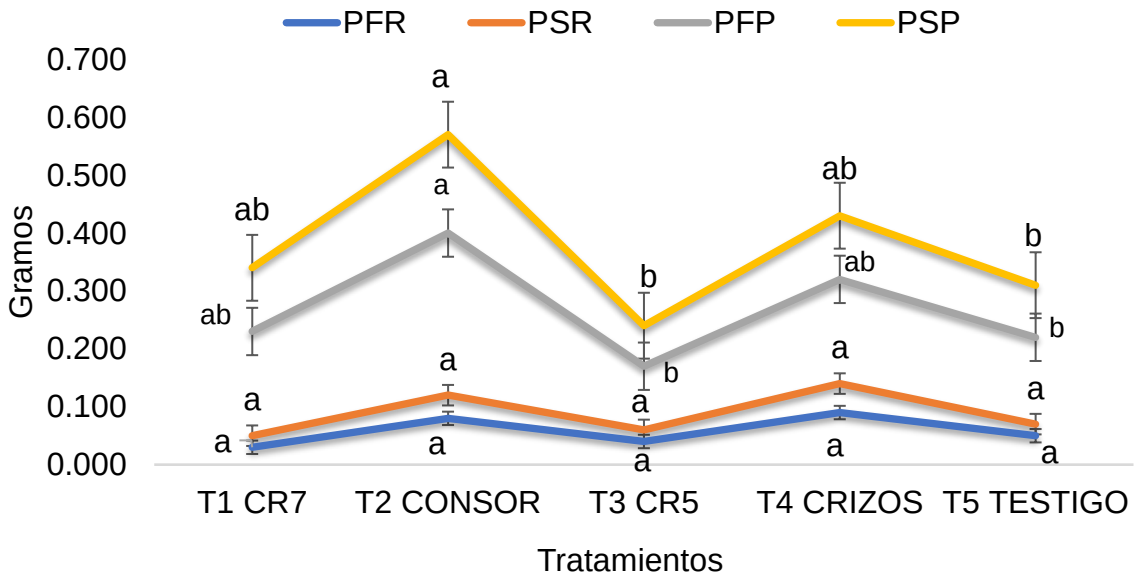


Figura 3. Relación entre el peso fresco y peso seco de la raíz y de la planta sobre la inoculación de bacterias *PGPR* en individual y en consorcios sobre un tratamiento testigo. Los valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes *(P* ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

Las inoculaciones con bacterias *PGPR* en consorcios, tiene efectos positivos en el crecimiento de plántulas de tomate mejorando y acelerando su fisiología mostrando características idóneas para un buen desarrollo radicular y vegetativo por lo que el uso de estas bacterias en consorcio son muy prometedoras y ahora deben desarrollarse aún más para encontrar su lugar en los mercados mundiales de bioestimulantes.

El conocimiento de estas bacterias sobre la promoción del crecimiento de las plantas Ramakrishna *et al.,* 2019 y su inserción en el campo laboral es determinante para desarrollar una nueva agricultura capaz de enfrentar un número creciente de problemas, como sequías recurrentes y escasez de fosfato.

REFERENCIAS

Arora, N.K.; Fátima, T.; Mishra, I.; Verma, S. Inoculantes basados en microbios: Papel en la próxima revolución verde. En *Preocupaciones Ambientales y Desarrollo Sostenible*; Volumen 2: Biodiversidad, suelo y gestión de residuos; Vertika, S., Narendra, K., Eds.; Springer: Singapur, **2019**; págs. 191–246.

ASCENZA, Agro S.A. **2023**. https://ascenza.mx/es/resources/tomate

Abdelaal, K.; AlKahtani, M.; Attia, K.; Hafez, Y.; Király, L.; Künstler, A. El papel de las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas en el alivio de los efectos adversos de la sequía en las plantas. *Biología* **2021**, *10, 520*. https://doi.org/10.3390/biology10060520

Bradáčová, K.; Florea, A.; Bar-Ta, A.; Minz, D.; Yermiyahu, Estados Unidos; Shawahna, R.; Kraut-Cohen, J.; Zolti, A.; Erel, R.; Dietel, K.; et al. Consorcios microbianos versus inoculantes de cepa única: ¿una ventaja en la producción de tomate asistida por PGPM? *Agronomía* **2019**, *9*, 105.

Bergougnoux, V. La historia del tomate: De la domesticación al biopharming. *Biotecnol. Adv.* **2014**, *págs. 32*, 170–189.

Bradáčová, K.; Florea, A.; Bar-Ta, A.; Minz, D.; Yermiyahu, U.; Shawahna, R.; Kraut-Cohen, J.; Zolti, A.; Erel, R.; Dietel, K.; et al. Microbial consortia versus single-strain inoculants: An advantage in PGPM-assisted tomato production? *Agronomy* **2019**, *9*, 105.

Cochard, B.; Giroud, B.; Crovadore, J.; Chablais, R.; Arminjon, L.; Lefort, F. PGPR endófito a partir de raíces de tomate: aislamiento, caracterización in vitro y evaluación in vivo de tomates tratados (*Solanum lycopersicum* L.). *Microorganismos* **2022,** *10*, 765. https://doi.org/10.3390/microorganisms10040765

Coria, A, J. L.; Sáenz, M.J.; Fortis, H, M.; and Gallegos, R. M. A. Effect of rhizobacteria isolated from *Suaeda* sp. in the growth of *Arabidopsis thaliana* and *Solanum lycopersicum* L. (Sahariana). *Terra Latinoamericana,* **2023**. *41*, 1-14. e1666. https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1666

Durairaj, K.; Velmurugan, P.; Park, J.H.; Chang, W.S.; Park, Y.J.; Senthilkumar, P.; Choi, K.M.; Lee, J.H.; Oh, B.T. Caracterización y evaluación de dos bacterias de biocontrol contra el marchitamiento de *Pseudomonas syringae* en *Solanum lycopersicum* y sus respuestas genéticas. *Microbiol.* **2018**, *206*, 43–49.

Él, Y.; Pantigoso, H.A.; Wu, Z.; Vivanco, J.M. La coinoculación de *Bacillus* sp. y Pseudomonas putida en diferentes etapas de desarrollo actúa como un bioestimulante para promover el crecimiento, el rendimiento y la absorción de nutrientes del tomate. *J. Appl. Microbiol.* **2019**, *127, 196–207*.

Espinosa Palomeque, B.; Moreno Reséndez, A.; Cano Ríos, P.; Álvarez Reyna, V.; Sáenz Mata, J.; Sánchez Galván, H & González Rodríguez, G. Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (Solanum lycopersicum L.) cv. afrodita en invernadero. *Terra Latinoamericana*. **2017,** *35*(2), 169-178. Recuperado en 01 de agosto de 2023.

Grava, V.; Antoun, H.; Tweddell, R.J. Estimulación del crecimiento y mejora del rendimiento de frutos de plantas de tomate de invernadero mediante inoculación con *Pseudomonas putida* o *Trichoderma atroviride*: Posible papel del ácido acético indol (IAA). *Biol. Bioquímica del suelo.* **2007**, *39*, 1968–1977.

Katsenios, N.; Andreou, V.; Sparangis, P.; Djordjevic, N.; Giannoglou, M.; Chanioti, S.; Kasimatis, C.-N.; Kakabouki, I.; Leonidakis, D.; Danalatos, N.; et al. Assessment of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of sweet corn. Sci.Rep. **2022**, 12, 11598.

Palacio-Rodríguez, Rubén, Benjamín Nava-Reyes, Homero Sánchez-Galván, Jesús Josafath Quezada-Rivera, y Jorge Sáenz-Mata. 2022. «Efecto De La inoculación De Rizobacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal De Tomate En Condiciones De Casa Sombra Comercial». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 13 (28). México, ME:231-42. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278.

Phares, C.A.; Amoakwah, E.; Danquah, A.; Afrifa, A.; Beyaw, L.R.; Frimpong, K.A. Biochar and NPK fertilizer co-applied with plant growth promoting bacteria (PGPB) enhanced maize grain yield and nutrient use efficiency of inorganic fertilizer. J. Agric. Food Res. **2022**, 10, 100434.

Ramakrishna, W.; Yadav, R.; Li, K. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la agricultura: dos caras de una moneda. *Ap. Soil Ecol.* **2019**, *págs. 138*, 10–18.

Radhakrishnan, R.; Hashem, A.; Abd_Allah, E.F. Bacillus: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments. Front. Physiol. **2017**, 8, 667.

Sharma, R.; Chauhan, A. and Shirkort, C. K. Characterization of plant growth promoting Bacillus strainsand their potential as crop protectans against Phytophthora capsiciin tomato. Biol.Agric.Hortic. **2015,** 31(4):230-244.

Singh, P.; Chauhan, P.K.; Upadhyay, S.K.; Singh, R.K.; Dwivedi, P.; Wang, J.; Jain, D.; Jiang, M. Mechanistic Insights and Potential Use of Siderophores Producing Microbes in Rhizosphere for Mitigation of Stress in Plants Grown in Degraded Land. Front. Microbiol. **2022**, 13, 898979.

Singh, T.B.; Sahai, V.; Goyal, D.; Prasad, M.; Yadav, A.; Shrivastav, P.; Ali, A.; Dantu, P.K. Identification, Characterization and Evaluation of Multifaceted Traits of Plant Growth Promoting Rhizobacteria from Soil for Sustainable Approach to Agriculture Curr. Microbiol. **2020**, 77, 3633–3642.

Velasco-Jiménez, Antonio, Castellanos-Hernández, Osvaldo, Acevedo-Hernández, Gustavo, Aarland, Rayn Clarenc, & Rodríguez-Sahagún, Araceli. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, **2020,** *38*(2), 333-345. Epub 20 de junio de **2020**. https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470

Zulueta, R. R.; Hernández, M. L. G.; Reyes, P. J. J.; González, M. G. Y. and Lara, C. L. Effects of co-inoculation of Bacillus subtilisand Rhizoglomus intraradicesin tomato production (Solanum lycopersicumL.) in a semi-hydroponic system. Rev. *Bio.Cienc*. **2020** 7:1-17.

EFECTO DE PRODUCTOS ORGÁNICO-BIOLÓGICOS Y MINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA PLANICIE HUASTECA, MEXICO.

Moisés Ramírez Meraz[1], Reinaldo Méndez Aguilar[1], Ulises Santiago López[2], Cristobal Ervi Bautista Pérez[1] y Blanca del Ángel del Ángel[3]

[1]INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2]INIFAP- Campo Experimental San Luis, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.; [3]Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Tantoyuca, Ver., México

CorreoE: ramirez.moises@inifap.gob.mx

RESUMEN

El área tradicional de producción del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se ubica en la Península de Yucatán donde se establece más del 80% de la superficie que se siembra en el país; sin embargo, debido a la alta demanda del producto, se inició su establecimiento en otras regiones de México, como es el caso de la Planicie Huasteca que incluye el sur de Tamaulipas, donde es necesario hacer adecuaciones a su tecnología de producción. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el incremento de la producción y la calidad del chile habanero mediante el manejo de la nutrición orgánica-mineral, con apoyo de riego por goteo. Al analizar la producción total de fruto en seis cosechas, se puede observar que el tratamiento con mayor producción total por hectárea (t ha^{-1}) fue el T3 (Nutrición y control de plagas y enfermedades convencional), con un rendimiento total en seis cosechas de 29.2 t ha^{-1}, seguido del T2 (nutrición orgánica + nutrición química + control biológico plagas y enfermedades) con una producción de 25.6 t ha^{-1}; T1 (Control Orgánico de plagas y enfermedades), con 20.7 t ha^{-1}, y al final el testigo T4 con una producción promedio en seis cosechas de 16.1 t ha^{-1}. Los resultados indican que es posible producir altos rendimientos bajo manejo convencional en chile habanero en la Planicie Huasteca, pero también es posible obtener producción orgánica con buena calidad de fruto en esta región.

Palabras clave: *Capsicum chinense*, chile habanero, nutrición, calidad de fruto.

ABSTRACT

The traditional production area of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq) is located in the Yucatan's Peninsula, where more than 80% of the surface that is sown in the country is established; however, due to the high demand for the product, its establishment has begun in other regions of Mexico, as is the case of Huasteca Plain that includes southern Tamaulipas, where it is necessary to make adjustments to its production technology. Therefore, the objective of this research was to evaluate the yield increase and fruit quality of habanero pepper through the management of organic-mineral nutrition, with drip irrigation support. When analyzing the total fruit production in six harvest, it can be seen that the treatment with the highest total production per hectare (T HA-1) was T3 (nutrition and control of conventional pests and diseases), with total yield in six harvest of 29.2 t ha^{-1}, followed by T2 (organic nutrition + chemical nutrition + biological control pests and diseases) with an production of 25.6 t ha^{-1}; T1 (organic nutrition and pests and diseases control), with 20.7 t ha^{-1}, and in the end the T4 witness with an average production of 16.1 t ha^{-1}. The results indicate that it is possible to produce high yields under conventional management in habanero pepper in the Huasteca Plain, but it is also possible to obtain organic production with good fruit quality in this region.

Key words: *Capsicum chinense*, habanero pepper, nutrition, fruit quality.

INTRODUCCION

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es el de mayor importancia en la península de Yucatán donde se establece mas del 85% de la superficie nacional de este cultivo (CONAPROCH, 2016; SIAP, 2022); dado la importancia de este cultivo o y las características especiales del producto en esta región, en 2010 la denominación de origen del Chile Habanero de la Península de Yucatán (IMPI, 2010). El chile habanero se comercializa en los mercados nacional e internacional. Se exporta a Japón, Alemania y Estados Unidos entre otros destinos en el ámbito mundial (CONAPROCH, 2016, CESPCHY. 2012). Dada la importancia que este chile ha adquirido en México actualmente se siembra también en diversos estados como Tabasco, Tamaulipas, Colima, Veracruz, Baja California Sur, Chiapas, Michoacán, San Luis Potosí, Chihuahua, Jalisco, Nayarit, Sonora y Nuevo León entre otros (SIAP, 2022). Por lo anterior, se ha generado información sobre la tecnología de producción para cada región, como es el caso del sur de Tamaulipas y la Planicie Huasteca (Ramírez *et al*., 2022), y se han

generado variedades que cumplen los requisitos de calidad para este cultivo, como es el caso de la variedad Jaguar, utilizada en esta investigación, y que fue generada por el INIFAP (Ramírez *et al*., 2018), que cubre por completo los requisitos para producción en zonas de Denominación de Origen de Chile Habanero.

Rodríguez (2020) indica que una de las muchas bondades del chile habanero es que se desarrolla en condiciones de calor extremas; puede crecer perfectamente en un rango de temperaturas de 20 a 40 grados centígrados. El habanero también se adapta a cualquier tipo de suelos con un pH de entre 6 y 8.2, en el que haya además de un adecuado balance de sanidad, nutrientes y fertilizantes; no obstante, el rendimiento del cultivo de habanero es mejor si se consideran tecnologías como el fertirriego; aunque no demanda grandes cantidades de agua, la calidad y volumen de la producción sí pueden verse afectadas si el cultivo tiene limitaciones hídricas.

Para la producción de chiles, la incorporación de organismos benéficos como *Trichoderma*, Micorrizas y *Bacillus subtilis*, por sus funciones en diversos procesos que contribuyan a la implantación, desarrollo y producción de cultivos es una alternativa que permite lograr aumentos en el crecimiento radical y desarrollo del cultivo (De la Cruz, 2012). Así se favorece la protección del sistema radicular de la planta, la exploración del suelo y se mejora la accesibilidad al agua y nutrientes limitantes para los cultivos (García, 2008). Como consecuencia, se tienen plantas mas sanas, se reducen procesos de pérdida de nutrientes móviles, se atenúan períodos de moderado estrés hídrico y se logra mantener tasas de crecimiento activo del cultivo mejorando su capacidad fotosintética. El uso de microorganismos benéficos puede ser una alternativa para disminuir las dosis de fertilizantes (Sánchez, 2010). Existe abundante evidencia científica que ha establecido que el funcionamiento de un ecosistema terrestre depende de la actividad microbiana del suelo. Entre los mecanismos de acción utilizados por estos microorganismos se encuentran la facilitación de la adquisición de recursos, intervención de la morfología de la raíz y la fijación de nitrógeno (Linderman, 1988; Sánchez, 2010).

El INIFAP generó el Paquete Tecnológico de Producción para Chile Habanero en la Planicie Huasteca (Ramirez *et al*., 2022), que cubre aspectos de establecimiento del cultivo, manejo de agua y nutrición y control de plagas y enfermedades, sin embrago, es necesario generar recomendaciones para cubrir la exigencia del mercado por chiles más sanos con menor uso de agroquímicos y productos orgánicos, por lo que los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la producción y la calidad del chile habanero mediante el manejo de la nutrición orgánica-mineral y química, con apoyo de riego por goteo.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se estableció en terrenos del Campo Experimental Las Huastecas, ubicado en el municipio de Altamira, Tamaulipas, el cual forma parte del Centro de Investigación Regional del Noreste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se ubicado en las coordenadas: Latitud 22º 33' 59" Norte y Longitud 98º 09' 49" Oeste dentro de la región Huasteca en el oriente de la República Mexicana, a una altitud de 19 msnm., cuyos suelos son de tipo vertisoles, con alto contenido de arcillas y un pH de 8.0.

Como material genético se utilizó la variedad Jaguar desarrollada por el INIFAP, y que es uno de los materiales de mayor aceptación en el mercado de chile habanero dado que cubre todos los requerimientos para Denominación de Origen.

Descripción de la variedad Jaguar. Presenta plantas que crecen de 80 a 90 cm a cielo abierto y hasta 1.80 m de altura en sistemas de agricultura protegida (macrotúneles e invernadero) con tutoreo. Posee de una a tres flores por nudo, las cuales pueden dar origen a la misma cantidad de frutos, característica típica de la especie *Capsicum chinense* Jacq. Su floración inicia entre los 70 y 85 días después de la siembra, y su cosecha de 115 a 120 días (Ramírez *et al.,* 2018). Produce frutos uniformes, de color verde esmeralda en estado verde sazón, que se tornan anaranjado brillante en madurez total, muy atractivos para mercado en ambos estados de madurez. Tiene frutos con longitud de 3.8 a 5.5 cm y 2.5 a 3.0 cm de diámetro, los cuales reúnen las características especificadas en la Norma Mexicana para Chiles Frescos (CTNNPAP, 2007). El peso de fruto es de 6.5 a 10 g y presenta muy buena firmeza (58.3 N/cm^2), lo que le confiere resistencia al transporte y buena vida de anaquel (Ramírez *et al*, 2015; Ramírez *et al.,* 2018).

Tratamientos evaluados

Se evaluarán cuatro tratamientos orgánico-minerales y biológicos para observar su efecto en la producción y calidad de fruto en chile habanero, los cuales se describen en el Cuadro 1.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones, con arreglo en franjas para facilitar la aplicación de los tratamientos por el sistema de goteo (Figura 2). La parcela experimental se formó de tres camas de 6 m de longitud y 1.84 m de ancho para un área de 36 m^2, y para la parcela útil se eliminaron 1.5 m de las cabeceras, por lo que la parcela útil la formaron los 3 m centrales de las tres camas por 1.84 m de ancho para un área de 16.56 m^2.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados en chile habanero Jaguar.

Tratamiento	Descripción
TR 1 (Orgánico)	**Tratamiento Orgánico** **Goteo:** Fithan (Trichoderma) 1 l/ha + Micofex (Trichoderma + Micorriza) 1 L/ha + Microorganismos Activados MM 10 L/ha **Foliar 1:** Super Magro (10 L/ha) + Caldo Sulfocálcico (10 L/ha) y Agua Sílice 2.5% **Foliar 2:** Agro-homeopatía Hortalizas 1%, *Paecilomyces fumosorosoeus*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*.
TR 2 (Org+Quim)	**Tratamiento Orgánico + Nutrición Química** **Goteo:** Fertirrigación química de acuerdo a Cuadro 2 **Foliar 1:** Agro-homeopatía Hortalizas 1% **Foliar 2:** Control químico-biológico de plagas Cuadro 3
TR 3 (Convencional-Manejo INIFAP)	**Tratamiento de Control Fitosanitario y Nutrición Convencional** **Goteo:** Fertirrigación química de acuerdo a Cuadro 2 **Foliar 1:** Control químico-biológico de plagas Cuadro 3
TR 4 (Testigo)	**Testigo Absoluto** Sin nutrición orgánica ni química, solo control convencional de plagas y enfermedades (Cuadro 2)

Cuadro 2. Distribución de la nutrición química a través del riego por goteo (fertirrigación) por etapa en chile habanero Jaguar para el sur de Tamaulipas.

Etapa (Días después del trasplante)	Dosis / Ha /Día			
	Fosfonitrato (kg)	Ácido fosfórico (L)	Nitrato de potasio (kg)	Sulfato de magnesio (kg)
1 a 10	2.0	1.2	2.0	0
11 a 30	2.5	1.5	2.7	0
31 - 50	2.7	1.2	2.7	2.0
51 - 75	3.0	1.2	3.0	2.5

76 - 105	2.5	0.6	3.0	2.5
105 en adelante	2.5	0.6	2.5	2.0

(Ramírez *et al*., 2022)

Cuadro 3. Productos utilizados para el control de plagas y vectores de virus en chile habanero en el sur de Tamaulipas.

Producto	**Ingrediente activo**	**Dosis ha^{-1}**	**Problema a controlar**
Minecto Duo	Thiamethoxan + Cyantraniliprole	0.6 kg (goteo)	Mosca blanca
Minecto Duo	Thiamethoxan + Cyantraniliprole	0.1 kg	Mosca blanca
Confidor	Imidacloprid	0.1 L	Mosca blanca
Sivanto	Flupyradifurone	0.35 L	Mosca blanca
Pae F (Biol)	*Paecilomyces fumosorosoeus*	0.25 kg	Mosca blanca
Bea Sin (Biol)	*Beauveria bassiana*	0.25 kg	Mosca blanca y picudo
Calypso	Thiacloprid	0.35 L	Barrenillo o picudo
Regent 200	Fipronil	0.15 L	Barrenillo o picudo
Actara 25 W	Thiamethoxan	0.2 kg	Barrenillo o picudo
Abacus	Abamectina	0.5 L	Acaro blanco y araña
Palgus	Spinetoram.	0.5 L	Larvas defoliadoras
Surfacid	Alcohol tridecílico polioxietilén	1 mL/ lL agua	Adherente y Dispersante

(Ramírez *et al*., 2022)

Datos tomados

Altura de la planta. Se tomó la altura promedio de cuatro plantas por repetición, tomada con una regla métrica desde el nivel del suelo hasta la hoja de mayor altura. El dato fue tomado en la última cosecha.

Días de floración. Se tomó cuando el 50% de las plantas presentaron al menos una flor abierta, considerando como día cero, la fecha de siembra.

Días a cosecha. Cuando al menos el 50% de las plantas en el tratamiento tenían al menos un fruto maduro, considerando como día cero, la fecha de siembra.

Peso de fruto. En cada cosecha, se tomaron 10 frutos al azar por tratamiento para la toma del dato de peso promedio de fruto, con apoyo de una báscula de precisión.

Diámetro de fruto. En cada cosecha, se tomaron 10 frutos al azar por tratamiento para la toma del dato de diámetro de fruto, el cual se tomó de la parte más ancha del fruto, con ayuda de un vernier.

Longitud del fruto. En cada cosecha, se tomaron 10 frutos al azar por tratamiento para la toma del dato de longitud del fruto, con apoyo de un vernier.

Producción de fruto. Las cosechas se realizaron de fruto en estado maduro, que es el que exige el mercado para la producción que se cosecha en la Planicie Huasteca y sel sur de Tamaulipas. Se evaluó la producción por cosecha y el rendimiento acumulado de seis cosechas realizadas durante el ciclo del cultivo, para lo cual se cosechó la parcela útil y se transformó a toneladas por hectárea.

Con los datos generados, se realizaron los análisis de varianza (ANVA) y se corrieron las pruebas de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con apoyo del programa estadístico SAS Ver. 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se estuvo muestreando continuamente para detectar la presencia de plagas y enfermedades en el experimento; sin embargo, se considera que no se presentaron problemas críticos durante el ciclo, y cuando se detectó presencia de plagas o enfermedades se realizaron los controles necesarios de acuerdo al tratamiento.

La precocidad a producción es importante para el productor ya que su cultivo llega a cosecha con menos riesgos de producción y en menor tiempo inicia la recuperación de su inversión. La precocidad a producción está íntimamente asociada al inicio de la floración, en el presente trabajo no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para esta variable, por lo que se determinó que no influyeron en el inicio de cosecha de la variedad Jaguar (Cuadro 4).

En lo relacionado con altura de la planta, se comparó la altura de ésta al final de la sexta cosecha de fruto, la cual se realizó a los 198 días de la siembra. Se detectaron diferencias altamente significativas para esta variable, por lo que se detectó que los tratamientos de manejo del cultivo si afectaron en el desarrollo de la planta. La mayor altura de planta la generó el tratamiento T3 (Manejo Convencional) y el T2 (Orgánico + Químico) con 90.8 y 85.6 cm, respectivamente.

Cuadro 4. Días a floración, altura final de planta y producción de fruto en chile habanero Jaguar bajo diferentes sistemas de manejo.

Tratamiento	Días a floración DDS*	Altura de planta (cm)*	Producción* t ha^{-1}

T3 (Manejo Convencional)	59.0	a	90.8	a	29.2	a
T2 (Orgánico + químico)	57.2	a	85.6	ab	25.6	b
T1 (Manejo orgánico)	57.0	a	79.3	bc	20.7	c
T4 (Testigo)	55.5	a	72.5	c	16.1	d

*Cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

En lo referente a características de calidad de fruto, se evaluó el efecto de los tratamientos en tamaño y peso de fruto. Los resultados indicaron que los tratamientos no afectaron ninguna de estas características ya que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para peso promedio de fruto ni para longitud y diámetro de fruto (Cuadro 4). Se observaron valores de 9.5 a 9.7 gramos para peso de fruto, mientras que de 4.7 a 4.8 cm para longitud de fruto y de 2.9 a 3.2 cm para diámetro de fruto.

Cuadro 4. Peso promedio y tamaño de fruto en chile habanero Jaguar bajo diferentes sistemas de manejo.

Tratamiento	Peso de fruto (g)*		Longitud de fruto (cm)*		Diámetro de fruto (cm)*	
T3 (Manejo Convencional)	9.6	a	4.7	a	3.1	a
T2 (Orgánico + químico)	9.5	a	4.8	a	3.2	a
T1 (Manejo orgánico)	9.7	a	4.7	a	3.1	a
T4 (Testigo)	9.6	a	4.7	a	2.9	a

*Cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey p<0.05)

En lo referente a sanidad de la planta, en general no se tuvieron problemas críticos de plagas ni de enfermedades a través del ciclo por lo que el efecto de los tratamientos fue casi exclusivamente en diferencias a producción, mucho de esto debido principalmente a la diferencia en estructura de planta, mayor amplitud de follaje y por lo tanto mayor cantidad de frutos, sin afectar el aspecto de calidad de fruto.

CONCLUSIONES

No se tuvieron problemas críticos de plagas ni de enfermedades a través del ciclo por lo que el efecto de los tratamientos no se vio reflejado en diferencias en sanidad de la planta.

No hubo efecto de los tratamientos en precocidad a producción

El efecto de los tratamientos se detectó en mayor estructura de planta por lo que el tratamiento T3 de manejo convencional de nutrición, plagas y enfermedades generado por el INIFAP fue el que generó mayor altura y estructura de planta, lo que impactó directamente en rendimiento, con una producción de 29.2 t ha^{-1}.

No se observaron efectos de los tratamientos sobre aspectos de calidad de fruto como peso promedio, longitud ni diámetro, por lo que el efecto solo fue sobre mayor estructura de planta lo que generó mayor cantidad de frutos.

REFERENCIAS

CESPCHY. 2012. Plan Rector del Sistema Producto Chile del Estado de Yucatán. Comité Estatal Sistema Producto Chile del Estado de Yucatán Mérida, Yucatán, México. 99 p.

CONAPROCH. 2016. Plan Rector Comité Nacional Sistema Producto Chile. Consejo Nacional de Productores de Chile (CONAPROCH). Zacatecas, México. 85 p.

De la Cruz T., J. 2012. Manejo integrado de enfermedades de chile habaneros (*Capsicum chinense Jacq.)* bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana. 28:35-41

García G.M.A., S. Cappello García, J.M. Lesher Gordillo, R.F. Molina Martínez. 2008. Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico. Kuxulkab – Revista de Divulgación XV (27): Julio-Diciembre 2008. p 25-28.

IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual). 2010. Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Chile Habanero de la Península de Yucatán. Diario Oficial de la Federación. 4 de junio de 2010. Primera Sección.

Linderman, R.G. 1988. Mycorrhizal intereactions with the rizosphere microflora. The mycorrhizosphera effects. Phitopatol. 78: 366-371.

Ramírez M.M., G. Arcos C., R. Méndez A. 2018. Jaguar, cultivar de chile habanero para México. Rev. Mex. C. Agr. 9(2): 487-492. Abril 2018.

Ramírez M., M., R. Méndez A., G. Arcos C., H. Mata. 2022. Paquete tecnológico para la producción agrícola en Tamaulipas. Chile habanero. Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. 15 p.

Rodríguez A. I. 2020. Razones para amar el habanero. Rev. Agro-Orgánico No. 23. p. 6-14.

Sánchez M., D.L. 2010. Efecto de la aplicación de micorriza y fertilizantes orgánico-biológicos en la producción de semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Altamira. Altamira, Tam., Mex. 47 p.

SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola 2021. Consulta 26 de agosto de 2022. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

EFICACIA DE HERBICIDAS EN EL CONTROL DE MALEZA (*Bothriochloa laguroides*) y (*Cyperus esculentus*) EN PRE-SIEMBRA

Patishtan-Pérez Juan[1*], Valdez-Hernández M. Ángel[2] y Espinosa-Ramírez Martín[2]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Huastecas, carretera Tampico-Mante, km 55. C.P. 89610. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México.

*patishtan.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La presencia de maleza es una restricción significativa en la producción agrícola, ya que compite con los cultivos por recursos como nutrientes, espacio, agua y luz, ocasionando pérdidas de rendimiento considerables. En esta investigación, se evaluó la efectividad de varios herbicidas para el control del pasto cola de zorro (*Bothriochloa laguroides*) y el coquillo (*Cyperus esculentus*) durante la etapa de pre-siembra. Se realizó un ensayo en una parcela experimental en San Luis Potosí, México, durante el ciclo agrícola primavera-verano. Se aplicaron quince tratamientos de herbicidas utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos en el control de ambas especies de maleza a los 7, 14 y 28 días después de la aplicación. Esto indica que al menos uno de los herbicidas utilizados demostró ser eficiente en el control de las malezas. Para el pasto cola de zorro, los herbicidas más efectivos a los 7 y 14 días fueron el Glufosinato de Amonio y el Paraquat + Carfentrazone, mientras que, a los 28 días, el Glifosato fue el más efectivo. Para el coquillo, se identificaron como efectivos el Flazasulfuron, Carfentrazone, Diuron, MSMA, Saflufenacil y Paraquat + Saflufenacil, mostrando un control entre suficiente y bueno. Es importante destacar que los resultados difieren de otros estudios, posiblemente debido a factores como la dosis de herbicidas, condiciones ambientales y el estado de desarrollo de las malezas. Se observó una tendencia de reducción en la eficacia para el pasto cola de zorro y un aumento en la eficacia para el coquillo con el paso del tiempo. En conclusión, se encontró que ciertos herbicidas son efectivos para el control del pasto cola de zorro y el coquillo en la etapa de pre-siembra. Estos resultados pueden ser útiles para mejorar las estrategias de manejo de malezas y maximizar el rendimiento de los cultivos agrícolas.

Palabras clave: Herbicidas, *Bothriochloa laguroides, Cyperus esculentus*.

ABSTRACT

Weed infestation poses a significant challenge in agricultural production, leading to substantial yield losses as these invasive plants compete for valuable resources with commercial crops. Effective weed control during the pre-cultivation stage is essential, especially for species such *Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter (silver bluestem) and *Cyperus esculentus* L. (yellow nutsedge). Chemical herbicides, with Glyphosate being a widely used option, have been the primary approach for managing weeds at this stage. However, there are alternative active ingredients, such as Glufosinate-ammonium, Paraquat, Carfentrazone, Saflufenacil, Flazasulfuron, Monosodium methanearsonate (MSMA), Diuron, and Ametryn, may have effective solutions. To assess the efficacy of herbicides in controlling silver bluestem and yellow nutsedge at the pre-planting stage, we conducted an experimental trial in Ébano, San Luis Potosí, Mexico. Our statistical analysis revealed highly significant differences ($P \leq 0.01$) among the treatments, indicating variations in controlling both weed species at 7, 14, and 28 days after application. Some herbicides showed promising results in suppressing silver bluestem growth, with Glufosinate-ammonium and Paraquat + Carfentrazone showing effectiveness at early stages (7 and 14 days), and Glyphosate exhibiting good control at a later stage (28 days). For effective control of yellow nutsedge, Flazasulfuron, Carfentrazone, Diuron, MSMA, Saflufenacil, and Paraquat + Saflufenacil were identified as feasible options. Interestingly, our findings differed from previous research, underscoring the influence of factors such as herbicide dosage, environmental conditions, weed populations, and development stages on efficacy. Over time, we observed a trend of decreasing herbicide efficacy for silver bluestem and increasing efficacy for yellow nutsedge, emphasizing the importance of timely herbicide applications. In conclusion, our study sheds light on the potential of alternative herbicides for effective weed control during the pre-cultivation stage.

Key words: Herbicides, *Bothriochloa laguroides, Cyperus esculentus*.

INTRODUCCIÓN

Una de las restricciones significativas en la producción agrícola es la presencia de maleza, las cuales compiten directamente con el cultivo establecido por nutrientes, espacio, agua y luz, resultando en pérdidas de rendimiento que oscilan entre el 30% y el 90% (Ahmed et al., 2014). En la zona de estudio, una de las especies más relevantes durante la etapa de pre-siembra es el pasto cola de zorro (*Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter), una gramínea perenne que prevalece principalmente en regiones tropicales y subtropicales de África,

América, Asia y Australia (Scrivanti et al., 2013). Por otra parte, el coquillo (*Cyperus esculentus* L.), una planta perteneciente a la familia *Cyperaceae*, se reproduce principalmente a través de tubérculos/rizomas y su control resulta altamente desafiante (Soltani et al., 2018). Para el control de estas especies de maleza es el uso de herbicidas químicos (Vargas et al., 2018). En la etapa de pre-siembra, el Glifosato es herbicida más aplicado para el control maleza de hoja ancha y angosta (Fernández et al., 2017). Sin embargo, existen otros ingredientes activos como el Glufosinato de Amonio, Paraquat, Carfentrazone, Saflufenacil, Flazasulfurón, MSMA, Diuron y Ametrina, que se presentan como alternativas al herbicida más aplicado. Por lo que el objetivo de la presente investigación consistió en evaluar la efectividad de distintos herbicidas para el control del pasto cola de zorro y el coquillo durante la etapa de pre-siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad y especies de maleza

Durante el ciclo agrícola primavera-verano "PV" de junio y julio de 2022, se llevó a cabo un ensayo en el Sitio Experimental Ébano del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el oriente de San Luis Potosí. Se seleccionó una parcela con preparación convencional del suelo, que incluyó barbecho y rastra cruzada. En esta parcela, se aplicaron diversos herbicidas químicos con el objetivo de controlar las malezas presentes. Las especies de mayor interés en el estudio fueron el “pasto cola de zorra”, con una densidad de 75.8% (85 plantas por metro cuadrado), y el “coquillo”, con una densidad de 4.5% (5 plantas por metro cuadrado). Las especies de maleza se hallaban en una etapa de desarrollo de tres semanas, mostrando alturas que oscilaban entre 8 y 15 cm, así como una variabilidad en el número de hojas y fase de desarrollo. Después del establecimiento, se registraron 3” de precipitación pluvial, lo cual favoreció el aumento de la población y el desarrollo de las especies de maleza.

Tratamientos y aplicaciones de herbicidas

Para evaluar la efectividad de los herbicidas en el control de las malezas, se establecieron quince tratamientos (**Cuadro 1**). El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental tuvo un tamaño de 45 metros cuadrados (3 m x 15 m). Mientras que la aplicación de los herbicidas se realizó utilizando una aspersora de motor con un aguilón de seis boquillas de abanico plano 8002, espaciadas

a una distancia de 0.5 metros entre cada una. La presión de salida fue de 40 libras, y se aplicó un volumen de 200 litros por hectárea. Para la dilución de los herbicidas, se utilizó agua de canal de riego con un pH de 7.5. Para bajar el pH del agua, se agregó un regulador de pH (Dap Plus) a una dosis de 1 mL por litro de agua y un coadyuvante (Bionex) a una dosis de 1 mL por litro de agua a todos los tratamientos de herbicidas.

Cuadro 1. Herbicidas evaluados para el control de maleza cola de zorra y coquillo.

Herbicida	Dosis (g i.a. ha^{-1})
Testigo	0
Glufosinato de Amonio	400
Paraquat	300
Carfentrazone	2.4
Saflufenacil	42
Flazasulfurón	87.5
MSMA	960
Diuron	1200
Ametrina	2000
Glufosinato de Amonio + Carfentrazone	200 + 2.4
Glufosinato de Amonio + Diuron	200 + 1200
Paraquat + Carfentrazone	150 + 2.4
Paraquat + Diuron	150 + 1200
Glufosinato de Amonio + Saflufenacil	200 + 42
Glifosato	907

NOTA: Gramos ingrediente activo (g i.a.), una hectárea (ha^{-1}).

Evaluación de la efectividad de herbicidas: 7, 14 y 28 días después de la aplicación

Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre las especies de maleza, se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva et al., 2005). Las estimaciones visuales se realizaron del 0.0 al 100.0 %, donde 0 % indicaba ausencia de efecto y 100 % representaba la muerte de la maleza (**Cuadro 2**). Mientras que el umbral de aceptación de un herbicida efectivo fue de 87.5 %. La evaluación de la efectividad de los herbicidas se llevó a cabo a los 7, 14 y 28 días después de la aplicación (DDA). Para homogeneizar las varianzas, los datos de control de maleza fueron

transformados mediante el arcoseno de la raíz cuadrada de X/100. Los datos fueron sometidos a un Análisis de Varianza y las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los análisis fueron realizados con el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016). Sin embargo, los resultados presentados en los cuadros corresponden a las medias de los datos originales obtenidos en el estudio.

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo
1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto al rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

NOTA: El umbral de aceptación de un herbicida efectivo fue de 87.5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico en el **Cuadro 3** muestra que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos en el control de las especies *Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter y *Cyperus esculentus* L. a los 7, 14 y 28 días después de la aplicación. Estos resultados indicaron que al menos uno de los herbicidas utilizados ha demostrado ser eficiente en el control de las especies de maleza.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza en el control pasto cola de zorra y coquillo.

		Especies de maleza	
FV	GL	Pasto cola de zorra	Coquillo

		DDA			DDA		
		7	**14**	**28**	**7**	**14**	**28**
Tratamiento	14	2740**	2571**	2588**	699**	804**	1432**
Bloque	3	78	109	33	6	253	385
Error	42	20	310	25	18	108	73
C.V (%)		9.4	41.5	18	13.7	22	14

**= Altamente significativo ($P \leq 0.01$); FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; DDA= Días después de aplicación.

Herbicidas para el control de zacate cola de zorra y coquillo

La **Figura 1** presenta los resultados del control de las especies de maleza durante el periodo de evaluación. A los 7 y 14 DDA, se observó que los mejores ingredientes activos fueron Glufosinato de Amonio y Paraquat + Carfentrazone para la maleza cola de zorra, mostrando un control entre suficiente y muy bueno. Sin embargo, a los 28 DDA, el mejor ingrediente activo fue el Glifosato, exhibiendo un buen control de la maleza. Por otra parte, se identificó que los ingredientes activos efectivos fueron Flazasulfuron, Carfentrazone, Diuron, MSMA, Saflufenacil y Paraquat + Saflufenacil para el control de coquillo. De acuerdo con la escala de EWRS, el control coquillo fue entre suficiente y bueno. Aunque los resultados de investigación por Keller et al. (2020), quienes evaluaron el ingrediente activo Glifosato a una dosis de 1,125 g i.a. ha^{-1}, obtuvieron un control del 82 % a los 14 DDA sobre la maleza *Cyperus esculentus* L. Esto resalta la variabilidad de los resultados, posiblemente debido a factores como la dosis, las condiciones ambientales y las población y desarrollo de la maleza. Por otra parte, se observó una tendencia de reducción y aumento en la eficacia de los herbicidas en el tiempo para el control de *Bothriochloa laguroides* y *Cyperus esculentus* L., respectivamente.

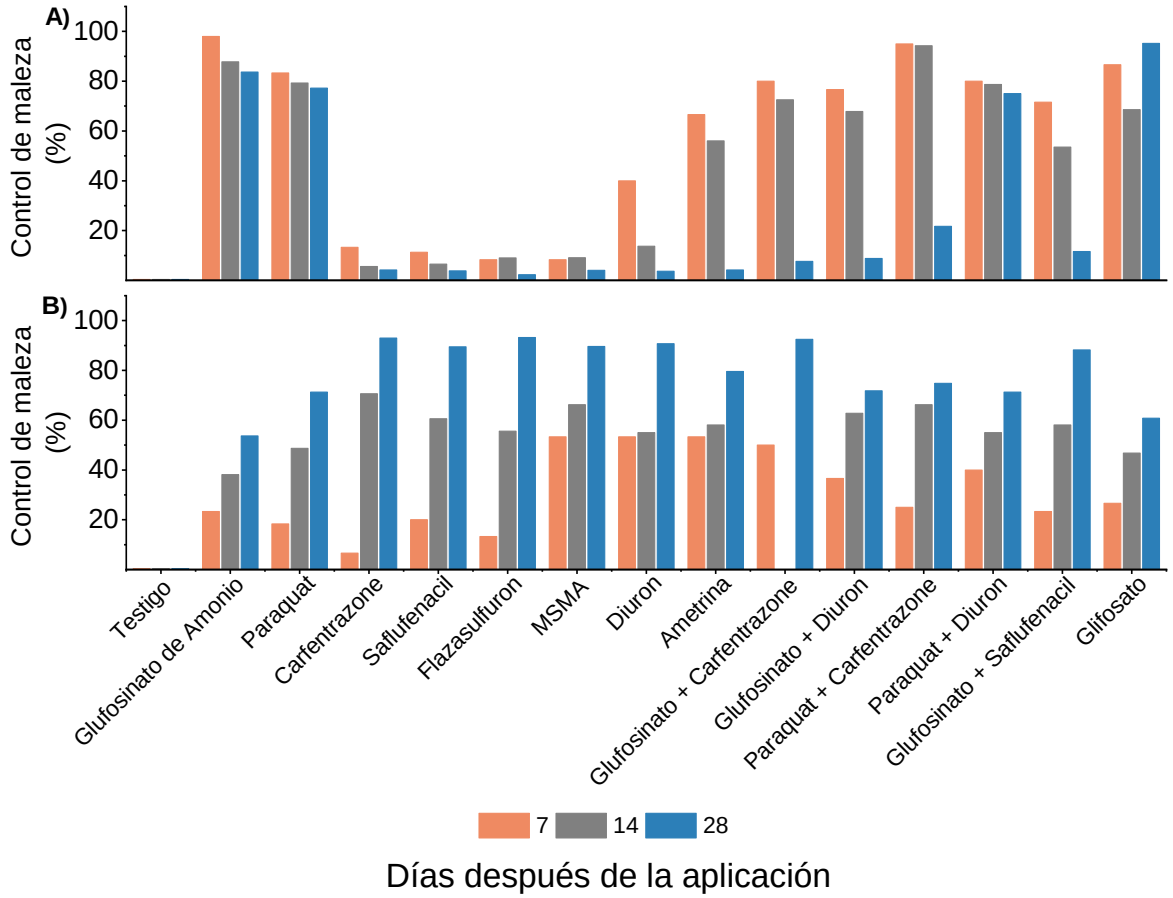


Figura 1. Efecto de los herbicidas en el control de pasto cola de zorra (A) y coquillo (B).

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados indican que al menos uno de los herbicidas utilizados ha demostrado ser eficiente en el control de las especies de maleza *Bothriochloa laguroides* (pasto cola de zorra) y *Cyperus esculentus* L. (coquillo). A los 7 y 14 días después de la aplicación, los mejores ingredientes activos para el control de la cola de zorra fueron el Glufosinato de Amonio y el Paraquat + Carfentrazone, mientras que, para el coquillo, los ingredientes activos efectivos incluyeron el Flazasulfuron, Carfentrazone, Diuron, MSMA, Saflufenacil y Paraquat + Saflufenacil. No obstante, a los 28 días después de la aplicación, el Glifosato mostró un buen control de ambas malezas. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente los herbicidas y considerar el momento de aplicación para lograr un control óptimo de ambas especies.

REFERENCIAS

Ahmed, S., and Chauhan, B. S. (2014). Performance of different herbicides in dry-seeded rice in Bangladesh. The Scientific World Journal. Vol. 2014: 1-14.

Fernández, L. G., Aguilar, L. A., Azzaro, P. C., Miranda, A. M. A., Purroy, V. R., y Pérez, S. M. R. (2017). Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (Citrus latifolia Tanaka) in the seasonal grove. Computers and Electronics in Agriculture, 116:162-172.

Keller, M., Krauss, J., Total, R., & Neuweiler, R. (2020). Efficacy of herbicides against yellow nutsedge (Cyperus esculentus) plants originating from seeds. Julius-Kuhn-Archiv, 464, 116-120.

SAS Institute (2016) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.

Scrivanti, L. R., Norrmann, G. A., y Anton, A. M. R. (2013). Delimiting species boundaries within the *Bothriochloa saccharoides* complex (Poaceae) through morphometric analysis. Phytotaxa, 89(1): 24–42.

Silva, F, M. A., Rodríguez, M, J. C., Díaz, G, O., y Bautista, M, N. (2005). Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (*Homoptera*: *Aphididae*) y *Tetranychus urticae* Koch (*Acari*: *Tetranychidae*). Agrociencia, 39(3): 319-325.

Soltani, N., Shropshire, C., & Sikkema, P. H. (2018). Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.) control in corn with various rates of Halosulfuron. Canadian Journal of Plant Science, 98(3), 628-632.

Vargas, F., Viera, M., y Anteparra, M. (2018). Efecto comparativo de Paraquat, Glifosato y Gramocil para el control de maleza en cítricos en Tulumayo, Leoncio Prado. RevIA, 2(1-2).

ENSAYO DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN GENOTIPOS DE CHILE SERRANO, EN LA PLANICIE HUASTECA, MÉXICO.

Moisés Ramírez Meraz[1], Reinaldo Méndez Aguilar[1], Cristóbal Ervi Bautista Pérez[1], Ulises Santiago López[2] y Denis Leo Amado Antonio[3]

[1]INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2]INIFAP- Campo Experimental San Luis, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.; [3]Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Tantoyuca, Ver., México. CorreoE: ramirez.moises@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la Planicie Huasteca, al noreste de México, se siembran cerca de 3 mil hectáreas de chiles principalmente para el mercado en fresco; de esta superficie, casi 1,500 ha son de chiles serranos, para lo cual los productores en un 80% utilizan semilla de variedades híbridas de importación, lo que además de elevar drásticamente los costos de producción, provoca fuga de divisas del país que superan los 2.4 millones de dólares al año tan solo en la Planicie Huasteca. Estos materiales híbridos, a pesar de su elevado costo, no siempre cumplen con las expectativas del productor (adaptación a la región, altos rendimientos y calidad del fruto), por lo que es necesario darle mejores alternativas. Los resultados obtenidos indicaron que los híbridos Coloso, HS-52, Centauro y Altiplano fueron los mejores en producción total, con rendimientos de 51.5, 48.2, 44.8 y 44.7 t ha^{-1}, respectivamente; cabe señalar que de las líneas experimentales destacó Chiser 74-5-1, que superó en rendimiento a varios híbridos comerciales y obtuvo buena calidad de fruto.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, chile serrano, híbridos, evaluación.

ABSTRACT

In the Huasteca Plain, in northeastern Mexico, about 3,000 hectares of chili peppers are seeded, mainly for the fresh market; of this planted area, almost 1,500 ha are of serrano peppers, for which 80% of the producers use seed of imported hybrid varieties, which in addition to drastically raising production costs, causes flight of foreign currency from the country that exceeds 2.4 million dollars annualy, only in the Huasteca Plain. These hybrid

materials, despite their high cost, do not always meet the producer's expectations (adaptation to the region, high yields and fruit quality), so it is necessary to provide better alternatives. The results obtained indicated that Coloso, HS-52, Centauro and Altiplano hybrids were the best in total production, with yields of 51.5, 48.2, 44.8 and 44.7 t ha^{-1}, respectively. It should be noted that from the experimental lines Chiser 74-5-1 stood out, which outperformed several commercial hybrids and obtained good fruit quality.

Key words: *Capsicum annuum*, serrano pepper, hybrids, evaluation.

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de chile es una de las hortalizas más importantes con una superficie sembrada de 150 mil hectáreas cuyo valor de la producción superó los 30 mil millones de pesos en 2021 (SIAP, 2022).

El chile serrano, llamado también “chile verde” porque se usa casi exclusivamente en fresco para la elaboración de salsas, recibe su nombre de la región donde se producía originalmente, que es la serranía del norte de Puebla e Hidalgo en el declive del Golfo (Laborde y Pozo, 1982; Aguilar *et al*., 2010). Es un chile de color verde de forma cilíndrica, a veces con terminación en punta, que mide de 3 a 10 cm de largo y 1.5 a 2 cm de diámetro, se considera picante, sensación originada por los capsaicinoides que se encuentran en el interior del fruto cubriendo las semillas y venas o placenta. Su epidermis es tersa y brillante, nunca corrugada; su consumo es principalmente en fresco, en estado verde, y en mucho menor grado es utilizado por la industria de enlatado de frutos curtidos en vinagre o salsas, o bien, cuando llega a rojo en madurez total, es deshidratado para la elaboración de chile morita (CESPCHTAM, 2015).

En la Planicie Huasteca se siembran cerca de 3 mil hectáreas de chiles cuyo valor de la producción superó los 900 millones de pesos en 2021; de la superficie sembrada, en esta región, el 55% se establece con chiles serrano, y el resto con jalapeños, habaneros, serranillos o soledad y anchos, entre otros (SIAP, 2022); todos estos, con un fuerte impacto-beneficio social para la región. En chiles serranos, más del 80% se siembra con híbridos de importación lo que además de elevar drásticamente los costos de producción, provoca fuga de divisas del país que superan los 2.4 millones de dólares al año tan solo en la Planicie Huasteca que incluye el sur de Tamaulipas. Estos materiales híbridos, a pesar de su elevado costo, no siempre cumplen con las expectativas del productor como son adaptación

a la región, altos rendimientos y calidad del fruto, entre otras, por lo que es necesario darle mejores alternativas de producción.

El INIFAP ha generado una serie de variedades e híbridos de chile serrano que son utilizados por los productores del sur de Tamaulipas y la Planicie Huasteca, sin embargo, ante las presiones de los mercados continúa generando nuevos materiales, con el fin de que el productor tenga mejores opciones. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y la calidad de fruto de líneas avanzadas y nuevos híbridos de chile serrano desarrollados por el Programa de Mejoramiento Genético de Chile del INIFAP con el fin de identificar materiales superiores para la Planicie Huasteca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Las Huastecas, perteneciente al INIFAP en PV 2022 bajo condiciones de riego por goteo y con apoyo de fertirrigación. Se evaluaron 18 genotipos de chile serrano de los cuales siete son líneas experimentales, cuatro variedades comerciales y siete híbridos comerciales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Material genético evaluado de chile serrano. C.E. Las Huastecas, 2023.

No.	Genotipo	Tipo de material
1	Chiser 74-5-1	Línea experimental
2	Chiser 21-20-1	Línea experimental
3	Chiser 74-2-4	Línea experimental
4	Tampiqueño-74	Variedad
5	Chiser 74-26-4	Línea experimental
6	Chiser 74-27-4	Línea experimental
7	Altamira	Variedad
8	Pánuco	Variedad
9	Chiser 29-119	Línea experimental
10	Chiser 33-10	Línea experimental
11	Coloso	Hibrido
12	HS-52	Hibrido
13	Centauro	Híbrido
14	Catán	Hibrido
15	Don Lalo	Variedad

16	Altiplano	Hibrido
17	USA-PR 10593	Hibrido
18	Comisario	Hibrido

Para el establecimiento y desarrollo del trabajo se siguieron las indicaciones del Paquete Tecnológico de Chiles Generado por el INIFAP (Ramírez *et al.,* 2015). El trasplante en camas de 1.84 m de ancho con doble hilera, con una separación entre hileras de 50 cm y de 30 cm entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones; la parcela la formó una cama de 1.84 m de ancho y 3.5 m de longitud y se cosecharon los 2.5 m del centro para una parcela útil de 4.6 m^2. Se registraron las características de días a floración, y a inicio de cosecha, rendimiento por cosecha y total, así como las características del fruto y aspectos de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precocidad a producción es una característica muy importante en cualquier cultivo ya que las plantas estarán expuestas menor tiempo a factores adversos y el productor además de invertir menos para llegar a cosecha, accederá más pronto a recursos por la venta de sus productos. En el presente trabajo los análisis de varianza arrojaron diferencias altamente significativas para días a inicio de floración y días a inicio de cosecha (Cuadro 2). Al realizar la prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), se observó que los materiales más precoces a inicio de floración fueron USA-PR 10593, Altiplano y Catán con 67, 71 y 71 días a floración (Cuadro 2). Los materiales más precoces a floración, también fueron los que iniciaron la cosecha más temprano. Se observó que los materiales más precoces a inicio de cosecha fueron los híbridos USA-PR 10593 y Altiplano, ambos con 99 días a inicio de cosecha (Cuadro 2); en comparación a estos resultados, Cervantes (2013), al realizar un análisis de conglomerados para características morfológicas de germoplasma de chile serrano encontró valores de días a inicio de cosecha de 91 días.

Se realizó el análisis de varianza para rendimiento en cuatro cosechas, el cual indicó diferencia altamente significativa entre tratamientos para esta importante característica. La comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) indicó que los híbridos Coloso, HS-52, Centauro y Altiplano fueron los mejores materiales para producción, con rendimientos de 51.5, 48.2, 44.8 y 44.7 t ha^{-1}, respectivamente (Cuadro 2); de los materiales citados, los tres primeros fueron generados por el INIFAP. Cabe señalar que de las líneas

experimentales destacó la Chiser 74-5-1, que superó en rendimiento a varios híbridos comerciales y obtuvo buena calidad de fruto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Precocidad a producción y rendimiento total en cuatro cosechas de genotipos de chile serrano para mercado en fresco. C.E. Las Huastecas, 2023.

Genotipo	**Días a Floración**		**Días a Cosecha**		**Rendimiento t ha^{-1}**	
Coloso	76	bcd	108	ef	51.5	a
HS-52	74	bcd	110	def	48.2	ab
Centauro	76	abcd	109	def	44.8	abc
Altiplano	71	d	99	g	44.7	abc
Comisario	73	bcd	107	ef	43.1	abcd
Chiser 74-5-1	77	abc	118	bc	41.8	bcde
Catán	71	cd	106	f	40.1	bcde
USA-PR 10593	67	d	98	g	39.5	bcde
Altamira	82	ab	113	cde	38.0	cdef
Don Lalo	85	a	120	abc	37.4	cdef
Chiser 74-26-4	76	abcd	109	def	36.4	cdef
Pánuco	75	bcd	109	ef	35.6	cdef
Chiser 21-20-1	75	bcd	109	ef	34.7	def
Chiser 33-10	80	abc	116	cd	33.8	def
Tampiqueño-74	85	a	117	bc	33.5	ef
Chiser 29-119	78	abc	118	bc	30.1	f
Chiser 74-2-4	72	cd	125	a	29.7	f
Chiser 74-27-4	82	a	124	ab	29.0	f

*Cantidades con letras iguales en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Al analizar las características de fruto (Cuadro 3), los análisis de varianza para longitud, diámetro y peso promedio de fruto detectaron diferencias altamente significativas entre materiales, lo cual se corroboró al correr las pruebas de comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$). Estas tres características impactan directamente en el rendimiento total por hectárea.

Para longitud de fruto destacaron los híbridos USA-Pr10593 y Altiplano con un promedio de longitud de fruto de 11.0 y 10.5 cm, seguidos de Catán, con 9.7 cm; por otra parte, la menor

longitud de fruto la presentó la línea experimental Chiser 21-20-1, con 6.1 cm. De acuerdo al CONAPROCH (2017) es importante conocer esta característica para la elección del material según sea el mercado, ya que el mercado en fresco de chiles exige tamaño de fruto entre 8 y 11 cm, en tanto que la industria requiere que el tamaño de fruto no debe ser mayor a las 3" (7.6 cm) para proceso, por lo que Chiser 21-20-1 podría ser considerada para mercado industrial junto con la línea Chiser 29-119 (Cuadro 3).

En el análisis para diámetro de fruto destacaron por los mayores valores Altiplano, USAPR 10503 y HS-52, con un diámetro de 2.1, 2.0 y 2.0 cm, respectivamente, en tanto que el menor diámetro lo presentó Chiser 74-26-4, con 1.6 cm (Cuadro 3).

El peso promedio de fruto es también un carácter altamente correlacionada con el rendimiento; de acuerdo a la comparación de medías de Tukey ($p \leq 0.05$), los genotipos que produjeron frutos con mayor peso fueron los híbridos Altiplano, USAPR 10593 y Coloso con un peso de 22.5, 22.3 y 20.9 g/fruto, respectivamente, en tanto que el genotipo que presentó el peso más bajo de fruto fue la línea experimental Chiser 21-20-1 con un peso de 10.5 g.

Dado que la mayor parte de la comercialización del chile serrano es para mercado de fruto en fresco, la característica de color del fruto en verde es básica para mercado final; de acuerdo a Vázquez *et al*., 2010, para mercado en fresco son preferidas las coloraciones de fruto verde esmeralda (122 a 126 °Hue) y verde esmeralda oscuro (127 a 130° Hue). En el presente trabajo, los materiales presentaron color verde esmeralda (VE) o verde esmeralda oscuro (VEO), con lo que cubren el requerimiento del mercado; la excepción fue la variedad Pánuco que tuvo color de fruto verde oscuro (VO), no atractiva para mercado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de calidad de fruto en genotipos de chile serrano para mercado en fresco. C.E. Las Huastecas, 2023.

Material	Longitud de Fruto cm		Diámetro de Fruto cm		Peso de Fruto g		Color de fruto
USA-PR 10593	11.0	a	2.0	abc	22.3	a	VEO
Altiplano	10.5	ab	2.1	a	22.5	a	VE
Catán	9.7	bc	1.9	abcd	18.2	bcd	VE
Coloso	8.8	cd	1.9	abcd	20.9	ab	VE
Comisario	8.8	cd	1.8	abcd	15.1	cdef	VE
HS-52	8.7	cd	2.0	ab	18.4	abc	VEO

Chiser 74-26-4	8.6	cd	1.6	d	13.0	fg	VE
Don Lalo	8.6	cd	1.7	bcd	17.4	bcde	VE
Chiser 74-27-4	8.4	de	1.7	abcd	11.8	fg	VE
Chiser 74-5-1	8.3	de	1.7	bcd	11.5	fg	VE
Chiser 74-2-4	8.2	de	1.7	abcd	12.3	fg	VE
Tampiqueño-74	8.2	de	1.7	bcd	13.6	efg	VE
Altamira	8.1	de	1.7	abcd	11.3	fg	VE
Centauro	8.1	de	1.7	abcd	12.2	fg	VE
Pánuco	7.8	de	1.9	abcd	14.2	defg	VO
Chiser 29-119	7.3	e	1.8	d	11.2	fg	VEO
Chiser 21-20-1	6.1	f	1.7	cd	10.5	g	VE

Promedios con letras iguales en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)
Color de Fruto: VE= Verde esmeralda, VEO= Verde esmeralda oscuro, VO= Verde oscuro

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que los mejores materiales en volumen de producción en el ciclo PV-2022 fueron los híbridos Coloso, HS-52, Centauro y Altiplano con rendimientos de 51.5, 48.2, 44.8 y 44.7 t ha^{-1}, respectivamente. Todos con las características de calidad que el productor y el mercado demanda, por lo que son buenas opciones para la Planicie Huasteca.

Se identificó a la línea Chiser 74-5-1 como un material promisorio para la Planicie Huasteca, ya que aparte de presentar alta producción con la que superó a varios híbridos comerciales, también cumplió con las características de calidad que requiere el mercado en fresco.

REFERENCIAS

Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.

Cervantes Guzmán, N. H. 2013. Análisis de conglomerados para características morfológicas de germoplasma de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Licenciatura en Agronomía. Instituto Tecnológico de Altamira. Altamira, Tam., Mex. 60 p.

CONAPROCH. 2017. Plan Rector Comité Nacional Sistema Producto Chile 2017. Consejo Nacional de Productores de Chile (CONAPROCH). México. 85 p.

CESPCHTAM. 2015. Plan Rector 2015. Comité Estatal Sistema Producto Chiles en Tamaulipas. 38 p.

Laborde, C. y Pozo. C. O. 1984. Presente y pasado del chile en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). México, DF. Publicación, Número especial 85. 80 p.

Ramírez M.M., G. Arcos C., H. Mata V., E. Vázquez G., R. Méndez A. 2015. Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de Tamaulipas. Campo Exp. Las Huastecas. Folleto Técnico No. MX-0-310701-11-03-14-09-40. 48 p.

SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola 2021. Consulta: Agosto de 2022. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/

Vázquez García E., M. Ramírez Meraz, H. Mata Vázquez, R. Ariza Flores, I. Alia Tejacal. 2010. Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 33 (Num. Especial 4): 79-82. Nov. 2010. México.

ESTADÍSTICAS HORARIAS DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL ALTIPLANO DEL ESTADO DE ZACATECAS

Guillermo Medina-García[1]*, José Israel Casas-Flores[2] Victor Manuel Rodríguez Moreno[3], Nadiezhda Ramírez Cabral[4]

[1,2,4]INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. [3]Campo Experimental Pabellón. medina.guillermo@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La necesidad de contar con estadísticas climatológicas actualizadas para apoyar el desarrollo agropecuario y forestal, la planeación y la investigación, ha motivado la realización del presente estudio. Se seleccionó una estación de la red de estaciones meteorológicas del INIFAP en Zacatecas que registran datos cada 15 minutos. La velocidad media del viento es mayor en los meses de febrero a abril y se presentan entre las 12 y las 18 h. Las velocidades del viento máximas maximorum se presentan en los mismos meses entre las 6 y 12 h. La velocidad de viento entre 0 y 5.0, 5.1 a 10.0 y 10.1 a 15.0 km/h, presentan frecuencias de 31.6, 33.3 y 19.9 % respectivamente, con respecto al total de velocidades registradas. La dirección del viento dominante en tres trimestres y anual es Sur, excepto en el trimestre julio – septiembre que es del Este y corresponde a la temporada de lluvia.

Palabras clave: Velocidad del viento, dirección dominante del viento.

ABSTRACT

The need to have updated climatological statistics to support agricultural and forestry development, planning and research, has motivated the realization of this study. A station was selected from the INIFAP network of meteorological stations in Zacatecas that record data every 15 minutes. The average wind speed is higher in the months of February to April and occurs between 12 and 18 h. The maximum maximorum wind speeds occur in the same months between 6 and 12 h. The wind speed between 0 and 5.0, 5.1 to 10.0 and 10.1 to 15.0 km/h, present frequencies of 31.6, 33.3 and 19.9% respectively, with respect to the total speeds recorded. The direction of the dominant wind in three quarters and annually is

South, except in the July-September quarter, which is from the East and corresponds to the rainy season.

Key words; Wind speed, prevailing wind direction.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de las actividades productivas del hombre se ven fuertemente influidas por el clima. Tanto el sector primario como el de transformación e incluso el de servicios, dependen significativamente de los patrones espacio-temporales del clima (Dennett y Elston, 1994). Es importante destacar también la necesidad perentoria de que, al emprenderse una actividad productiva, el clima debe valorarse bajo el contexto de recurso natural disponible y dentro de este contexto evaluar las probables restricciones a los sistemas de producción (Castro y Arteaga, 1993; Ruiz *et al.,* 1999; Medina *et al.*, 2008).

La necesidad de contar con estadísticas climatológicas actualizadas para apoyar el desarrollo agropecuario y forestal, la planeación y la investigación, ha motivado la realización del presente estudio. La información que aquí se incluye tiene un amplio espectro de aplicación y constituye una herramienta de apoyo en cualquier campo del conocimiento. El objetivo de la presente publicación es poner a disposición de usuarios, técnicos de campo, agentes de cambio, investigadores, académicos, comercializadores, y tomadores de decisiones, información de velocidad y dirección del viento actualizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La red de estaciones meteorológicas del INIFAP en Zacatecas cuenta con 38 estaciones, que cada 15 minutos registran la temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad del viento y radiación solar. Se seleccionó la estación ubicada en el Campo Experimental Zacatecas para este estudio. Se seleccionaron la velocidad y dirección del viento como variables. La velocidad del viento se utiliza para determinar la evapotranspiración en cultivos, es importante por su efecto en la erosión del suelo y daños a los cultivos, entre otros. La dirección del viento se utiliza para orientar la construcción de invernaderos y en la programación de aplicaciones de pesticidas, entre otros. Se obtuvieron

los siguientes parámetros de (Infante y Zárate, 2012) velocidad del viento media, velocidad del viento máxima *maximorum*, frecuencia relativa de velocidad del viento (UF, 2023) y la frecuencia relativa de dirección del viento que es la proporción de valores dentro de cada rango de dirección, con respecto al total de observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron estadísticas horarias, mensuales y anuales, de las variables indicadas. En el Cuadro 1 y Figura 1 se presentan las velocidades medias del viento por hora en cada mes, donde se observa fácilmente cuales son los meses y las horas con mayor y menor velocidad del viento. En el Cuadro 2 se presenta la velocidad del viento máxima maximorum por hora en cada mes, es la máxima velocidad del viento que se ha presentado en el historial de la estación, se observa que ha llegado hasta 67 km/h. En el Cuadro 3 y Figura 2 se presenta la frecuencia de velocidad del viento por mes, se observa que los tres primeros rangos representan 84.8 % de la velocidad del viento. En el Cuadro 4 y Figura 3 se presenta la frecuencia de la dirección del viento por trimestre, se observa que, en el primero, segundo y cuarto trimestres la dirección dominante del viento es Sur, mientras que en la temporada de lluvia (jul-sep) la dirección dominante es Este.

La velocidad media del viento es mayor en los meses de febrero a abril y se presentan entre las 12 y las 18 h. Las velocidades del viento máximas maximorum se presentan en los mismos meses entre las 6 y 12 h. La velocidad de viento entre 0 y 5.0, 5.1 a 10.0 y 10.1 a 15.0 km/h, presentan frecuencias de 31.6, 33.3 y 19.9 % respectivamente, con respecto al total de velocidades registradas, esto indica que la mayor parte de los vientos tienen una velocidad de ligera a moderada.

Cuadro 1. Velocidad del viento media (km/h) horaria de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
00	6.2	7.2	7.8	8.6	9.8	10.9	9.2	8.5	6.0	5.8	5.5	6.3	7.7
01	6.2	7.3	7.3	8.1	8.9	9.3	8.3	7.3	5.2	5.1	5.2	6.3	7.0
02	6.3	7.3	7.1	7.6	7.8	7.8	6.9	5.9	4.7	4.6	4.9	6.4	6.4
03	6.2	7.3	7.0	7.5	7.2	6.7	5.8	5.0	4.2	4.3	4.6	6.2	6.0
04	6.0	7.3	7.0	7.3	6.7	5.8	5.0	4.3	3.9	4.1	4.6	6.3	5.7
05	6.0	7.1	6.8	6.9	6.0	5.3	4.5	4.0	3.6	4.0	4.6	6.3	5.4
06	6.1	7.1	6.7	6.7	5.5	4.8	4.1	3.5	3.3	3.8	4.5	6.2	5.2
07	6.0	7.0	6.8	6.7	5.5	4.7	4.1	3.3	3.3	3.7	4.3	6.1	5.1
08	6.4	7.9	9.0	7.8	7.0	6.2	4.9	4.0	3.8	4.1	5.5	6.7	6.1

09	9.1	11.0	11.5	10.2	9.2	8.0	6.4	5.8	5.8	6.0	8.6	9.4	8.4
10	11.4	13.1	12.7	11.6	9.7	8.4	7.2	7.1	7.6	8.0	10.1	11.6	9.9
11	12.8	14.7	13.8	12.7	10.1	9.0	8.0	8.1	8.7	9.3	11.2	13.0	10.9
12	14.0	15.8	15.0	13.7	10.8	9.6	8.7	8.9	9.5	10.2	12.0	13.9	11.8
13	14.7	16.2	15.9	14.8	11.8	10.8	9.6	9.8	9.9	10.7	12.2	14.3	12.5
14	14.8	16.5	16.5	15.5	12.4	11.9	10.6	10.6	10.3	10.8	12.1	14.3	13.0
15	14.7	16.4	16.4	15.8	12.8	12.4	11.4	11.3	10.5	10.7	11.8	14.0	13.2
16	14.2	16.1	16.2	15.9	13.1	12.7	12.0	11.5	10.4	10.6	11.3	13.3	13.1
17	13.1	15.0	15.7	15.8	13.2	12.8	12.1	11.6	10.2	10.1	9.6	11.3	12.5
18	9.7	12.1	13.5	15.3	12.9	13.0	12.0	11.3	9.3	8.5	6.8	7.8	11.0
19	8.0	8.8	9.9	13.5	12.6	12.8	11.7	10.3	7.2	6.4	7.0	7.3	9.6
20	7.9	8.2	8.8	10.7	11.0	11.7	10.3	8.4	5.6	6.2	7.5	7.2	8.6
21	7.6	8.2	8.8	9.6	10.0	10.8	9.3	8.0	6.1	6.7	7.4	7.1	8.3
22	7.2	8.0	8.6	9.4	10.2	11.4	9.6	8.4	6.7	7.0	6.8	6.8	8.4
23	6.5	7.4	8.2	9.4	10.4	11.5	9.7	8.9	6.6	6.6	6.0	6.4	8.1
Media	9.2	10.5	10.7	10.9	9.8	9.5	8.4	7.7	6.8	7.0	7.7	8.9	8.9

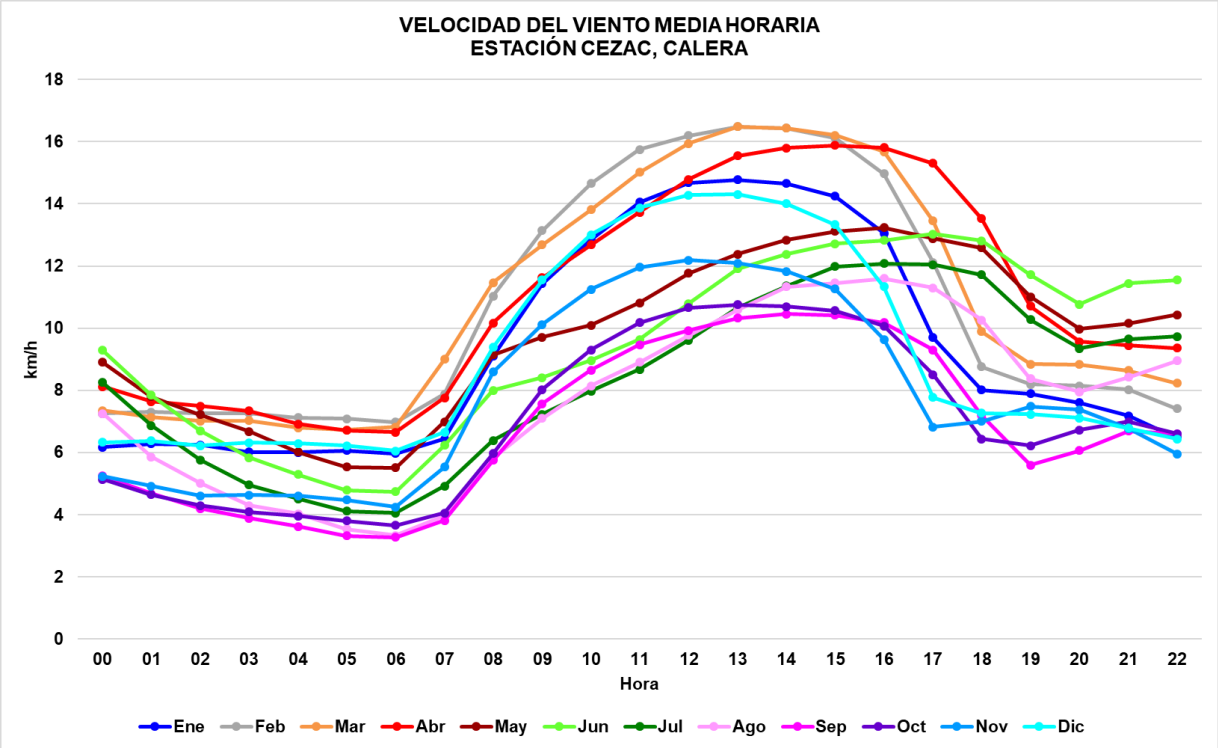


Figura 1. Velocidad del viento media (km/h) horaria de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

Cuadro 2. Velocidad del viento máxima maximorum (km/h) horaria de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
00	39.0	31.0	33.0	36.0	46.9	43.5	38.9	36.2	32.5	30.7	34.7	34.9	46.9
01	37.0	40.0	35.0	35.7	47.0	46.2	40.2	29.6	34.7	29.4	31.0	36.0	47.0
02	37.0	36.0	41.0	32.0	36.9	47.6	37.2	32.1	25.4	24.5	33.0	45.0	47.6
03	36.7	38.5	48.0	32.8	30.6	44.9	28.7	30.3	26.0	27.8	38.0	40.0	48.0
04	34.0	33.8	47.0	30.1	26.1	48.3	28.4	29.1	28.0	23.9	35.0	38.0	48.3
05	33.0	39.0	52.0	33.2	26.0	43.3	27.3	24.6	26.9	25.8	35.0	39.0	52.0
06	32.0	37.0	62.0	32.5	29.7	36.6	24.2	24.5	24.1	29.5	33.0	44.0	62.0
07	31.0	34.0	62.0	31.0	25.9	27.6	27.8	23.0	24.2	24.9	27.0	42.0	62.0
08	37.1	38.0	67.0	31.6	27.5	29.0	30.0	23.3	27.0	29.1	28.8	39.0	67.0
09	40.0	51.0	65.0	35.8	28.7	32.7	37.0	37.8	31.6	37.1	34.3	44.0	65.0
10	49.0	51.0	62.0	43.2	31.0	38.2	27.4	36.4	30.6	48.7	38.0	43.0	62.0
11	49.0	52.3	63.0	45.1	34.0	46.8	35.8	30.7	27.1	42.1	36.8	49.0	63.0
12	49.0	45.7	60.0	46.0	40.4	36.9	32.1	32.4	30.0	41.7	44.6	47.0	60.0
13	49.0	54.5	57.6	44.0	40.2	35.7	32.2	35.2	38.4	37.5	40.0	51.0	57.6
14	49.0	49.1	52.0	53.9	47.2	38.6	28.9	31.8	30.1	39.8	41.0	49.0	53.9
15	46.0	55.6	53.6	56.8	45.3	40.3	34.8	38.6	37.5	36.1	43.0	44.0	56.8
16	48.0	53.5	45.0	50.5	46.0	41.6	36.1	34.1	29.1	38.1	37.0	43.9	53.5
17	42.0	44.9	48.1	58.9	43.4	40.4	41.8	40.6	34.4	34.3	38.0	41.0	58.9
18	40.6	41.6	45.7	45.9	46.0	45.7	36.8	42.2	29.8	39.0	30.6	42.0	46.0
19	47.0	34.3	41.0	46.3	43.2	44.6	39.6	31.7	35.6	27.0	31.5	34.5	47.0
20	49.0	36.0	38.0	43.2	38.0	37.7	36.6	39.0	34.6	29.1	39.8	29.0	49.0
21	40.0	35.0	34.0	49.9	39.7	44.0	34.0	40.1	43.8	34.0	36.0	32.0	49.9
22	39.0	37.0	35.0	48.5	43.7	41.0	39.1	36.9	30.4	33.2	39.2	35.0	48.5
23	36.8	30.4	37.3	43.3	42.1	45.8	38.6	37.7	31.1	32.2	33.4	33.8	45.8
Máx.	49.0	55.6	67.0	58.9	47.2	48.3	41.8	42.2	43.8	48.7	44.6	51.0	67.0

Cuadro 3. Frecuencia de velocidad del viento (%) mensual de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

km/hr	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0.0 a 5.0	33.2	25.6	22.4	20.0	22.1	25.8	33.2	37.1	43.8	42.9	38.6	33.5	31.6
5.1 a 10.0	32.5	32.2	34.3	32.2	36.2	33.2	32.5	32.7	32.4	33.6	34.1	33.7	33.3
10.1 a 15.0	16.4	19.1	20.5	23.9	24.3	23.8	21.5	20.8	18.2	16.6	17.2	16.7	19.9
15.1 a 20.0	9.3	11.2	11.6	13.6	11.7	11.7	9.2	7.3	4.5	5.4	6.5	8.5	9.2
20.1 a 25.0	4.8	6.3	5.9	6.8	3.8	3.9	2.9	1.8	1.0	1.0	2.3	4.4	3.7
25.1 a 30.0	2.2	3.3	3.1	2.6	1.3	1.2	0.5	0.3	0.2	0.4	0.7	2.0	1.5
30.1 a 35.0	1.1	1.4	1.3	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.7	0.5

35.1 a 40.0	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2
40.1 a 45.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
45.1 a 50.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
>50	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Suma	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

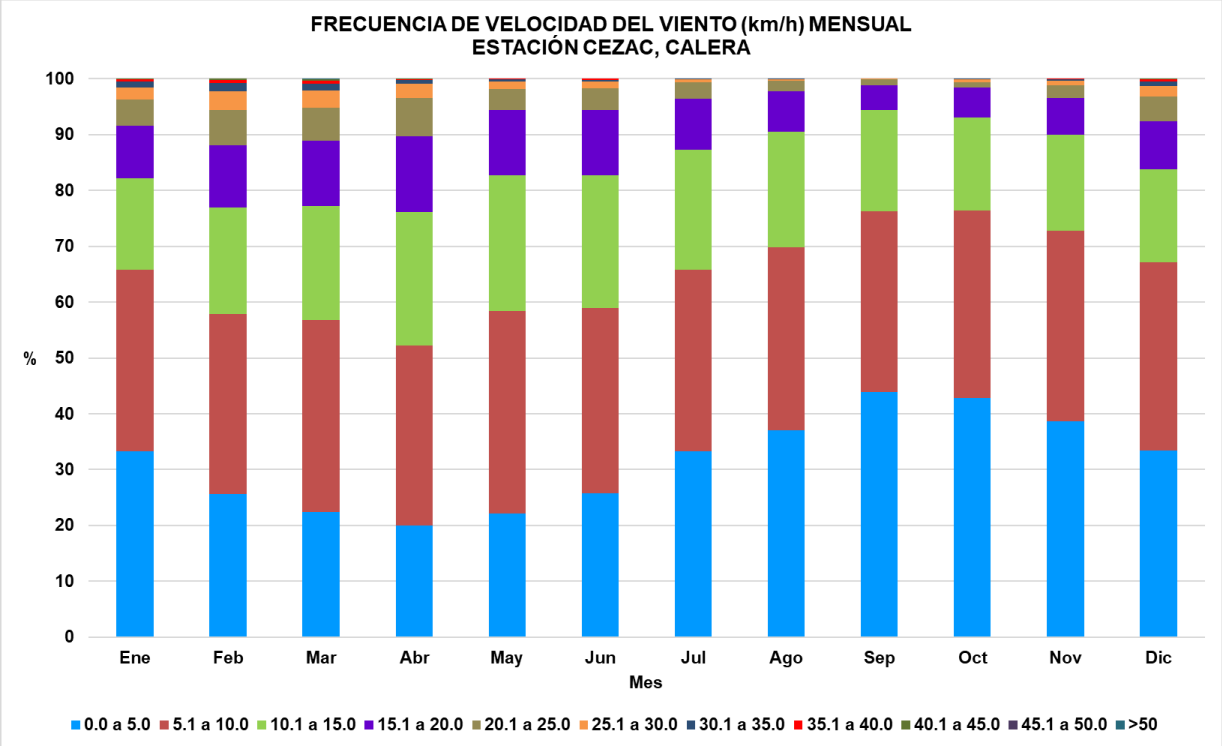


Figura 2. Frecuencia de velocidad del viento (%) mensual de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

Cuadro 4. Frecuencia de dirección del viento (%) trimestral de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

Dirección	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic	Anual
N	3.8	4.5	5.2	4.8	4.6
NNE	2.9	3.8	5.6	4.2	4.2
NE	2.8	4.2	7.6	4.7	4.9
ENE	3.5	5.3	11.0	6.1	6.5
E	5.2	7.0	14.3	8.7	8.9
ESE	7.4	7.0	12.0	10.3	9.2
SE	6.0	6.1	8.5	7.7	7.1
SSE	12.9	11.6	8.4	12.6	11.3
S	17.2	15.3	8.9	13.9	13.8
SSO	14.7	11.2	5.8	10.0	10.4
SO	10.0	7.9	3.2	6.2	6.8
OSO	5.2	5.5	2.0	3.1	3.9
O	2.9	3.3	1.6	1.9	2.4
ONO	1.6	2.1	1.4	1.5	1.7
NO	1.6	2.2	1.7	1.6	1.8
NNO	2.3	3.1	2.7	2.6	2.7
Suma	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

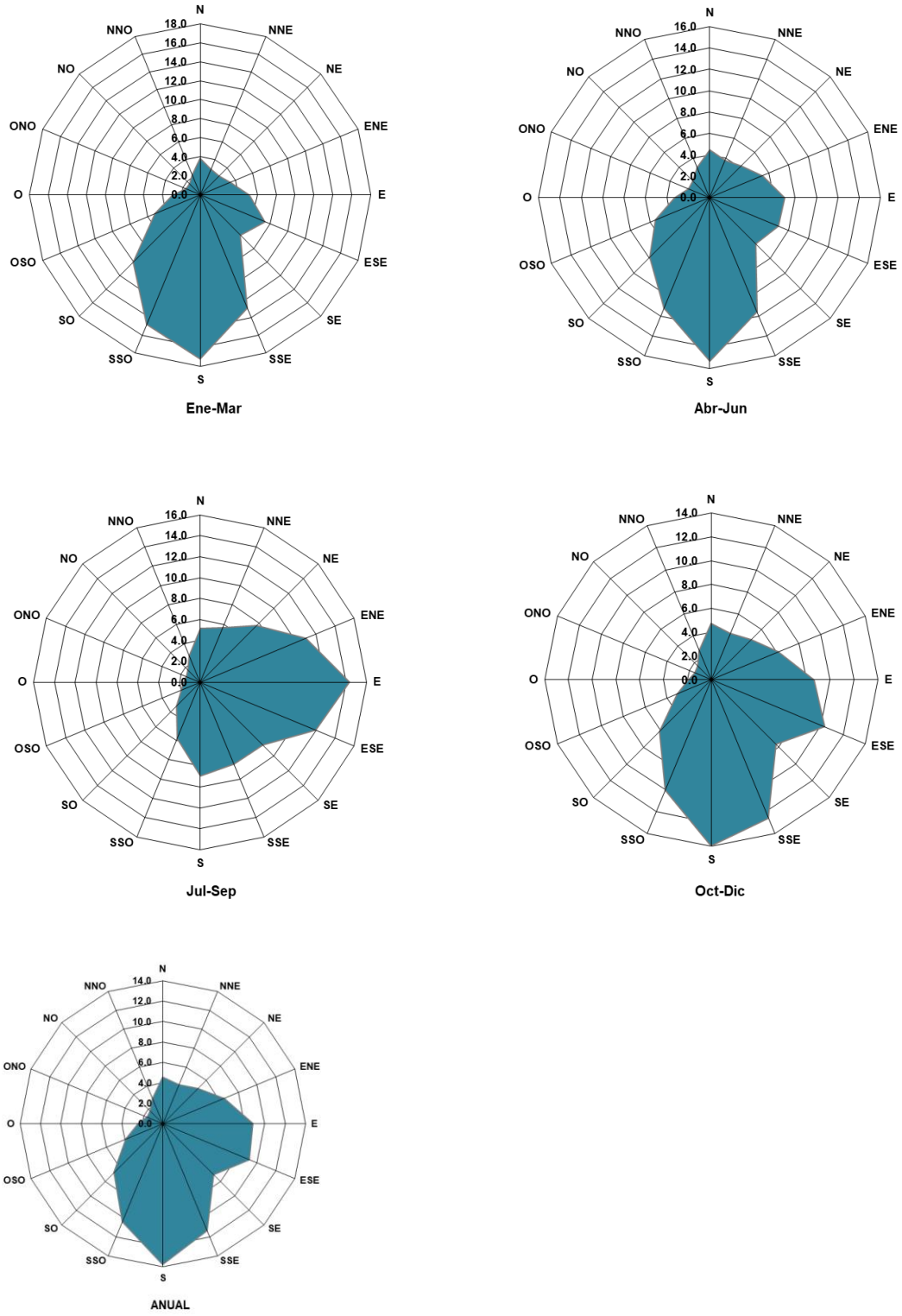


Figura 3. Frecuencia de dirección del viento (%) trimestral de la estación Campo Experimental Zacatecas, Calera (2002-2022).

CONCLUSIONES

Con 21 años de registro de datos de la estación cada 15 minutos, se obtuvieron estadísticas confiables de velocidad y dirección del viento.

La velocidad media del viento es mayor en los meses de febrero, marzo y abril, y se presentan entre las 12 y las 18 h.

Las velocidades del viento máximas maximorum se presentan también en los meses de febrero, marzo y abril entre las 6 y 12 h.

La velocidad de viento entre 0 y 5.0, 5.1 a 10.0 y 10.1 a 15.0 km/h, presentan una frecuencia de 31.6, 33.3 y 19.9 % respectivamente, con respecto al total de velocidades registradas.

La dirección del viento dominante en tres trimestres y anual es Sur, excepto en el trimestre julio – septiembre que es del Este y corresponde a la temporada de lluvia.

REFERENCIAS

Castro Z., R. y R. Arteaga R. 1993. Introducción a la meteorología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. 275p.

Dennett, M.D. and J. Elston. 1994. Agricultural systems. In:Handbook of agricultural meteorology (John F. Griffiths Editor) Oxford Univ. Press. New York, N.Y., USA. pp.236-240.

Infante, G., S. y Zárate de L., G. 2012. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tercera edición. 624 p.

Medina G., G.; Grageda G., J.; Ruiz C., J. A. y Báez G., A. D. 2008. Uso de estaciones meteorológicas en la agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, México. 19 p. (Folleto informativo No. 50).

Ruiz C.; J. A., G. Medina G.; Z. Ortiz T.; I. J. González A.; H. E. Flores L.; R. A. Martínez P. y K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jal., Méx. 324 p.

Universo fórmulas (UF). 2023. Frecuencia relativa. Consultada 20 de abril de 2023. https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/frecuencia-relativa/

ESTIMACIÓN DE DESPERDICIOS DE MELÓN EN BODEGAS Y CADENAS DE TIENDAS DE LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA

Espinoza-Arellano, José de Jesús[1], Fabela-Hernández, Adriana Monserrat[2], Molina-Morejón, Víctor Manuel[1], Guerrero-Ramos, Liliana Angélica[1], y Orona-Castillo, Ignacio[3]

[1] Catedrático Investigador de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 Ote., C.P. 27,000, Torreón, Coah.

[2] Doctorante, Programa en Administración y Alta Dirección, Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 Ote., C.P. 27,000, Torreón, Coah., México. Tel. (871) 712 8044. E-mail: adriana_fabela@hotmail.com

[3] Catedrático Investigador de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo.

E-mail autor principal: jesusespinoza_612@yahoo.com.mx

RESUMEN

Existen múltiples esfuerzos para prevenir y disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos, ya que se pierde o se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen en el año. El objetivo de este trabajo fue hacer una cuantificación de los desperdicios de melón cantaloupe, sus causas y usos en los eslabones distribución al mayoreo y menudeo en la Comarca Lagunera. A nivel mundial se utilizan diversas metodologías para medir las pérdidas y desperdicios de alimentos, en este trabajo se optó por el método de encuestas. Se obtuvieron estimaciones de las pérdidas, así como de las causas y usos de éstas, mediante la aplicación de cinco cuestionarios a bodegueros de melón en la ciudad de Torreón y cinco cuestionarios a las principales cadenas de tiendas de la misma ciudad.

ABSTRACT

There are multiple efforts to prevent and reduce food losses and waste, since approximately one third of the food produced in the year is lost or wasted. The objective of this work was to quantify the waste of cantaloupe melon, its causes and uses in the wholesale and retail distribution links in the Comarca Lagunera. Worldwide, various methodologies are used to measure food losses and waste, in this work the survey method was chosen. Estimates of losses, as well as their causes and uses, were obtained by applying five questionnaires to melon winemakers in the city of Torreón and five questionnaires to the main chain stores in the same city.

INTRODUCCIÓN

En el año 2000 en la FAO se adoptaron 17 objetivos del milenio los cuáles giraban en torno a reducir la pobreza a nivel mundial. Para dar continuidad a la agenda del desarrollo en el 2015 se establecieron 17 objetivos del desarrollo sostenible de los cuales el 12 se refiere a garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; de él se desprende el objetivo 12.3 el cual propuso para el año 2030 reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos per cápita y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y distribución (Fabi & English, 2018). En un mundo con recursos naturales limitados y donde es necesario encontrar soluciones para producir suficientes alimentos inocuos y nutritivos para todos, reducir las pérdidas de alimentos debe ser una prioridad (FAO, 2012).

A nivel mundial se pierden y desperdician cerca de 1 300 millones de toneladas de alimentos al año, lo que representa cerca de un tercio de la producción mundial (FAO, 2012). En los países de ingresos altos y medianos los alimentos se desperdician de manera significativa en la etapa del consumo mientras que, en los países de ingresos bajos, los alimentos se pierden principalmente durante las primeras etapas y las etapas intermedias de la cadena de suministro de alimentos (FAO, 2012).

En México se han realizado algunos estudios sobre pérdidas y desperdicios de alimentos, pero ninguno en melón cantaloupe. En este trabajo se plantearon las siguientes preguntas de investigación en la cadena productiva del melón: ¿A cuánto ascienden los desperdicios de melón en los eslabones de distribución al mayoreo y menudeo en la Comarca Lagunera? ¿Cuáles son las causas de esos desperdicios? y ¿Qué se hace con el melón desperdiciado?

El INEGI (2018) realizó un estudio a nivel nacional por sobre las causas de las pérdidas de alimentos (PDA) en el sector primario. Se encontró que el 44.2 % de las unidades de producción han sufrido pérdidas por causa biológicas (plagas y enfermedades), mientras que el 74.7 % de las unidades ha sufrido pérdidas debido a factores climáticos como las sequías, los fuertes vientos, granizadas, heladas e inundaciones, entre otros factores.

La producción de melón cantaloupe en el mundo en el año 2019 fue de 27.5 millones de toneladas. China fue el mayor productor con 49.0 % del total, seguido de Turquía con el 6.4 % e India con el 4.6 % (FAO, 2020). En México, la superficie cultivada con melón cantaloupe en el año 2020 fue de 19 104 ha con una producción de 591 574 toneladas (SIAP, 2021). La Comarca Lagunera contribuyó en el año 2020 con una superficie de 4 565 hectáreas y una producción de 165 663 toneladas, con una participación del 28.0 % de la producción nacional y es reconocida como la principal región melonera del país (SADER Región Lagunera, 2021). Se estima que de la superficie sembrada en la Comarca Lagunera durante un año el 53.0 % es en siembras tempranas, el 18.0 % intermedias y el 29.0 % tardías (Fabela, 2021)

De acuerdo con la FAO (2012) existen grandes vacíos de datos acerca de las pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo. Por ello, es necesario que se siga investigando en este campo. El objetivo de este trabajo fue hacer una cuantificación de las pérdidas de melón cantaloupe, sus causas y usos en los eslabones distribución al mayoreo y menudeo en la Comarca Lagunera. La parte de distribución se aborda con los casos de cinco bodegas de la Central de Abastos y tres cadenas de tiendas de autoservicio de la ciudad de Torreón, Coahuila. Con base en una cuantificación de las pérdidas de melón y sus causas se podrán proponer e implementar políticas específicas para su manejo y reducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región de estudio está situada en el Norte-centro de México y es conocida como la Comarca Lagunera. Está integrada por cinco municipios del suroeste del estado de Coahuila y 10 del noreste de Durango. La región está situada a una altura promedio de 1 150 msnm (Orona et al., 2006). El clima de la región es seco desértico y se caracteriza por una temperatura media anual de 20.9 ºC, veranos cálidos, con promedio de temperaturas máximas de 30.2 ºC (±1.9), mínimas de 10.5 ºC (±3.0) y precipitación media anual de 287 (±98) mm (Figueroa et al., 2015).

Existen diversos métodos para cuantificar las pérdidas y desperdicios de alimentos, los cuales han sido reportadas por Hanson et al. (2016). Algunos de los métodos son: pesaje, conteo, evaluación por volumen, archivos, diarios, modelado y encuestas, entre otros. Para este trabajo se utilizó el método de encuestas el cual tiene algunas ventajas como la de no requerir especialización técnica en el área de alimentos, la inversión es menor que en los otros métodos y no se requieren equipos, laboratorios o personal calificado para realizar la cuantificación de las pérdidas y desperdicios. Se aplicaron encuestas en bodegas de abastos y cadenas comerciales. Los cuestionarios utilizados fueron revisados y validados por el método de expertos. En cada uno de los cuestionarios se incluyeron entre 15 y 18 preguntas para obtener información sobre las características y ubicación de los informantes, pero sobre todo para cuantificar las pérdidas/desperdicios, las causas y el uso de tales pérdidas/desperdicios. La información obtenida se analizó con estadística descriptiva a través de medias y frecuencias.

En el eslabón de distribución al mayoreo se aplicaron cuestionarios a una muestra no-estadística de cinco bodegueros que venden melón en la central de abastos de la ciudad Torreón, Coahuila. El cuestionario estuvo integrado por 15 preguntas en las cuales se solicitó información acerca del porcentaje de rechazo de melón al productor (proveedor), principales causas de rechazo, los días que permanece el melón en la bodega, porcentaje de melón que se desperdicia en bodega, destino del fruto desechado, entre otras.

En el eslabón de distribución al menudeo, se aplicaron cinco cuestionarios a una muestra no-estadística de las principales cadenas de tiendas de autoservicio de la ciudad de Torreón, Coahuila. El cuestionario estuvo integrado por 19 preguntas, en las cuales se obtuvo información acerca de la cantidad de melón que se comercializa, las principales causas de rechazo del fruto al productor en su centro de distribución (CEDIS), la cantidad de melón que se desperdicia en el área de ventas al consumidor, las causas y usos de tales desperdicios, entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación de desperdicios de melón en el eslabón de bodegas de la central de abastos, causas y usos del producto desechado

En México existe una mala distribución de alimentos al mayoreo debido al inadecuado almacenamiento y transporte, así como problemas por la centralización de los centros de distribución como es el caso de las centrales de abastos (CCA, 2019). Las pérdidas de melón en esta etapa se registran desde que el productor (proveedor) llega a bodega a entregar el producto, parte del cual le es rechazado. En promedio, el porcentaje de rechazo al productor melonero en bodega fue del 6.0 % (Figura 1). Las principales características por las cuales los bodegueros rechazan el melón a sus proveedores son: el fruto presenta rajaduras (23.0 %), el fruto está deforme (23.0 %), el fruto presenta un tamaño inadecuado (31.0 %). Ya en bodega, el porcentaje de desperdicio es también del 6.0 % (Figura 1) y la principal causa es el deterioro del fruto por exceso de maduración cuando permanece varios días en bodega sin ser vendido. Este porcentaje es mayor a lo encontrado por García-Pérez *et al.* (2020) quienes reportan un desperdicio diario en bodegas de la Central de Abastos de la ciudad de Xalapa, Ver. del 0.7 % aunque los datos no son comparables porque en el caso citado se incluyen algunos productos menos perecederos que el melón como la cebolla, papas y naranjas.

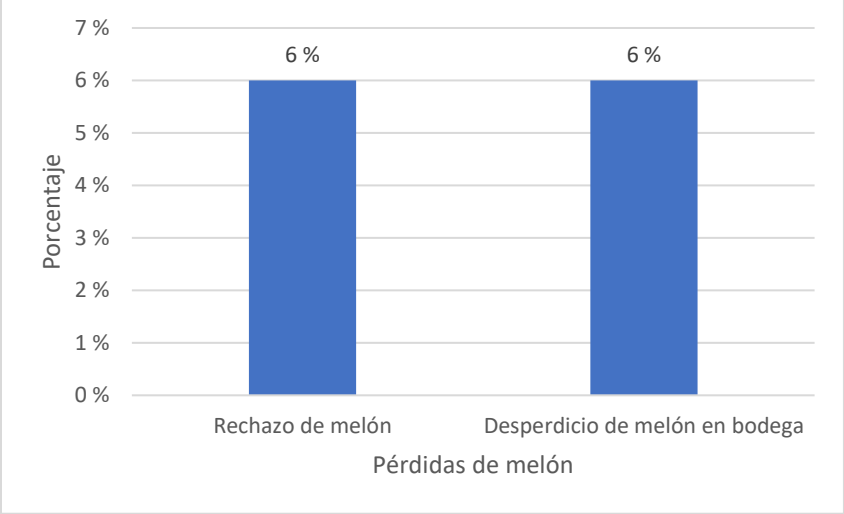


Figura 1. Promedio de desperdicios de melón en central de abastos de Torreón, Coahuila..Fuente: elaboración propia

El melón rechazado a los productores en bodega es utilizado en sus comunidades como alimento para animales domésticos, principalmente porcinos, caprinos y bovinos mientras que el melón deteriorado en bodega se usa de la siguiente manera: el 50.0 % se vende a un menor precio, el 30.0 % se dona y el 20.0 % se tira a la basura.

Cuantificación de desperdicios de melón en el eslabón de cadenas de tiendas de autoservicio, causas y usos del producto desechado

En el caso de las cadenas comerciales, las pérdidas se presentan en dos momentos, el primero cuando el melón arriba al centro de distribución (CEDIS) y el segundo en los puntos de venta al consumidor. En el CEDIS el promedio de rechazo es del 9.0 % mientras que en la tienda el desperdicio es de solamente del 4.0 % (Figura 2). De esta manera la pérdida de melón en este eslabón de la cadena es del 13.0 %. La mitad de estas pérdidas se podrían evitar con las medidas de mitigación adecuadas (Beretta *et al*., 2013). El bajo porcentaje de melón desechado en las tiendas se debe a que cuando ya no es adquirido en fresco por los clientes se utiliza, en gran parte, para la elaboración de productos como jugos, aguas frescas y cocteles de frutas los cuales son ofertados en las propias tiendas.

Las principales causas de rechazo del producto en CEDIS son: baja calidad del fruto con 28.0 % y la inadecuada temperatura que presenta el camión *thermoking* al llegar al CEDIS con 22.0 %. Kitinoja (2013) afirma que una manera de reducir las pérdidas y desperdicios es usar la cadena de frío. Afirma que en países desarrollados el uso de la cadena de frío para reducir las pérdidas en productos perecederos es algo común, no así en países en desarrollo. En tienda la principal causa de desperdicio es el exceso de maduración y daños físicos al fruto ocasionados por los mismos clientes al palpar el producto. De acuerdo con Ramírez *et al.,* (2020) la principal causa de los desperdicios de frutos en las tiendas de autoservicio es la falta de capacitación de los empleados quienes reciben menor entrenamiento en comparación con supermercados internacionales.

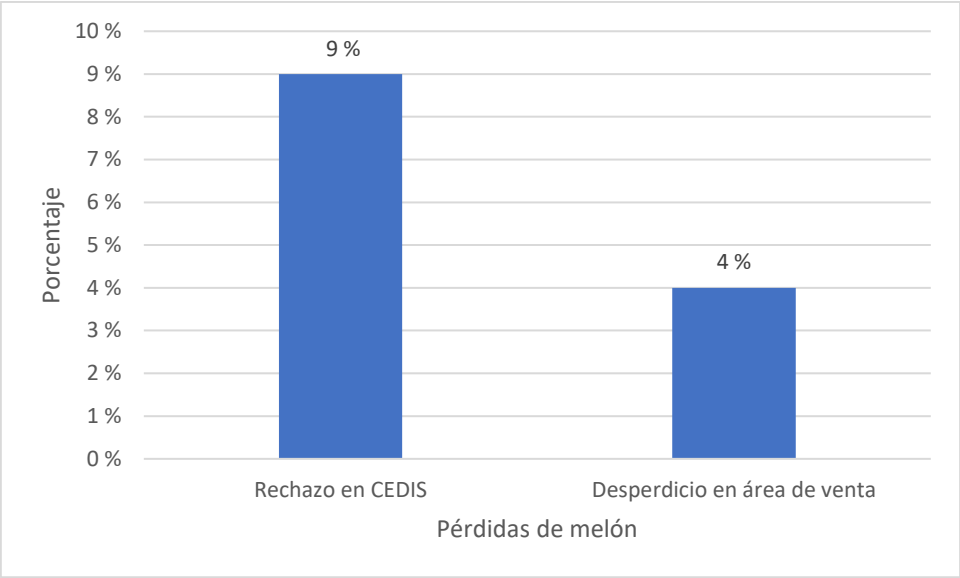


Figura 2. Promedio de desperdicios de melón en tiendas de autoservicio, en Torreón, Coahuila. Fuente: elaboración propia

El melón rechazado en el CEDIS al productor es destinado al consumo de animales domésticos, así como a causas sociales mientras que el que se desperdicia en tienda, como ya se dijo, se usa para la elaboración de subproductos como los jugos y cocteles y solamente una pequeña proporción (17.0 %) se dona.

CONCLUSIONES

Se hizo una cuantificación de desperdicios de melón cantaloupe, sus causas y usos en los eslabones de distribución al mayoreo y menudeo en la Comarca Lagunera.

Los desperdicios al mayoreo en bodega fueron de 12% de los cuales el 6% fueron por rechazo al recibir el melón en bodega a los productores y 6% fueron mermas en la propia bodega. Las principales causas de rechazo fueron rajaduras, fruto deforme y tamaño inadecuado.

Los desperdicios al menudeo fueron de 13% de los cuales 9% fue por rechazo en el Centro de Distribución (CEDIS) y 4% en tienda. El bajo porcentaje de desperdicio en tienda se debe a que los frutos que ya no tienen aceptación comercial se usan para elaborar jugos y cocteles de frutas por lo que el desperdicio se reduce significativamente. En tienda la

principal causa de desperdicio es el exceso de maduración y daños físicos al fruto ocasionados por los mismos clientes al palpar el producto.

REFERENCIAS

Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U., & Hellweg, S. (2013). Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. Waste Management, 33(3), 764–773. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.007

Fabela, H. A. 2021. Modelo para mejorar la gestión de la cadena de valor de melón y reducir sus pérdidas en la Comarca Lagunera de Coahuila. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Autónoma de Coahuila.

Fabi, C., & English, A. 2018. SDG 12.3.1: Global Food Loss Index. November, 54. http://www.fao.org/3/CA2640EN/ca2640en.pdf

FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. In Roma. https://doi.org/10.3738/1982.2278.562

FAO. 2020. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020. Rome. https://doi.org/10.4060/cb1329en.

Figueroa, V. U., Núñez, G., Sánchez, J.I., y López, H.E. 2015. Regional nitrogen balance in the milk-forage production system in the Comarca Lagunera, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 6(4), 377–392. https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i4.4099.

García-Pérez, E., Aguilar-Gutiérrez, G., Arvizu-Barrón, E., & Ramírez-Martínez, A. (2020). Waste of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs in the wholesale market of Xalapa, Veracruz, Mexico. Agro Productividad, 13(11), 69–74. https://doi.org/10.32854/agrop.v13i11.1816

Hanson, C., Lipinski, B., Robertson, K., Dias, D., Gavilan, I., Gréverath, P., Ritter, S., Fonseca, J., van Otterdijk, R., Dawe, A., Berger, V., Reddy, M., Tran, B., & Leach, B. 2016. Guidance on FLW quantification methods: FLW Protocol. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 86.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI. 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria. ENA 2017. [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf.

Kitinoja, L. (2013). Use of cold chains for reducing food losses in developing countries. PEF White Paper, 6(13). Recuperado de: http://postharvest.org/Use%20of%20cold%20chains%20PEF%20white%20paper%2013-03%20final.pdf

Orona Castillo, I., Espinoza Arellano, J., González Cervantes, G., Murillo Amador, B., García Hernández, J., & Santamaría César, J. 2006. Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (Carya illinoensis Koch.) en la Comarca Lagunera, México. Agricultura Técnica En México, 32(3), 295–301.

Ramírez-Gil, J. G., López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. Agronomy, 10(1). https://doi.org/10.3390/agronomy10010008

Ramírez, J. A., Castañón-rodríguez, J. F., & Uresti-marín, R. M. (2020). An exploratory study of possible food waste risks in supermarket fruit and vegetable sections. Food Science and Technology, 2061, 1–7. DOI: https://doi.org/10.1590/fst.27320

ESTIMACIÓN DE NITRÓGENO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) USANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes[1]*, Ramón Trucíos-Caciano[1], Nuria Aide López-Hernández[1], Enrique Miguel-Valle[1], Yenifer Moreno Sepúlveda[1]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-RASPA, Gómez Palacio 35150, México. im_aldo09@hotmail.com

RESUMEN

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes para el desarrollo foliar y la actividad fotosintética, ya que influye directamente en la calidad y el rendimiento del maíz. La combinación de algoritmos de aprendizaje automático con índices espectrales de vegetación es una nueva práctica que permite estimar parámetros de importancia agrícola como el nitrógeno. El objetivo del presente estudio fue estimar nitrógeno total en maíz con el algoritmo de redes neuronales artificiales con índices espectrales. Se obtuvieron cinco índices espectrales de drone y se analizaron por media, máximo y mínimo de cada parcela de muestreo para obtener finalmente 15 índices y se estimó el nitrógeno total a partir de los puntos georreferenciados. Los índices más importantes fueron NDREmax y TCARI-max. Se estimó con el 79% el nitrógeno total con redes neuronales artificiales.

Drone, indices espectrales, Machine learning.

ABSTRACT

Nitrogen is one of the main nutrients for leaf development and photosynthetic activity, as it directly influences the quality and yield of corn. The combination of machine learning algorithms with vegetation spectral indices is a new practice that allows estimating agriculturally important parameters such as nitrogen. The objective of the present study was to estimate total nitrogen in maize with the artificial neural network algorithm with spectral indices. Five drone spectral indices were obtained and analyzed by mean, maximum and minimum from each sampling plot to finally obtain 15 indices and total nitrogen was estimated from the georeferenced points. The most important indices were NDREmax and TCARI-max. Total nitrogen was estimated with 79% with artificial neural networks.

Drone, spectral indices, Machine learning.

INTRODUCCION

La teledetección en la agricultura se ha convertido en una herramienta importante para ayudar a las actividades agronómicas a bajo coste mediante pruebas no destructivas. El uso de la teledetección permite obtener datos sobre los cultivos con mayor rapidez y frecuencia que con los métodos tradicionales. En nutrición de cultivos, se han utilizado y evaluado diversas técnicas de teledetección. Sin embargo, se ha descubierto que el análisis espectral de los cultivos es una alternativa viable para estimar las condiciones de salud de las plantas. Un factor importante en la gestión de los cultivos agrícolas es el contenido de nitrógeno (N) en las plantas. Éste es uno de los principales nutrientes para el desarrollo de las hojas y la actividad fotosintética, e influye directamente en la calidad y la producción (Song y Wang, 2016). La falta de N en las plantas provoca un proceso ineficiente de fotosíntesis, ya que es el elemento fundamental que constituye la molécula de clorofila. Los sensores ópticos transportados por vehículos aéreos tripulados y no tripulados se diseñaron para captar una amplia gama de alta resolución para la recopilación de datos sobre la naturaleza dinámica de los cultivos. En este sentido, las imágenes satelitales son una excelente opción para monitorear el estado del N en grandes áreas de cobertura vegetal (Li et al., 2014). Algoritmos como las redes neuronales artificiales (RNA), las máquinas de vectores de apoyo (SVM), los árboles de decisión (DT) y los bosques aleatorios (RF) son herramientas potentes para ayudar en los análisis con imágenes de aeronaves pilotadas de forma remota (Pham et al., 2019). La combinación de algoritmos de aprendizaje automático con índices espectrales de vegetación es una práctica relativamente nueva, ya que estos algoritmos garantizan un buen rendimiento del modelo incluso con diversas variables como componentes de entrada.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en una propiedad privada en el municipio de Franciso I. Madero en el estado de Coahuila, México. El área cultivable de estudio comprende 26,14 ha. El clima predominante es semicálido seco (BWH), con una temperatura y precipitaciones medias anuales de 20,9 °C y 260,7 mm, respectivamente. El estudio se realizó en el ciclo agrícola de verano de 2020. La textura del suelo es franco arcilloso. Se utilizó el híbrido de maíz syngenta n8305. La densidad de siembra fue de 93,100 plantas por ha. Las prácticas de manejo agrícola fueron rastra, subsolado, doble rastra, siembra y rotocultivo. La dosis de fertilización química fue de 200 kg ha-1 de fosfato monoamónico y 100 kg ha^{-1} de Solub 45.

El programa de riego consistió en un primer riego de saturación y tres riegos adicionales a lo largo del ciclo del cultivo. Las muestras de plantas se obtuvieron a partir del estado fenológico V6 del maíz; para cada muestra se georreferenció el lugar con un GPS. Para cada punto de muestreo se hizo una parcela de 1 m^2 y se seleccionó una planta representativa. Antes de la floración se tomaron muestras de una planta (tallo y hojas) de la misma parcela, y después de la floración se tomaron muestras de la hoja opuesta a la mazorca de maíz. Se realizaron 32 puntos de muestreo. La estimación del nitrógeno total se llevó a cabo en el Laboratorio de Aguas y Suelos del CENID-RASPA INIFAP. Para obtener el porcentaje de nitrógeno, las muestras de plantas se analizaron por conductividad térmica mediante el método Dumas. Las misiones de vuelo con drone se realizaron cuando las plantas de maíz tenían cuatro hojas completamente expandidas. Se realizaron diecisiete vuelos según el programa de muestreo posterior a la plantación con un dron de ala fija ebee plus equipado con el sensor multiespectral Parrot sequoia. Se obtuvieron los índices NDVI, CCCI, CIGreen, NDRE y TCARI en sus variaciones de valor mínimo, medio y máximo. Se utilizó el algoritmo de Redes Neuronales Artificiales para estimar el nitrógeno total. Una red neuronal artificial no es más que un conjunto de neuronas artificiales conectadas y organizadas en capas. Una capa está formada por neuronas interconectadas que contienen una función de activación. Una red neuronal consta de una capa de entrada, una capa de salida y una o varias capas ocultas. La capa de entrada toma las entradas del mundo exterior y las transmite con una conexión ponderada a las capas ocultas (Park, 2018). El análisis se desarrolló con el software R versión 4.2.1. Para evaluar el desempeño del modelo se calculó el coeficiente de determinación R^2, el error de la raíz cuadrada media y el error cuadrático medio.

RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación del modelo de bosque aleatorio con todas las variables muestra una varianza explicada del 79.35%, un MSE de 0.20 y un RMSE de 0.44, y las variables NDREmedio y NDREmaximo fueron las más importantes en el modelo (Figura 1).

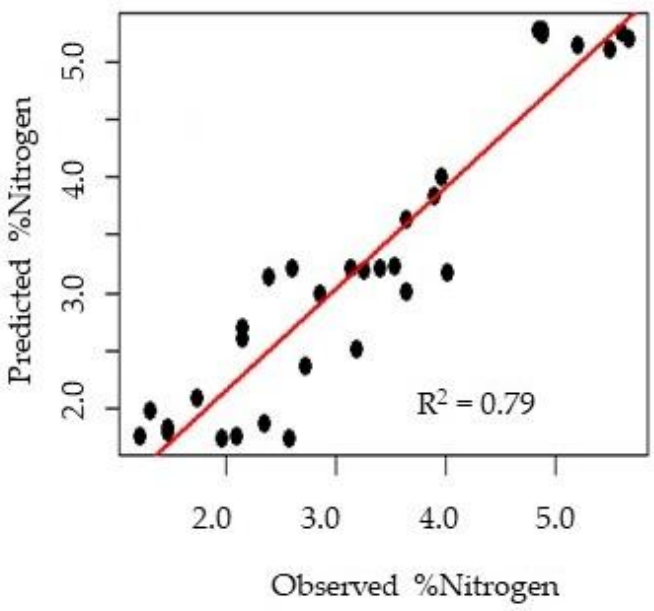


Figura 1. Dispersograma entre el nitrógeno analizado y estimado por redes neuronales artificiales.

La conceptualización del modelo por redes neuronales artificiales es la siguiente (Figura 2).

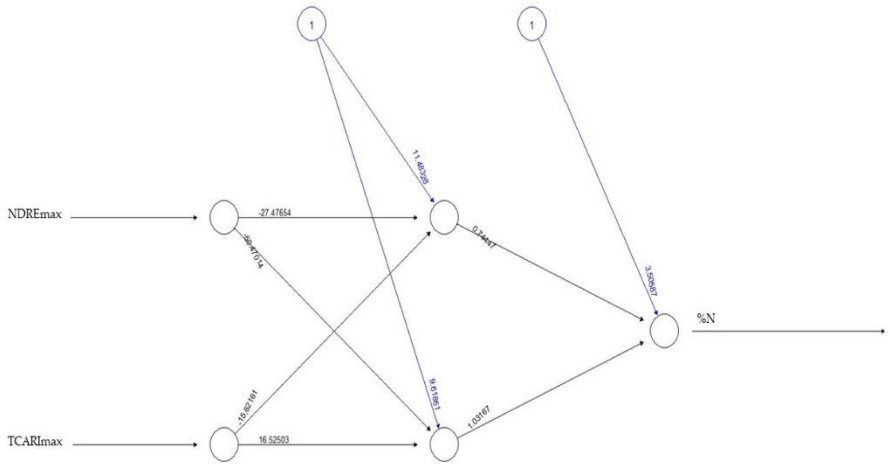


Figura 2. Conceptualización del modelo por redes neuronales artificiales.

Para estimar el nitrógeno en planta, las tecnologías geoespaciales se han vuelto más robustas y precisas (Frels *et al.,* 2018). La precisión en la estimación del nitrógeno implica una combinación de métodos y procesos, así como el análisis de una gran cantidad de datos. En este sentido, la combinación de tecnologías geoespaciales y algoritmos de inteligencia artificial han permitido revolucionar el sector agrícola mejorando la toma de decisiones en horas o días, frente a semanas o meses de análisis, reduciendo costes y aumentando rendimientos.

Lo anterior es factible, ya que las bandas de borde rojo basadas en la diferencia normalizada de borde rojo (NDRE) son capaces de identificar eficazmente características de los cultivos, con una mayor correlación con indicadores como la acumulación de nitrógeno en las plantas, ayudando a resolver el problema de la saturación. También se ha utilizado para estimar rasgos, como la cubierta de copas, el índice de área foliar y el contenido de clorofila de las hojas (Potgiester *et al.,* 2017).

CONCLUSIONES

Los algoritmos de inteligencia artificial se han convertido en importantes herramientas para la toma de decisiones agronómicas. En el presente estudio, se encontraron relaciones significativas para estimar el nitrógeno en el maíz el algoritmo de Redes Neuronales Artificiales.

REFERENCIAS

Frels, K.; Guttieri, M.; Joyce, B.; Leavitt, B.; Baenziger, P.S. Evaluating canopy spectral reflectance vegetation indices to es-timate nitrogen use traits in hard winter wheat. Field Crop. Res. 2018, 217, 82–92. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.004

Li, F.; Miao, Y.; Feng, G.; Yuan, F.; Yue, S.; Gao, X.; Liu, Y.; Liu, B.; Ustin, S.L.; Chen, X. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. Field Crop. Res. 2014, 157, 111–123. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.018

Park, S.H. Artificial Intelligence in Medicine: Beginner's Guide. J. Korena Soc Radiol. 2018, 78, 301–308.

Pham, T.D.; Yokoya, N.; Bui, D.T.; Yoshino, K.; Friess, D.A. Remote sensing approaches for monitoring mangrove species, structure, and biomass: Opportunities and challenges. Remote Sens. 2019, 11, 230. https://doi.org/10.3390/rs11030230

Potgiester, A.; George-Jaggli, B.; Chapman, S.; Laws, K.; Suárez, L.; Wixted, J.; Watson, J.; Eldridge, M.; Jordan, D.; Ham-mer, G. Multi-Spectral Imaging from an Unmanned Aerial Vehicle Enables the Assessment of Seasonal Leaf Area Dynam-ics of Sorghum Breeding Lines. Font. Plant. Sci. 2017, 8. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01532

Song, Y.;Wang, J. Soybean canopy nitrogen monitoring and prediction using ground based multispectral remote sensors. In Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, China, 2016; pp. 6389–6392

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE TRIGO MEDIANTE EL USO DE SENSORES REMOTOS EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez[1], Alma Angélica Ortiz Avalos[1], Ivón Alejandra Rosas Jauregui[1], José Luis Félix Fuentes[1],

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000,
Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.
Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

La estimación del rendimiento de trigo mediante sensores remotos y muestreo de campo se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno 2022-23 en un suelo arcilloso del Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. La siembra fue el 2 de diciembre de 2022, utilizando 100 kg ha^{-1} de semilla variedad Don Lupe 2020, en surcos a 80 cm de separación y 10 m de longitud con dos hileras de plantas separadas 30 cm. El rendimiento se estimó en base al NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) a los 50 días después de la siembra. La imagen satelital mostró áreas contrastantes en la biomasa de trigo. Para determinar el rendimiento de grano se cosecharon cuatro repeticiones de 4.8 m^2. Se observó relación entre los índices de biomasa obtenidos por sensores remotos y el rendimiento de trigo determinado con muestreo manual. El rendimiento de grano fue de 5.169 y 1.749 t ha^{-1} en la zona con mayor y menor índice de biomasa respectivamente. Se concluyó que la imagen satelital utilizada representa adecuadamente la variabilidad del rendimiento de trigo en este sitio específico.

Palabras clave: NDVI, índice de biomasa, índice de cosecha

ABSTRACT

The estimation of wheat yield through remote sensing and field sampling was carried out during the 2022–23 autumn–winter crop season in a clay soil at the Norman E. Borlaug Experimental Station in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Sowing was on December 2, 2022, using 100 kg ha^{-1} of seed variety Don Lupe 2020, in 10 m beds with two rows of plant 30 cm apart. To estimate wheat yield, processed images were obtained from the NDVI

(Normalized Difference Vegetation Index) at 50 days after sowing. The satellite image showed contrasting areas in the wheat biomass. To determine grain yield, four replications of 4.8 m^2 were harvested. A strong relationship was observed between biomass indices obtained by remote sensors and wheat yield obtained with manual sampling. The average grain yields were 5.169 and 1.749 t ha^{-1}, in the zone with higher and lower biomass index respectively. It was concluded, that the satellite image used, adequately represents the variability of wheat yield at this specific site.

Key words: NDVI, biomass index, harvest index

INTRODUCCION

En el año 2022 se cosecharon en México 578,828 hectáreas de trigo. 23 de 32 estados mexicanos produjeron trigo, con un rendimiento máximo de 7.09 t ha^{-1}, un mínimo de 0.4, una desviación estándar de 2.21 t ha^{-1} y un coeficiente de variación de 61.2 por ciento. En el estado de Sonora se cosecharon 284,587 hectáreas, lo que representa el 49.17 por ciento del total. Mientras que en el Valle del Yaqui el área cosechada fue de 152,409 hectáreas lo que representó el 53.5 por ciento del área cosechada en Sonora y el 26.5 por ciento del área cosechada en México. En Sonora, 17 municipios cosecharon trigo. El rendimiento máximo fue de 7.66 t ha^{-1}, mínimo de 4.5 y promedio de 7,09 t ha^{-1}. El rendimiento promedio de trigo en México fue de 6.18 t ha^{-1} (toneladas producidas/hectáreas cosechadas), mientras que en el Valle del Yaqui fue de 7.54 t ha^{-1} (SIAP, 2023). La variabilidad del rendimiento de trigo a lo largo del país se debe a la variación que existe en los suelos, clima, variedades y manejo en las zonas productoras de trigo. La variabilidad del rendimiento está asociada con la variabilidad del suelo. La variabilidad espacial del suelo puede verse alterada por las prácticas agrícolas. Comprender la estructura espacial y la variabilidad de las propiedades del suelo es vital para implementar prácticas agrícolas sostenibles, como la gestión específica del sitio de cultivo, ya que pueden ayudar a optimizar el muestreo del suelo (Ciarlo y Muschietti, 2020). La agricultura de precisión (AP) es un concepto de gestión que incluye observar, medir y responder a la variabilidad espacial y temporal dentro del campo. La tecnología se puede dividir en tecnología de imágenes satelitales, tecnología de sensores y vehículos aéreos no tripulados también conocidos como drones. Las tecnologías de agricultura de precisión permiten a los agricultores reconocer variaciones en el campo y aplicar tratamientos de tasa variable con un grado de precisión mucho más fino que nunca antes. Por lo tanto, juega un papel importante en la intensificación y en la mejora de la

eficiencia agrícola y la sostenibilidad ambiental (Nkoa y Walsh, 2017). El objetivo fue evaluar la capacidad de los sensores remotos en la estimación del rendimiento de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. México.

MATERIALES Y METODOS

La estimación del rendimiento de trigo mediante sensores remotos y muestreo de campo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2022-23 en un suelo arcilloso del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) en el Valle del Yaqui, Sonora, México (27° 22'4.9"N latitud y 109°55'36.86'W longitud, 40 msnm). Esta región presenta un clima cálido (BW(h)) y calor extremo según la clasificación de Koppen, modificada por García (1988). La fecha de siembra fue el 2 de diciembre de 2022, utilizando 100 kg ha^{-1} de semilla de la variedad Don Lupe Oro 2020 (Borbón-Gracia *et al*., 2022). No se aplicaron fertilizantes durante el ciclo de cultivo. Se empleó un riego de presiembra y tres riegos de auxilio. Para el estudio se utilizaron ocho surcos de 10 metros de longitud separados a 80 cm (64 m^2), con dos hileras de plantas separados a 30 cm. Está reportado que la biomasa del cultivo está muy relacionada con el rendimiento de grano en trigo (Cortés-Jiménez *et al*., 2021; Ortiz-Avalos *et al*., 2020; Quiñonez *et al*., 2019; Sañudo *et al*., 2019). Para estimar el rendimiento de trigo se obtuvieron imágenes procesadas del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) a los 50 días después de la siembra. Para determinar el rendimiento de grano y su variación, se cosecharon manualmente cuatro repeticiones de 4.8 m^2 (dos surcos de 3 metros de largo). En todos los casos, el peso del grano se ajustó al 12% de humedad. La determinación de la variabilidad a cosecha se realizó en Microsoft Excel 2016, se obtuvo el valor máximo y mínimo, el rango, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tanto la imagen satelital como imagen visual reportada en las fotografías, mostraron áreas contrastantes en la biomasa de trigo (Figura 1). La estadística descriptiva se reporta en el Cuadro 1. Se observó una fuerte relación entre los índices de biomasa obtenidos por sensores remotos y el rendimiento de trigo obtenido con muestreo manual. Esto indica que la teledetección ayuda a determinar el rendimiento del trigo y la variabilidad del suelo, tal como lo reportan informes anteriores (Cortés *et al*., 2022; Cortes y Ortiz, 2021). Cabe señalar que la zona aparentemente más homogénea de la imagen de satélite tiene un coeficiente de variación menor que la zona más heterogénea, 8,46 y 14,57 por ciento

respectivamente. Sin embargo, en el área con mayor biomasa, el rango de rendimiento de grano observado de 1.02 t ha^{-1} se considera alto para un área con un índice de biomasa aparentemente homogéneo. Los resultados obtenidos permiten determinar que las áreas estudiadas tienen diferente potencial de rendimiento de trigo y por lo tanto se esperaría una respuesta diferente a la aplicación de fertilizantes. En este sentido, las imágenes satelitales utilizadas son y serán una valiosa herramienta para determinar el potencial de rendimiento y los requerimientos de fertilización del trigo.

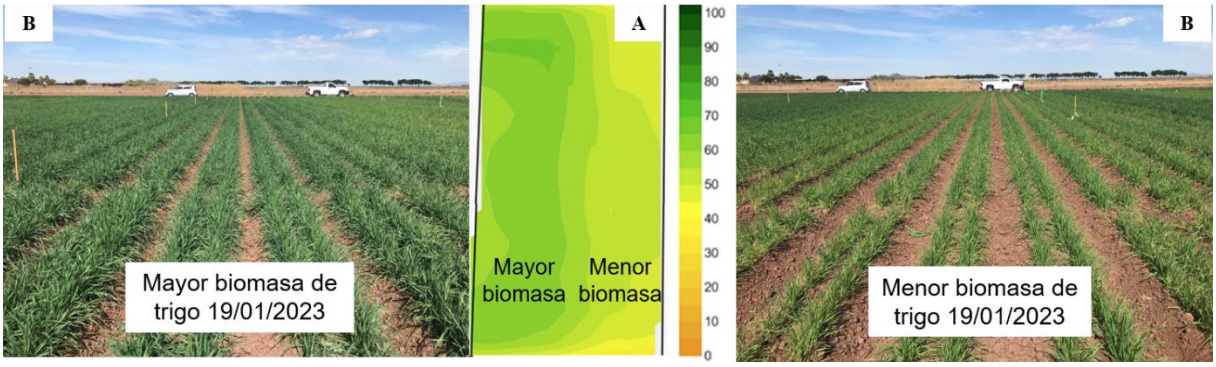


Figura 1. Índice de biomasa de trigo. A. sensor remoto. B. Aspecto visual del trigo

Cuadro 1. Estadística descriptiva del rendimiento de trigo en dos zonas de biomasa contrastante. Variedad Don Lupe Oro 2020. Ciclo 2022-2023. CENEB-INIFAP.

Variable	Mayor biomasa	Menor biomasa
Media	5.169	1.749
Máximo	5.649	2.049
Mínimo	4.629	1.522
Rango	1.020	0.527
Desviación std	0.437	0.255
C.V. %	8.46	14.57

CONCLUSIONES

Para los fines de esta investigación, la imagen satelital utilizada representó adecuadamente la variabilidad del rendimiento de trigo en este sitio específico.

REFERENCIAS

Borbón-Gracia A, Díaz-Ceniceros HL, Chávez-Villalba G, Ammar K, Fuentes-Dávila G, Alvarado-Padilla JI and Huerta-Espino J. 2022. Don Lupe ORO C2020: Nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 45 (3):413-416.

Ciarlo EA, Muschietti MP. 2020. Variabilidad espacial de propiedades del suelo. Efecto del uso y tipo. Ciencia del suelo, 38 (2), 262-273. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7767465

Cortés JJM, Ortiz AAA, Félix FJL and Rosas JIA. 2022. Variabilidad del rendimiento de trigo orgánico sin fertilización. Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXXIV Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 107-111

Cortés-Jiménez JM, Ortiz-Avalos AA, Fuentes-Dávila G, Rosas-Jáuregui IA, and Félix-Fuentes JL. 2021. Effect of *Convolvulus arvensis* on yield components of durum wheat in an organic production system in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Ann Wheat Newslet 67:47-51.

Cortés JJM y Ortiz AAA. 2021. Estimación de la variabilidad en el rendimiento de trigo, mediante un índice de biomasa y muestreo de campo. Memoria del XXIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. pp. 333-340

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 pp. (In Spanish).

Nkoa OR and Walsh O. 2017. Precision agriculture advances and limitations: Lessons to the stakeholders. Crops & Soils magazine. 3 p. doi:10.2134/cs2017.50.0408

Ortiz-Avalos AA, Cortés-Jiménez JM, Fuentes-Dávila G, Félix-Fuentes JL, and Rosas-Jáuregui IA. 2020. Durum wheat grain yield components under organic production in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Ann Wheat Newslet 66:54-57.

Quiñones RCA, Sañudo LPA, Cortés JJM, and Ortiz AAA. 2019. Componentes de rendimiento de trigo de la variedad CENEB ORO 2017, con manejo orgánico en el Valle del Yaqui. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 965-969 (In Spanish).

Sañudo LPA, Quiñones RCA, Ortiz AAA, and Cortés, J.J.M. 2019. Componentes de rendimiento en la variedad de trigo (*Triticum durum* L.) CIRNO C2008, con manejo orgánico en el Valle del Yaqui. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 506-510 (In Spanish).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ Consultado mayo 26, 2023.

ESTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL, EN GENOTIPOS DE SORGO DULCE PARA EL NORESTE DE MÉXICO

Héctor Williams-Alanís[2], Ulises Aranda-Lara[1*] Jorge Elizondo-Barrón[1] Gerardo Árcos Cavazos[2] Leonardo García Lara [3]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. [2]Ex INIFAP, Campo Experimental Río Bravo.[3]Instituto Tecnológico de Roque ubicado en carretera Celaya - Juventino Rosas. *aranda.ulises@inifap.gob.mx

RESUMEN

El sorgo dulce es un cultivo que presenta gran potencial para la producción de bioetanol. El objetivo del estudio fue estimar la estabilidad en la producción de bioetanol, de un grupo de genotipos comerciales y experimentales de sorgos dulces en nueve ambientes del noreste de México. Fueron siete genotipos: cuatro variedades comerciales; Dulcina, Keller, Urja y RB-Cañero; dos experimentales, (SBB-25 x Keller) 17-1-2-1 y (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2 y un híbrido comercial, Potrillo. Se evaluaron durante los años 2013 a 2017; en cinco ambientes en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, Campo Experimental Las Huastecas, (INIFAP) y cuatro ambientes en el Campus Marín (FAUANL), en Marín, N.L. Se utilizaron diseños experimentales de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se concluye que el genotipo más estable y con mayor rendimiento medio para producción de bioetanol; fue la variedad experimental (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2, seguida por las variedades comerciales Urja y Keller. RB-Cañero fue inestable y presento la menor producción de bioetanol.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, biocombustibles, variedades, híbridos,

ABSTRACT

Sweet sorghum is a crop that has great potential for bioethanol production. The objective of the study was to estimate the stability in bioethanol production of a group of commercial and experimental genotypes of sweet sorghums in nine environments in northeastern Mexico. Were seven genotypes: four commercial varieties; Dulcina, Keller, Urja and RB-Cañero; two experimental, (SBB-25 x Keller) 17-1-2-1 and (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2 and a commercial hybrid, Potrillo. Were evaluated during 2013 to 2017 years in five environments; at

Cuauhtémoc Station, Tamaulipas, Las Huastecas Experimental Station, (INIFAP) and four environments at Marín Campus (FAUANL), Marín, N.L. Complete randomized block experimental designs with three replications were used. Concluded that the most stable genotype and with the highest average yield for bioethanol production; was (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2 experimental variety, followed by Urja and Keller commercial varieties. RB-Cañero was unstable and presented the lowest bioethanol production.

Keywords: *Sorghum bicolor*, bioeful, varietys, hybrids

INTRODUCCIÓN

El cultivo de sorgo en México es muy importante tanto por volumen de producción (6,5millones de toneladas), como por superficie sembrada (2 millones de hectáreas) [SIAP, 2023). El estado de Tamaulipas ubicado en el noreste de México es el principal productor de grano, y se obtiene el 45 % del total nacional (Alejandro *et al*., 2020). Actualmente el cambio climático obliga a los mejoradores de plantas a desarrollar materiales adaptados a mega-ambientes, lo que garantiza la mejor producción del cultivo (Maldonado-Moreno, *et al*., 2021).

México es un país prometedor en el desarrollo de energías renovables debido a su clima cálido y soleado, que promueve la generación de energía solar y la producción de cultivos durante todo el año (Ruiz *et al*., 2016). El mejoramiento genético de sorgo es un proceso continuo para la formación de híbridos y variedades. Al mejorar un cultivo, es importante conocer el componente genético de los materiales usados como progenitores, de tal forma la selección de las líneas parentales es una de las decisiones más importantes que se deben tomar en cuenta (De la Cruz *et al*., 2010). Ali, *et al*., 2008, indica que se requiere producir nuevos cultivares de sorgo dulce con alto contenido de azúcar en combinación con otras características agronómicas deseables. El objetivo del presente estudio fue estimar la estabilidad en la producción de bioetanol, de un grupo de genotipos comerciales y experimentales de sorgos dulces, sembrados en nueve ambientes del noreste de México.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó durante los años 2013 a 2017 en nueve ambientes (loc) del noreste de México: cinco en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP; ECV-2013 (loc3), ECO-I-2014 (loc4), ECV-2014 (loc5), ECV-2016 (loc8) y EC-O-I 2017 (loc9) y cuatro en Marín, N. L., Campus Marín, FAUANL; MP-2014

(loc1), MV-2014 (loc2), MV-2015 (loc6) y MV-2017 (loc7). La evaluación consistió en siete genotipos de sorgos dulces. Estos fueron: Keller y Urja variedades comerciales que fueron introducidas respectivamente de Estados Unidos y la India. Dos variedades experimentales y una variedad comercial, originadas del programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental de Río Bravo, INIFAP; y una variedad y un hibrido comercial originados en la Universidad Autónoma de Nuevo León; (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Genotipos utilizados en el estudio de parámetros de estabilidad.

N	Genealogía	GN	Origen
1	Dulcina	VC	Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL)
2	(SBB-25 x Keller) 17-1-2-1	VE	Campo Experimental Rio Bravo (INIFAP)
3	(SBB-25 x Keller) 31-2-1-2	VE	Campo Experimental Rio Bravo (INIFAP)
4	Keller	VC	Estados Unidos
5	Urja	VC	India
6	RB-Cañero (T)	VC	Campo Experimental Rio Bravo (INIFAP)
7	Potrillo	HC	Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL)

N = Número de variedad; GN = Genotipo; VC = Variedad comercial; VE = Variedad experimental; HC= Híbrido comercial; SBB-25 = Línea mantenedora de la fertilidad progenitora del híbrido de sorgo para grano RB-4000 del INIFAP.

En Estación Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas, Campo Experimental las Huastecas (INIFAP). Coordenadas 22˚ 34’ 06´ LN/ 98˚ 10’ 05´ LO, con una altura de 20 msnm. Presenta un clima (Aw0) cálido subhúmedo con lluvias en verano y lluvia invernal de 5-10%; con temperatura promedio anual de 24,5 °C y de 842 mm de precipitación. El tipo de suelo es vertisol pélico arcillosos y profundo, con un pH de 7,5 a 7,8. El Campus Marín, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL); municipio de Marín, Nuevo León. Se encuentra localizado en las coordenadas 25° 53' de latitud norte y 100° 02' de longitud oeste, a una altura de 355 msnm. El clima corresponde a un BS1 (h)w(e), descrito como clima seco estepario cálido con lluvias en verano, con una precipitación promedio anual de 595 mm y temperatura media anual de 22 º C. El tipo de suelo es y vertisoles, delgados, con alto contenido de arcilla y carbonato de calcio, con bajos contenidos de materia orgánica y pH entre 7,5 a 8,5

En Marín los experimentos se condujeron en condiciones de riego, mientras que en Estación Cuauhtémoc fueron sembrados en temporal. Los experimentos se manejaron de acuerdo a las recomendaciones regionales del INIFAP para el cultivo de sorgo en estas regiones. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales consistieron en 2 surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de separación. Las variables estimadas fueron; PBIO = Producción de bioetanol l/ha; DF = Días a floración; AP = Altura de planta; °Brix = Contenido de azúcar. En cada repetición se seleccionaron dos surcos centrales y se cosecho la biomasa en 1 m lineal, evitando el efecto de la orilla. La interpretación de la interacción (IGA), para producción de bioetanol se realizó mediante el análisis de dispersión gráfica basado en el análisis de componentes principales (CP) con el modelo GGEbiplot (Yan et al., 2000). El análisis de varianza se realizó con el sistema SAS (SAS, 2016) mientras que para el modelo GGEbiplot se utilizó el programa GEA-R (Pacheco et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en el cuadro 2, donde para la variable producción de bioetanol; se observan valores de 3214 l/ha en la variedad Urja, por otro lado, RB-Cañero obtuvo 1237 l /ha. La media de producción de bioetanol fue de 2669 l /ha. De acuerdo con los datos obtenidos en la presente investigación, se encontraron diferencias estadísticas entre los genotipos. Para las variables: producción de bioetanol (PBIO), y °Brix, el testigo RB-Cañero se mantuvo con valores significativamente inferiores al resto de los genotipos.

Cuadro 2. Medias de características agronómicas y pruebas de significancia de sorgos dulces sembrados en nueve ambientes del noreste de México.

NV	GENEALOGÍA	PBIO	DF	AP	°Brix
5	Urja	3214 a	86 a	2.51 a	17.25 a
2	(SBB-25 x Keller) 17-1-2-1	3139 ab	80 bc	2.43 ab	16.53 a
4	Keller	2935 ab	77 c	2.35 bc	16.97 a
1	Dulcina	2842 ab	80 b	2.31 c	16.26 a
7	Potrillo	2725 ab	74 c	2.29 c	14.66 b
3	(SBB-25 x Keller) 31-2-1-2	2521 ab	86 a	2.35 bc	16.50 a
6	RB-Cañero (T)	1237 c	79 bc	2.17 c	9.81 c
	Md	2669	80.26	2.35	15.43
	CV	28.11	4.56	5.66	11.93

NV = Numero de variedad; PBIO = Producción de bioetanol l/ha; DF = Días a floración; AP = Altura de planta; °Brix = Contenido de azúcar; Md = Media; CV = Coeficiente de variación.

La Figura 1 permite conocer el rendimiento medio de bioetanol y la estabilidad de las variedades. Las variedades (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2 (3), Urja (5) y Keller (4) tuvieron el mejor rendimiento medio. La estabilidad de los genotipos se representa de forma perpendicular (eje de las ordenadas) y los vectores de mayor longitud indican mayor interacción. La variedad (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2 tuvo un mayor rendimiento medio y estabilidad en los ambientes evaluados, seguido de Urja y Keller, según el modelo GGE biplot (Frutos *et a*l., 2014). La variedad con menor rendimiento medio fue RB-Cañero (6) ya que se ubica al extremo final del origen. Para evaluar la estabilidad versus el rendimiento promedio, la recta representada con una flecha que pasa por el origen del biplot (eje de las abcisas) indica el rendimiento promedio de los genotipos a través de ambientes (Frutos *et al*., 2014, Tirado-Soto *et a*l., 2019, Williams *et al*., 2021).

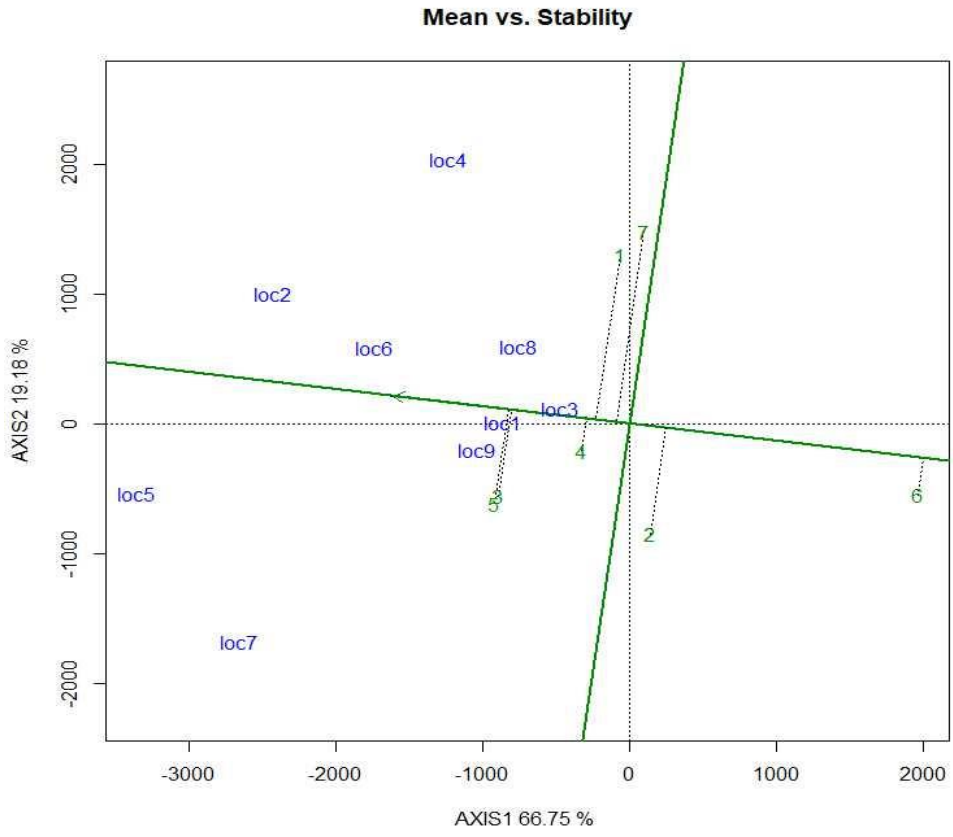


Figura 1. Estabilidad de siete variedades de sorgo dulce en nueve ambientes. Representados en el Plano de Genotipo y Genotipo x Ambiente (GGE biplot), indicando el ordenamiento de variedades basados en el rendimiento medio y estabilidad obtenido para cada ambiente.

CONCLUSIONES

En los ambientes evaluados el genotipo más estable y con mayor rendimiento medio para producción de bioetanol, fue la variedad experimental (SBB-25 x Keller) 31-2-1-2, seguida por las variedades comerciales Urja y Keller. La variedad RB-Cañero fue inestable y presento la menor producción de bioetanol.

REFERENCIAS

Alejandro, A. F. García, M. R. García, S. R. C. Mora, F. J. S. and Sangerman-Jarquín D. M. (2020) Competitividad de la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11(1):139-150.

Ali ML, Rajewski, J. F. Baenziger, P. S. Gill, K. S. Eskridge, K. M. and Dweikat, I. (2008) Assessment of genetic diversity and relationship among a collection of US sweet sorghum germplasm by SSR markers. Molecular Breeding 21:497-509.

De la Cruz, L. E. Castañón, N. G. Brito, M. N. P. Gómez, V. A. Robledo, T. V. y Lozano del Río, A. J. (2010) Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. Phyton 79:11-17.

Frutos, E. Galindo, M. P. and Leyva, V. (2014). An interactive biplot implementation in R formodeling genotype-by-environment interaction. Stochastic Environment Research and Risk Assesment, *28*(7):1629-1641.

Maldonado-Moreno, N. Alcalá-Rico, J. S. J. G. Ascencio-Luciano, G. y García-Rodríguez, J. C. 2021. Rendimiento y estabilidad de genotipos de soya para el trópico de México». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 12(8):1351-1362.

Pacheco, A. Vargas, M. Alvarado, G. Rodríguez, F. Crossa J. and Burgueño, J. (2015). "GEA-R(Genotype x Environment Analysis with R for Windows) versión 2.0",http://hdl.handle.net/11529/10203 International Maize Wheat Improvement Center.

Ruiz, H. A., Martínez, A. and Vermerris, W. (2016) Bioenergy Potential, Energy Crops, and Biofuel Production in Mexico. Bioenergy. Research **9**:981-984.

SAS Institute. (2016). SAS/STAT® 9.1 User'S Guide. Cary, NC: SAS lnstitute lnc. USA. 5121 p.

SIAP, 2023. Servicio de información agropecuaria y pesquera. Disponible en http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php.

Tirado-Soto, C. S. Vásquez-Arce, V. y Narro-León, L. A. (2019). Estabilidad de rendimiento y adaptabilidad de híbridos de maíz tolerantes a suelos ácidos en base a las características del análisis GGE biplot. XXII Reunión Latinoamericana del MAIZ, 11(17):50-63.

Williams, A. H. Aranda, L. U. Arcos, C. G. Zavala, G. F. Rodríguez, V. M. del C. y Olivares, S. E. (2021). Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. Nova Scientia. 13(26):1-19.

Yan, W. Hunt, L. A. Sheng, Q. and Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment Investigation based on the GGE biplot. Crop Science. 40(3):597-605.

ESTRÉS HÍDRICO EN MAÍZ BASADO EN ETAPAS FENOLÓGICAS EN EL SUR DE SONORA

Marroquín-Morales José Á.[1], García-Bolívar Elco H.[1], Gayosso-Barragán Odilón[2], Ochoa-Espinoza Xochilt M.[1], Montoya-Coronado Lope[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

[2]CENID-AF-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.

marroquin.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años la superficie de maíz se ha incrementado significativamente en forma lineal esto se debe a los incrementos en rendimiento que se han obtenido en los últimos ciclos agrícolas en el Sur de Sonora. Una de las principales limitante es la cantidad de agua que requiere este cultivo con hasta 6 riegos de auxilio que hacen un total de 100 cm de lámina (10 millares de m^3 ha^{-1}). En el ciclo otoño-invierno 2021-22 en el Valle del Yaqui se evaluaron tres regímenes de riego (3, 4 y 5 riegos de auxilio), se evaluaron los híbridos Dk-4050 de Dekalb e Hipopótamo de Asgrow. Se utilizó el diseño de parcelas divididas donde las parcelas grandes fueron los regímenes de riego y las parcelas chicas los híbridos. El objetivo de este estudio es reducir la máxima cantidad de agua aplicado al cultivo de maíz basado en etapas fenológicas y así obtener rendimientos óptimos para incrementar el área de siembre sin tener un mayor consumo de agua. El análisis de varianza detecto diferencias altamente significativas para rendimiento entre los diferentes regímenes de riego. Los resultados del estudio mostraron que el tratamiento donde se obtuvo el mayor rendimiento fue con el híbrido comercial DK-4050 con un rendimiento total de 14,336 kg ha^{-1} y una lámina de riego total de 86.4 cm (8.64 millares de m^3 ha^{-1}).

Palabras clave: *Riego por gravedad, maíz y rendimiento.*

ABSTRACT

In recent years, the area of corn has increased significantly in a linear fashion, this is due to the increases in yield that have been obtained in the last agricultural cycles in southern Sonora. One of the main limitations is the amount of water that this crop requires with up to 6 auxiliary irrigations that make a total of 100 cm of sheet (10 thousand m^3 ha^{-1}). In the autumn-winter 2021-22 cycle in the Yaqui Valley, three irrigation regimes were

evaluated (3, 4 and 5 auxiliary irrigations), the hybrids Dk-4050 from Dekalb and Hipopótamo from Asgrow were evaluated. The split plot design was used where the large plots were the irrigation regimes and the small plots were the hybrids. The objective of this study is to reduce the maximum amount of water applied to the corn crop based on phenological stages and thus obtain optimal yields to increase the planting area without having a greater water consumption. The analysis of variance detected highly significant differences for yield between the different irrigation regimes. The results of the study showed that the treatment where the highest yield was obtained was with the commercial hybrid DK-4050 with a total yield of 14,336 kg ha^{-1} and a total irrigation sheet of 86.4 cm (8.64 thousand m^3 ha^{-1}).

Key words: *Gravity irrigation, corn and yield.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importantes para el consumo humano, el consumo per cápita de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América. La producción mundial es más de 800 millones de toneladas de grano, de éstas 730 millones son de maíz amarillo y 70 millones de maíz blanco, el maíz amarillo se destina para la agroindustria y el maíz blanco para consumo humano esto se cultiva en aproximadamente 143 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2016).

Este cereal cubre poco más de la mitad de la superficie agrícola nacional sembrada, con aproximadamente 7.5 millones de hectáreas principalmente en las zonas sub-húmeda tropical, templada húmeda y sub-húmeda (Fernández et al., 2013). En el 2019, la superficie con rendimiento de maíz grano menor a 5 t/ha, sumó 84 % de la superficie cultivada, donde se obtuvieron 14 millones 789 mil 348 toneladas de un total de 27 millones 228 mil 242 toneladas (SADER 2020).

La agricultura de riego es el principal factor de desarrollo de zonas áridas y semiáridas de México. Debe disminuirse los volúmenes de agua aplicados sin una merma significativa en los rendimientos. En condiciones de baja disponibilidad y alta competencia por agua, se requiere una estrategia integral de su manejo para mejorar su productividad sin afectar directamente el rendimiento (Ojeda et al., 2006). El agua es el elemento clave en la tarea de elevar y sostener la producción agrícola, de manera que satisfaga las múltiples demandas del cultivo. La agricultura es la actividad que utiliza el mayor volumen de agua; más de las dos terceras partes de la que proporcionan los ríos, lagos y acuíferos del planeta. Se destina el 70 %, aproximadamente, de toda el agua utilizada para uso

humano, temiéndose que esto pueda afectar al futuro de la producción de alimentos (FAO, 2002). En el sur de Sonora, localizado en el noroeste de México, tiene una precipitación anual promedio de 300 mm, que proviene en un 75% aproximadamente de las lluvias de verano y el resto por las lluvias durante los meses de invierno (Minjares *et al.,* 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2022-23 en terrenos del campo experimental Dr. Norman E. Borlaug (CENEB-INIFAP), Cd. Obregón, Sonora, localizado en el Block 910 del Valle del Yaqui, bajo las condiciones de riego por gravedad; El tipo de suelo fue arcilloso. La preparación del terreno fue cinceleo, doble paso de rastra, empareje y formación de surcos. La fertilización fue de 450 unidades de nitrógeno por hectárea en forma de urea y 76 unidades de fosforo por hectárea en forma de fosfato monoamónico (MAP), se aplicó el 50 % de fertilizante en pre-siembra, 25 % antes del primer riego de auxilio y el resto antes del segundo riego de auxilio. Se utilizó el diseño de parcelas divididas donde las parcelas grandes fueron los regímenes de riego y las parcelas chicas los híbridos. El trazo de las camas fue de 0.8 m de separación por 100 m de longitud, la distancia entre plantas de 11.11 cm (9 plantas por metro lineal) para así tener un total de 112,500 plantas por ha. Se aplicó un riego de presiembra y posteriormente se aplicaron distintos regímenes de riego.

Los materiales genéticos a evaluar serán los híbridos comerciales Dk-4050 de Dekalb e Hipopótamo de Asgrow. Los tratamientos a evaluar serán con 3, 4, y 5 riegos de auxilio por cada material.

La siembra se realizó el 5 de diciembre del 2022 en húmedo. Se utilizó una sembradora de precisión marca Monosem. Para el control de maleza de hoja ancha se utilizará el herbicida Veltarane ultra (fluroxipir-meptil 45.52 %) en dosis de 400 ml ha^{-1}, para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) se aplicó el insecticida granulado pounce (permetrina) dosis de 8 kg ha^{-1}, para el control de la mosca de los estigmas (Euxesta stigmatias) se aplicó Cypervel (cipermetrina) en dosis de 500 ml ha^{-1}, las aplicaciones se realizarán con una mochila aspersora y vía aérea.La unidad experimental fue de 16 surcos por diez metros de largo y la parcela útil de dos surcos centrales de seis metros de largo. La cosecha se realizó manualmente y las principales variables obtenidas fueron rendimiento (t ha^{-1}), etapa fenológica de aplicación del riego, grados día desarrollo acumulado (GDDA) estas se obtuvieron en los umbrales de temperatura de (10 y 30 °C). La lámina de riego total aplicada a cada tratamiento (cm); en componentes de rendimiento se obtuvo peso de

mazorca y peso de mil granos. El análisis estadístico se realizará con el programa de computo R studio. A los datos obtenidos se realizará un ANOVA y prueba de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa fenológica de aplicación del riego y lámina de agua aplicada

En el (Cuadro 1) se observa los diferentes regímenes de riego aplicado para cada tratamiento, también se observa los días a riego después de la siembra y la etapa fenológica donde se aplicó el riego de auxilio (RA). Se observa que el tratamiento con cinco RA el agua se aplicó en las etapas V6, V11, VT, R1 Y R3 para los dos híbridos evaluados, se tuvo una lámina total de 86.4 cm (8.64 millares de m^3 ha^{-1}) siendo este el testigo y al que se le dieron todas las condiciones hídricas necesarias para su desarrollo, por otra parte, para el T2 se aplicó un volumen total de agua de 71.4 cm (7.14 millares de m^3 ha^{-1}) el primer RA se aplicó en la etapa vegetativa de V7, el segundo riego de auxilio en la etapa de VT, el tercer y cuarto riego de auxilio debe coincidir con las de R1 y R3 respectivamente.

El tratamiento sometido a estrés hídrico T1 con un volumen total de agua de 58.3 cm (5.8 millares de m^3 ha^{-1}) de lámina. únicamente se aplicaron 3 RA el primero se aplicó en la etapa vegetativa de V10, el segundo RA coincidió con la etapa de R1 (Floración) y el tercer y último riego de auxilio se dio en la etapa de R3 (Grano lechoso) en esta etapa se define el tamaño y la cantidad de granos de la mazorca, por lo que la falta de humedad en el suelo en las etapas fenológicas de (R1-R3) el rendimiento se verá afectado negativamente hasta en un 30-50 % menos. De acuerdo con Marroquín *et al* (2022) las fechas más favorables para sembrar maíz aplicando estrés hídrico sin que el cultivo demande mayor cantidad de agua y se obtengan rendimientos óptimos se ubican del 5 de diciembre a la primera quincena de enero; fechas posteriores demandaran mayor cantidad de agua y el rendimiento se afectaría negativamente de un 30-50 % menos. Las láminas aplicadas en T1 fueron respectivamente 14.8, 14.5, 15.5 cm en el 1er, 2do y 3er riego de auxilio, la lámina aplicada en este tratamiento coincidió con lo aplicado por Rivetti (2006), con un consumo de 57 cm en el cultivo de maíz durante todo el ciclo agrícola. Estos resultados coinciden con los encontrados por Mendoza-Pérez et al. (2016) quienes aplicaron estrés hídrico durante todo el ciclo agrícola del cultivo de maíz, esto bajo riego por gravedad. Ojeda et al. (2006) registraron valores similares de láminas de riego en el cultivo de maíz, pero con pérdidas mayores por efecto de escurrimiento y percolación.

Cuadro 1. Intervalos de riego, lámina de agua y etapas fenológicas en tres tratamientos de riego, en el Valle del Yaqui, Sonora.

Tratamiento	Riego	Etapa fenológica	Días al riego	Lr (cm)	GDDA
T1	Germinación	Siembra	0	13.5	0
	1 RA	V10	81	14.8	510
	2 RA	R1	117	14.5	795
	3 RA	R3	142	15.5	1060
Total				58.3	
T2	Germinación	Siembra	0	13.5	0
	1 RA	V7	72	14.5	460
	2 RA	VT	104	14.4	682
	3 RA	R1	121	15.5	832
	4 RA	R3	142	13.5	1060
Total				71.4	
T3	Germinación	Siembra	0	13.5	0
Testigo	1 RA	V6	66	13.9	425
	2 RA	V11	100	15.3	642
	3 RA	VT	117	15.7	795
	4 RA	R1	143	16.0	1060
	5 RA	R3	158	12.0	1170
Total				86.4	

Lr: Lamina de riego, GDDA: Grados día desarrollo acumulado, RA: riego de auxilio

Rendimiento de grano

La cosecha se realizó a los 199 días después de la siembra. El mayor rendimiento de grano se obtuvo con el híbrido DK-4050 en el tratamiento de cinco riegos de auxilio (Cuadro 2) con 14,336 kg ha^{-1} y con una lámina total de agua de 86.4 cm (8.64 millares de m^3 ha^{-1}), (Cuadro 1). Por otra parte, se detectó que el hibrido Hipopótamo responde mejor al ser sometido a estrés hídrico, con un total de 3 RA y una lámina total de 58.3 cm de lámina (5.83 millares de m^3 ha^{-1}) el rendimiento obtenido fue de 10,105 kg ha^{-1}, superando al híbrido DK-4050. Para el tratamiento de 4 RA DK-4050 supero con 916 kg ha^{-1} a Hipopótamo.

El análisis de varianza detecto diferencias altamente significativas ($p<0.05$). para rendimiento entre los diferentes regímenes de riego, mientras que para híbridos no se encontraron, En el cuadro 2, se presenta el rendimiento de grano y su significancia estadística, así como los principales componentes del rendimiento, se aprecia que el peso de 1000 granos y el peso de mazorca fueron lo que explicaron el potencial de rendimiento, con un resultado mayor en el tratamiento donde se le dieron todas las condiciones hídricas necesarias al cultivo, disminuyendo en forma lineal al aplicar estrés hídrico en las diferentes etapas fenológicas.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y componentes de rendimiento medidas por cada tratamiento de riego en el ciclo O-I 2022-23 en el Sur de Sonora.

Tratamiento	Híbrido	Rendimiento	Significancia estadística	Peso 1000 granos (g)	Peso de mazorca (g)
3 RA	HIPOPÓTAMO	10,105	a	227	120
3 RA	DK-4050	9,508	a	203	107
4 RA	HIPOPÓTAMO	12,365	b	302	142
4 RA	DK-4050	13,281	b	227	133
5 RA	HIPOPÓTAMO	13,962	c	290	138
5 RA	DK-4050	14,336	c	278	151

DMS entre híbridos ($p<0.05$) = 980

(+) Medias con la misma letra son iguales ($p<0.05$).

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento de 5 riegos de auxilio con el híbrido comercial DK-4050 con un rendimiento total de 14,336 kg ha^{-1} y una lámina de riego total de 86.4 cm (8.64 millares de m^3 ha^{-1}). Se detectó que el hibrido hipopótamo responde mejor al estrés hídrico en esta región. Por otra parte, se definieron las etapas fenológicas y los GDDA en donde aplicar cada riego de auxilio dependiendo de la dotación volumétrica. Es posible reducir un riego de auxilio sin afectar considerablemente el rendimiento de grano, esto dependerá del tipo de suelo, híbrido y manejo agronómico del cultivo

REFERENCIAS

FAOSTAT, FAO, Statistical Database. 2016. Publishing Management Service, Information Division, Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Consultado en línea el 15 de julio del 2021. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

FAO AGL: Maize crop water management. 2002.http://www.fao.org /ag/agl/aglw/ cropwater /maize.stm#descrip.

Fernández S. Rocío, Morales C. Luis A., & Gálvez M. Amanda. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. Revista fitotecnia mexicana, 36(Supl. 3-a), 275-283.

Marroquín M. J. A., L. Montoya C. L., Valenzuela B. J. R. y García B. E. H.2022.Efecto de tres regímenes de riego en el rendimiento del cultivo de maíz en el Valle del Yaqui. Memoria día del agricultor CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora.

Mendoza-Pérez, C., I. E. Sifuentes, B. W. Ojeda, y C. J. Macías. 2016. Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation. Ing. Agríc. Biosist. 8: 29-40. DOI: 10.5154/r.inagbi.2016.03.001.

Minjares L. José y Salmón C.Roberto. 2009. Índice económico para el manejo interanual del agua: caso del Distrito de Riego 041 Río Yaqui, México. Ingeniería hidráulica en México, vol. XXIV, no. 41-54.

Ojeda B. W., Sifuentes I. E. y Unland W. H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia. 40: 13-25.

Rivetti A. R. 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Rio Cuarto, Córdoba, Argentina, I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. Rev. Fac. Cienc. Agrar. UNCUYO. 38: 25-36.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2020. Estadística de Cultivos en el Distrito de Desarrollo Rural 148 Cajeme. Cd. Obregón, Sonora.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANO ROJO (*Sorghum bicolor* L.) MOENCH

José Ángel Jesús Cruz Martínez[2], Ulises Aranda Lara[1], Luis Guillermo Corona Zúñiga[2], Abraham Guerrero Corona[2]

[1] INIFAP- CIRNE - Campo Experimental Río Bravo, Km. 61 Carr. Matamoros – Reynosa, Col. Zona Rural, Río Bravo, Tamaulipas, C. P. 88900 Tels. 01-55-3871-8700 y 01-800-088-2222.

[2] ITSJ, Unidad Académica Cocula, Academia de Innovación Agrícola, Calle Tecnológico 1000, Lomas de Cocula, Cocula, Jalisco, C. P. 48505 Tel. 377-773-0030.

abraham.guerrero@cocula.tecmm.edu.mx

RESUMEN

El sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench es un cultivo relativamente resistente a la sequía y al calor y de suma importancia para México al ser el tercer sistema producto cultivado, por detrás del frijol y el maíz. El grano y el forraje de sorgo es fuente de proteínas principalmente para el consumo de ganado cárnico. En la presente investigación se buscó identificar las variedades híbridas más adaptables para la zona lagunas del estado de Jalisco, con fines de abastecimiento de grano. Por lo tanto, el objetivo de esta evaluación consistió en el establecimiento de un ensayo de rendimiento de 30 variedades híbridas provenientes del Centro Experimental Rio Bravo, Tamaulipas, pertenecientes al Centro de Investigación Regional del Noreste del INIFAP. Dicho ensayo fue sembrado en el campo experimental de la Unidad Académica Cocula durante el ciclo de temporal de verano del 2022, en un diseño de bloques completos al azar que incluyo las 30 variedades híbridas de INIFAP más dos testigos comerciales. Durante el cultivo se registraron variables de importancia agronómica y económica como el rendimiento de grano, encontrando que el mejor híbrido de INIFAP para peso de grano correspondió a la cruza RB214A/RB256 con un peso de grano promedio por panoja de 753.3 g, siendo superada por el testigo comercial 85G10 con 762.5 g. Mientras que la cruza con mayor precocidad a floración fue RB214A/RB256 con 78.3 días en promedio.

Palabras clave: hibridación, sorgo grano rojo, aptitud combinatoria.

ABSTRACT

Sorghum bicolor (L.) Moench is a crop that is relatively resistant to drought and heat and is extremely important for Mexico as it is the third largest product system cultivated, after beans and maize. The grain and forage is a source of protein mainly for the consumption of meat cattle. In the present investigation, we sought to identify the most adaptable hybrid varieties for the Lagunas region of the state of Jalisco, for the purpose of supplying grain and forage for livestock feeding. Therefore, the objective of this evaluation consisted in the establishment of a yield trial with 30 hybrid varieties from the Rio Bravo Experimental Center, Tamaulipas, belonging to the INIFAP Northeast Regional Research Center. This trial was planted in the experimental field of the Cocula Academic Unit during the 2022 summer season cycle, in a randomized complete block design that included 30 INIFAP hybrid varieties plus two commercial controls. During cultivation, variables of agronomic and economic importance such as grain yield were recorded, finding that the best hybrid for grain weight corresponded to the RB214A/RB256 cross with an average grain weight per panicle of 753.3 g, being surpassed by commercial tester 85G10 with 762.5 g. While the cross with the earliest flowering time was RB214A/RB256 with an average of 78.3 days.

Keywords: Hybridization, Red Grain Sorghum, Combining Ability.

INTRODUCCIÓN

El sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench es un cultivo relativamente resistente a la sequía y al calor, es probable que su importancia aumente en todo el mundo debido a que la población mundial depende cada vez más de las proteínas animales, por lo que es relevante entender que la sequía tiene un efecto directo en el rendimiento y en la producción de los cultivos agrícolas, y un efecto indirecto en la producción de alimentos, por lo que es necesario disponer de especies vegetales que puedan utilizarse bajo condiciones de escasez de agua y elevadas temperaturas durante el ciclo de cultivo. El sorgo es un cultivo que produce grano y forraje bajo estas condiciones climáticas (Montes García y otros, 2012). El cultivo de sorgo, es el tercer sistema-producto de mayor importancia en México y constituye una de las cadenas productivas con prioridad en el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo del INIFAP 2018-2030 del Noreste del país (Montes-García *et al.* 2020). En el programa regional de mejoramiento genético de sorgo se han utilizado las principales técnicas para la mejora del rendimiento de grano y adaptación a los diversos agro ecosistemas de la zona (INIFAP, 2020). El sorgo se destina principalmente a la

elaboración de alimentos para ganado. En 2020 se obtuvieron 4 millones 704 mil toneladas, cifra 8.1% superior en comparación con la del año previo. Eso fue resultado de una mayor superficie sembrada y de mejores condiciones climatológicas y fitosanitarias, ya que en 2019 este cultivo fue afectado por la plaga del pulgón amarillo (Panorama Agroalimentario, 2022). El estado de Tamaulipas se destaca por ser el mayor productor de sorgo en México, tres quintas partes del volumen provienen de los municipios de Matamoros, Río Bravo y San Fernando seguido por el estado de Guanajuato y Sinaloa. Por otro lado, dentro del Ranking de las 10 principales entidades productoras de sorgo en México, el estado de Jalisco se encuentra en el lugar número 7 con un volumen de 184,238 toneladas de la producción nacional (Panorama Agroalimentario, 2022). A nivel local se busca identificar las variedades híbridas más adaptables para la zona lagunas del estado de Jalisco, con fines de abastecimiento de grano. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar un ensayo de rendimiento de 30 híbridos de sorgo provenientes de INIFAP del Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, pertenecientes al Centro de Investigación Regional Noreste**.**

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado para el experimento fue semilla de 30 híbridos de sorgo grano rojo provenientes del campo experimental de Rio Bravo, Tamaulipas y 4 variedades comerciales como testigos de la marca Pioneer y Caloro. Como progenitores de los híbridos del INIFAP se utilizaron 6 líneas androestériles como hembras y 5 líneas restauradoras como macho, lo que arrojó como resultado 30 cruzamientos. La parcela experimental estuvo ubicada dentro de las instalaciones del Tecnológico Superior de Jalisco en la cabecera municipal de Cocula, Jalisco. Orientación -73.0747848°, Inclinación 59.9927239°, Rango 501.9 m, Latitud 20.3726023°, Longitud -103.8050181°, Altitud 1,362 m.

Se sembró el 04 de julio de 2022 bajo condiciones de temporal de verano, en un diseño de bloques completamente al azar, la aleatorización y el bloqueo de tratamientos se realizó en el software PB tools versión 1.3 (IRRI, 2013). Obteniendo un libro de campo y croquis del experimento. Los bloques se conformaron por 34 genotipos (tratamientos) en tres repeticiones. El tamaño de parcela experimental fue de un surco de 5 m de largo con distancia entre surcos de 0.80 m. Cada repetición consto de 34 tratamientos, que multiplicados por 3 conforman 102 parcelas experimentales, entre bloque y bloque se dejó un callejón de 0.8 m de ancho, además los cuatro lados del experimento estuvieron bordeados con un surco del híbrido 85G10. Se realizó manejo agronómico convencional de

acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico de la región para la producción de sorgo.

Cuadro 1. Variables agronómicas estudiadas.

Variable a medir	Unidad	Abreviatura	Tipo de variable
Días a floración	Días	FLOR	Vegetativo/floración
Altura de planta	Centímetros	AP	Vegetativo/floración
Excerción de planta	Centímetros	EXC	Vegetativo/floración
Peso de 500 granos	Conteo	P500G	Rendimiento
Peso de grano g/panoja	Gramos	PEGRA	Rendimiento

El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza para las seis variables registradas y una prueba de Duncan ($P< 0.05$) de comparación de medias de híbridos para la variable de peso de grano por panoja utilizando el programa estadístico versión 9.4 (SAS Institute, 2016) con el siguiente modelo implementado:

$Yij = \mu + HIBi + REPj + Eij$

Donde:

Yij: valores fenotípicos registrados en cada parcela experimental,

μ: media general del experimento,

HIBi: efecto del i-ésimo híbrido o cruza,

REPj: efecto aleatorio de la j-ésima repetición,

Eij: variación aleatoria del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza (Cuadro 2) se reportó que los cuadrados medios de híbridos fueron altamente significativos para las seis variables registradas; mientras que entre repeticiones solo la variable floración no fue significativamente diferente; comparando con las evaluaciones de Williams *et al.* 2022 en un ensayo de evaluación de 54 híbridos para las variables de peso específico, floración, altura de planta, longitud de excerción, longitud de panícula y rendimiento de grano, mientras que en repeticiones reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para rendimiento de grano y longitud de panícula, diferencias significativas ($P < 0.05$) en floración, altura de planta y longitud de panícula, y

no hubo diferencias en peso específico de grano. Los coeficientes de variación resultaron bajos en las variables de floración, altura de planta, excerción de la panoja y peso de 500 granos, lo que indica que estas variables son poco influenciadas por el ambiente, mientras que en la variable de peso de grano el coeficiente de variación fue moderado, lo que indica que esta variable es influenciada considerablemente tanto por genes y ambiente.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia estadística, del ensayo de híbridos de sorgo grano rojo en el campo experimental de la Unidad Académica Cocula, Ciclo de verano 2022.

Factor de Variación	G.L.	FLOR	AP	EXC	P500G	PEGRA
Híbridos	33	23.32**	0.10**	69.56**	11.8 **	93120.62**
Repeticiones	2	10.02 ns	0.10**	446.2**	41.61**	652029.66**
C.V. (%)	-	4.04	13.04	16.03	15.27	59.43
Promedio general	-	83.8 d	154 cm	32.96 cm	12.79 g	395.49 g

G. L. = grados de libertad, FLOR = días a floración, AP = altura de planta en centímetros, EXC = longitud de excerción de panoja en centímetros, P500G = peso de 500 granos en gramos, PEGRA = peso promedio de grano por panoja en gramos, C. V. = coeficiente de variación. ** = diferencias altamente significativas (P < 0.01), ns = diferencias no significativas.

En la prueba de comparación de medias de Duncan para la variable PEGRA se formaron 9 agrupamientos con diferencias significativas (P < 0.05) de los cuales se muestran los 4 grupos con mayor peso de grano por panoja (Cuadro 3). El testigo comercial 85G10 resultó significativamente superior a todos los híbridos experimentales, mientras que el híbrido RB214A/RB256 se agrupo solo en segundo lugar. El tercer grupo en peso de grano lo conformaron los híbridos RB214A/TX430 y RB214A/RB133. Es importante señalar que Williams-Alanís *et al.* (2022) encontraron en un diseño genético de líneas por probadores que la línea experimental RB214A aporta mayor rendimiento de grano a su progenie, tal como se aprecia en esta investigación; también reportan como sobresalientes las líneas RB225A y RB248A, y el probador RB133, los cuales también fueron sobresalientes en la presente investigación como se aprecia en las genealogías del cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimiento de grano y características agronómicas de los mejores híbridos de sorgo grano rojo evaluados en la Unidad Académica Cocula durante el ciclo de verano 2022.

Híbrido	Genealogía	PEGRA*	P500G	AP	EXC	FLOR	ACA
4	85G10	762.5^{A}	11.750	174	36.3	83.5	5.85
7	RB214A/RB256	753.3^{BA}	13.567	158	39.47	78.33	17.61
8	RB214A/TX430	668.3^{BAC}	13.067	153	32.13	82.33	3.64
6	RB214A/RB133	655.0^{BAC}	14.100	170	32.67	83	19.19
21	SB12A/RB133	560.0^{BDAC}	15.233	174	36.33	83.67	5.27
23	SB12A/TX430	525.0^{BDAC}	15.633	155	33.33	82.33	2.15
14	RB225A/TX437	525.0^{BDAC}	12.700	159	36.13	82.33	0.71
15	RB248A/RB128	516.7^{BDAC}	12.533	164	37.47	79.67	4.42
31	SB22A/RB133	515.0^{BDAC}	14.050	170	31.87	86.67	6.77
18	RB248A/TX430	508.3^{BDAC}	12.200	151	31.47	82	0.66

*Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que para mayor rendimiento de grano estadísticamente significativo la mejor cruza de INIFAP fue RB214A/RB256, seguida de las cruzas RB214A/TX430 y RB214A/RB133; siendo importante resaltar que las tres cruzas comparten el mismo probador hembra, la línea androestéril RB214A. El mejor híbrido en altura de planta significativa fue RB225A/RB256 con 181 cm. En floración la misma cruza con mayor rendimiento RB214A/RB256 también aportó mayor precocidad significativa con 78.33 días. Existen cruzas de sorgo del programa del INIFAP-Campo Experimental Río bravo con buen desempeño agronómico para las condiciones agroecológicas de la región Lagunas de Jalisco.

REFERENCIAS

Panorama Agroalimentario. (2022). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en https://www.gob.mx/siap/es/articulos/panorama-agroalimentario-2022

Carena, M. J. (2009). Cereals. Springer Science + Business Media, LLC 2009. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9

De Wet, J. M., & Harlan, J. R. (20 de abril de 1971). El origen y domesticación del sorgo bicolor. págs. 128-135. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02860074

Denanet Filippi, R., & Canales Cartes, C. (2020). Cultivo del Sorgo Forrjero. Watt´s. http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-sorgo-forrajero-versi%C3%B3n-final-01-09-2020.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.6040716198441742

FAO. (1995). El sorgo y el mijo: en la nutrición humana. https://www.fao.org/3/t0818s/T0818S00.htm#Contents

IIEG, I. d. (2021). Cocula Diagnóstico del municipio.

INIFAP. (2020). LÍNEAS PROGENITORAS DE HÍBRIDOS. MX-0-310302-45-03-13-09-77.

Irigoyen, A., & Perrachon, J. (agosto de 2007). Sorgo granífero. Plan Agropecurio, págs. 52-54. https://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_52.pdf ISBN:978-607-37-1233-0.

Montes García, N., Williams Alanís, H., Cisneros López M. E., Pecina Quintero V., Aranda Lara U. (2020). Líneas progenitoras de híbridos comerciales de sorgo del INIFAP. INIFAP-CIRNE, Folleto técnico No. MX-0-310302-45-03-13-09-77.

Montes García, N., Williams Alanís, H., Moreno Gallegos, T., Cisneros López, M. E., & Pecina, Q. V. (2012). "RB-PALOMA", VARIEDAD DE SORGO BLANCO PARA PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE. Tamaulipas, México: Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (2).

Palacios Velarde, O., Moreno Gallegos, T., Loaiza Meza, A., Reyes Jiménez, J., & Medina Chávez, S. (diciembre de 2009). Gavatero-203 Nueva variedad de sorgo forrajero para Sinaloa. INIFAP-CIRNO, págs. 17-20.

Parra, P., & Escobar, A. (1990). EL CULTIVO DEL SORGO. SENA Servicio Nacional de Aprendizaje.

Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (Sorghum bicolor L.

Moench). Pastos y Forrajes, 33. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000100001

Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. (2017). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Rakhmetova, S. O., Vergun, O. M., Blume, R. Y., Bondarchuk, O. P., Shymanska, O. V., Tsygankov, S. P., Yemets, A. I., Blume, Y. B., & Rankhmetov, D. B. (22 de diciembre de 2020). Ethanol Production Potential of Sweet Sorghum in North and Central Ukraine. The Open Agriculture Journal. https://doi.org/10.2174/1874331502014010321

Rodriguez, I. (2019). Cultivo de sorgo: variedades, fertilización y cosecha. agrotendencia: https://agrotendencia.tv/agropedia/cereales/el-cultivo-de-sorgo/

SAS Institute. 2016. SAS/STAT® 9.1 User'S Guide. Cary, NC: SAS Institute lnc. USA. 5121 p.

UPOV, (. U. (2015). TG/122/4 UPOV Code: SRGHM BIC: Srghm DRU. Sorghum bicolor (L.) Moench; Sorghum x.

Williams-Alanís H., Aranda Lara U., Árcos Cavazos G., Zavala Garcia F., Galicia Júarez M., Rodríguez Vázquez M. C., Elizondo Barrón J. (2022). Line x tester analysis to estimate combining ability in grain sorghum (Sorghum bicolor L.). Rev. FCA UNCuyo. 2022. 54(2): 12-21. ISSN (en línea) 1853-8665.

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE FRUTO DE HÍBRIDOS DE CHILE SERRANO, CICLO O-I 2022-2023

Reinaldo Méndez Aguilar[1*], Moisés Ramírez Meraz[1], Cristóbal Ervi Bautista Pérez[1], Ulises Santiago López[2], Francisco García Barrientos[3], Eduardo Moctezuma Osorio[3]

[1]INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610. Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2]INIFAP – Campo Experimental San Luis, C.P. 78431. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.; [3] Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Altamira, Carr. Tampico – Mante Km. 24.5, Sin Colonia, C.P. 89602. Altamira, Tam.

***Correo E: mendez.reinaldo@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas y se ha convertido en un cultivo de gran importancia en México. En el estado de Tamaulipas se siembran alrededor de 3,300 a 4,000 ha de chiles, el 58% de la superficie sembrada corresponde a chile serrano, siendo el sur del estado de Tamaulipas la zona el más importante de este establecimiento. En la zona se cuenta con híbridos que no cuentan con los requerimientos que el productor y/o mercado requieren para establecer el cultivo en la zona, instituciones como INIFAP se han enfocado en la evaluación de genotipos de chile para proporcionar esta información a productores. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la calidad de fruto de híbridos de chile serrano para el sur de Tamaulipas. Se seleccionaron 10 híbridos durante el periodo otoño-invierno 2022-2023 y se establecieron bajo el mismo sistema en condiciones de campo abierto. Las variables se tomaron en el Laboratorio de Agrobiotecnología y Postcosecha del CEHUAS-INIFAP, los datos de las variables obtenidas se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a una comparación de medidas TUKEY. El híbrido Río Elota fue el que en general tuvo mejores resultados en las variables evaluadas por lo que para los productores del sur de Tamaulipas que buscan calidad de fruto es una buena alternativa

Palabras clave: Fruit quality, *Capsicum annuum* L., hybrids, southern Tamaulipas.

ABSTRACT

The pepper crop (*Capsicum annuum* L.) is a species that belongs to the Solanaceae family and has become a very important crop in Mexico. In the state of Tamaulipas around 3,300 to 4,000 ha of peppers are planted, 58% of the planted area corresponds to serrano pepper, with the southern Tamaulipas being the most important area for this establishment. In the area there are hybrids that do not meet the requirements that the producer and/or market require to establish the crop in the area. Institutions such at INIFAP have focused on the evaluation of chili genotypes to provide this information to producers. The objective of this research work was to evaluate the fruit quality of hybrid serrano pepper for southern Tamaulipas. 10 hybrids were selected during the autumn-winter 2022-2023 period and established under the same system in open field conditions. The variables were taken at the Agrobiotechnology and Postharvest Laboratory at CEHUAS-INIFAP, the data of the variables obtained were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and a comparison of TUKEY measurements. The Rio Elota hybrid was the one that generally had the best results in the evaluated variables, so for producers in southern Tamaulipas who are looking for fruit quality it is a good alternative.

Key words: Calidad de fruto, *Capsicum annuum* L., híbridos, sur de Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

El El chile (*Capsicum annuum*) es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas y se ha convertido en un cultivo de gran importancia en México y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América (Maboko *et al*, 2009; FAOSTAT, 2009). En Tamaulipas se siembran alrededor de 3,300 a 4,000 ha de chiles, el 58% de la superficie sembrada corresponde a chile serrano, el 40% a chile jalapeño, y el 2% a otro tipo de chiles como lo son el habanero, serranillo, ancho, entre otros. La zona más importante con excelente producción en el sur de Tamaulipas, está anclada en los municipios de González, Altamira, Mante y Llera con un 80% de la producción total. (Ramírez, 2013). Algunas instituciones se han enfocado en el estudio de este cultivo, principalmente para la calidad de fruto, las cuales la han llevado a tener gran importancia, sus características principales que se persiguen en este cultivo son: el color, tamaño, peso. (López, 2003). Es por ello que la importancia del presente trabajo se basa en la evaluación de híbridos de chile serrano procedentes de diversas casas comerciales con el objetivo de evaluar la calidad de fruto de híbridos de chile serrano para el sur de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Ciclo Otoño-Invierno 2022-2023 en las instalaciones del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Km. 55 de la Carretera Tampico-Mante en Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas. Ubicado en las coordenadas: 22º 33' 59" N y 98º 09' 49" O, dentro de la región Huasteca en el oriente de la República Mexicana, con altitud de 11 msnm (Ramírez *et al.,* 2015). el cual comprendió la evaluación de 10 híbridos comerciales, representando a los materiales élite de las compañías de semillas, entre los que se incluyó el testigo comercial (Plata) (Cuadro 1).

Cuadro 3. Híbridos comerciales de chile serrano, ciclo O-I 2022-2023.

Nº	Nombre	Nº	Nombre
1	Bravío	6	Escobar
2	Súper llanero	7	Sendero
3	Plata (T)	8	Río Elota
4	Msx-1268	9	Msx-1537
5	2030	10	Platino

T = Testigo comercial

El manejo agronómico del cultivo se hizo siguiendo las indicaciones del Paquete Tecnológico de Chiles Generado por el INIFAP (Ramírez *et al.,* 2015). La producción de planta de los materiales genéticos antes mencionados fue bajo condiciones de invernadero y a los 45 días después de la siembra en charolas de germinación, se realizó el trasplante bajo condiciones de cielo abierto en camas de 1.84 m de ancho con doble hilera, con una separación entre hileras de 40 cm y de 30 cm entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental la formó una cama de 1.84 m de ancho y 4.0 m de longitud. Se registraron las características de fruto: peso de fruto (g), diámetro de fruto (g), longitud de fruto (cm), grosor de pericarpio (cm) y número de lóculos. Las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias significativas (P<0.05) en las variables peso de fruto, diámetro de fruto y longitud de fruto, pero no para número de lóculos y grosor de pericarpio (P>0.05) (Cuadro 2)

Cuadro 2. Evaluación de calidad de fruto de híbridos comerciales de chile serrano.

No.	HÍBRIDO	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	GROSOR PERICARPIO (cm)	N° DE LOCULOS
1	RÍO ELOTA	31.50 A*	2.28 AB	11.49 A	0.30 A	3 A
2	SENDERO SUPER	29.52 AB	2.21 AB	10.94 AB	0.38 A	3 A
3	LLANERO	27.79 AB	2.27 AB	10.53 AB	0.36 A	3 A
4	ESCOBAR	27.09 AB	2.12 B	10.34 AB	0.32 A	3 A
5	PLATINO	26.50 AB	2.49 A	10.23 AB	0.30 A	3 A
6	MSX 1268	26.37 AB	2.19 AB	9.98 AB	0.37 A	3 A
7	BRAVIO	24.38 AB	2.09 B	10.37 AB	0.31 A	2 A
8	2030	23.09 B	2.22 AB	9.52 AB	0.33 A	3 A
9	PLATA (T)	23.06 B	2.46 A	8.99 B	0.26 A	3 A
10	MSX 1537	23.00 B	2.22 AB	9.36 AB	0.23 A	2 A

T = Testigo comercial. * = Promedios con letras iguales en la misma columna, son estadísticamente iguales (Tukey, α = 0.05).

El mejor genotipo en cuestión de peso de fruto fue el híbrido Río Elota con 31.50 g, siendo 2030, Plata y MSX 1537 los que menor peso de fruto obtuvieron con 23.09, 23.06 y 23.00 g, respectivamente. un carácter de alto valor y que está altamente correlacionado con el rendimiento es el peso promedio de fruto (Ramírez y Méndez, 2019). En diámetro de fruto impacta también con el rendimiento (Ramírez y Méndez, 2019), los híbridos platino y plata fueron superiores a los demás materiales genéticos con 2.49 y 2.46 cm, respectivamente. Los genotipos que en la evaluación tuvieron menor diámetro de fruto fueron Escobar (2.12 cm) y Bravio (2.09 cm) (Cuadro 2). Río Elota fue el híbrido que tuvo la mayor longitud de fruto con 11.49 cm y el de menor tamaño fue plata con 8.99 cm., es importante conocer esta característica para la elección del material según sea el mercado, ya que el mercado en fresco de chiles exige tamaño de fruto entre 8 y 11 cm, en tanto que la industria requiere

que el tamaño de fruto no debe ser mayor a 7.6 cm (Ramírez y Méndez, 2019), por lo que el híbrido Río Elota podría entrar perfectamente para mercado en fresco. Para las variables número de lóculos y grosor de pericarpio (cm) no se encontraron diferencias significativas (P>0.05). En general Río Elota fue el material genético con los mejores resultados para calidad de fruto. Río Elota posee buenas características de fruto y se observó que tiene buena carga de fruto. Por lo antes mencionado, este genotipo tiene potencial para las condiciones del sur de Tamaulipas. Esta información es útil para los productores en el proceso de selección de híbridos que se utilizarán en su sistema productivo, según el nicho de interés (Elizondo- Cabalceta y Monge-Pérez, 2016). Existen otros híbridos de chile que tienen buena aceptación en el mercado como Plata y Platino, por lo que productores de la región están incrementando la superficie de siembra de estos.

CONCLUSIONES

El híbrido serrano Río Elota fue el que en general tuvo mejores resultados en las variables evaluadas por lo que para los productores del sur de Tamaulipas que buscan calidad de fruto es una buena alternativa.

REFERENCIAS

Elizondo-Cabalceta, E; Monge-Pérez, J. 2016. Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (Capsicum an- nuum L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. Tecnolo- gía en Marcha. Vol. 29, No 3. Pág. 60-72. DOI: http://dx.doi.org/tm.v29i3.2888

FAOSTAT, 2009. Production crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

M. M. Maboko, C. P. Du Plooy y S. Chiloane, Effect of plant population, stem and flower pruning on hydroponically grown sweet pepper in a shadenet structure, African Journal of Agricultural Research, vol. 7, nº 11, pp. 1742-1748, 2012.

Ramírez, M. M. 2013. Validación de tecnológica de variedades y técnicas para el cultivo de chile en el sur de Tamaulipas. Fundación Produce Tamaulipas, A.C.

Ramírez Meraz, M.; Arcos Cavazos, G.; Mata Vázquez, H.; Vázquez García, E.; Méndez Aguilar, R. 2015. Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de tamaulipas. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico. No. MX-0-310701-11-03-14-09-40. México. 47 p

Ramírez Meraz, M. y Méndez Aguilar, R. 2019. Evaluación de Genotipos de Chile Serrano para Rendimiento y Calidad de Fruto en el Sur de Tamaulipas, México. 31 Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Pp. 85. Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas.

EVALUACION DEL CARTAMO FORRAJERO CON DIFERENTES REGIMENES DE RIEGO PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA.

Elco Humberto García-Bolivar[1]*, Xochilt Militza Ochoa-Espinoza[1], Néstor Alberto Aguilera-Molina[1], José Ángel Marroquín-Morales[1], Lope Montoya-Coronado[1].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB). km. 12. Ciudad Obregón, Sonora, México.

garcia.elco@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La demanda de nuevas tecnologías de cultivos forrajeros con una efectiva productividad de agua y tolerantes a las sequias va en aumento. Una opción para la nueva problemática que enfrentamos es el cultivo de cártamo forrajero para aumentar las opciones de siembra de forraje, por ser una nueva variedad se debe establecer los métodos de siembra, en el caso de la región del noroeste de México en el Valle del Yaqui, se siembra dentro del periodo otoño- invierno por riego rodado. En el programa de mejoramiento genético se dio a la tarea de establecer la variedad de cártamo Forrcart 2020 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola O-I 2022-2023 el 14 de diciembre del 2022. La unidad experimental consistió en dos surcos de 6.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m; la parcela útil fue de 6.4 m^2. Se establecieron dos tratamientos de riegos uno de un riego de auxilio (1R) y dos riegos de auxilio (2R), el riego de nacencia fue de una lámina de 25 cm, la lámina total de agua en cada riego de auxilio fue de 15 cm. El objetivo de este trabajo fue establecer la producción de MS/Ha en diferentes regímenes de riego y medir o cuantificar la producción de agua en relación a la MS/Ha. El paquete estadístico utilizado fue un diseño de bloques al azar con α de 0.05 con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013). Los resultados de producción como mejor tratamiento 2R 11234.3 kg de MS por Ha y el tratamiento de 1R con 8937.5 kg de MS por Ha. La cantidad de agua utilizada se midió por medio de la lámina de riego total que entro a la parcela aforando en cada riego de auxilio en relación a las toneladas de alimento producidas por hectárea.

Palabras clave: *productividad de agua, forraje, rendimiento de materia seca.*

ABSTRACT

The demand for new forage crop technologies that are water effective and drought tolerant is increasing. An option for the new problem we are facing is the cultivation of fodder safflower to increase forage planting options, since it is a new variety, planting methods must be established, in the case of the northwestern region of Mexico in the Valle del Yaqui, is sown within the autumn-winter period by rolling irrigation. In the genetic improvement program, the task of establishing the Forrcart 2020 safflower variety was given in the Norman E. Borlaug Experimental Field, of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), during the agricultural cycle O-I 2022-2023 on December 14, 2022. The experimental unit consisted of two rows of 6.0 m in length, with a distance between rows of 0.8 m; the useful plot was 6.4 m2. Two irrigation treatments were established, one of a relief irrigation (1R) and two relief irrigations (2R), the source irrigation was a 25 cm sheet, the total sheet of water in each relief irrigation was 15 cm. . The objective of this work was to establish the production of DM/Ha in different irrigation regimes and to measure or quantify the production of water in relation to the DM/Ha. The statistical package used was a randomized block design with α of 0.05 with the statistical package SAS 9.4 (2013). The production results as the best treatment 2R 11234.3 kg of DM per Ha and the treatment of 1R with 8937.5 kg of DM per Ha. The amount of water used was measured by means of the total irrigation sheet that entered the plot gauging in each relief irrigation in relation to tons of food produced per hectare.

Keywords: water productivity, forage, dry matter yield.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el incremento de la demanda de carne, leche y sus derivados no se detiene, por el incremento constante de la misma población. A su vez la demanda forrajes, granos y pasturas para el alimento de los animales no deja de incrementarse (Medina et al., 2021). En la actualidad todos los sistemas de producción bovina de leche o carne dependen altamente de una base forrajera, un causante de problemas se encuentra en el cambio climático y la dificultad del gasto del recurso no renovable que es el agua, pues los sistemas de producción para producir forrajes están diseñados desde décadas anteriores donde el problema solo era producir y no eficientar el gasto hídrico y la conservación de los recursos naturales (Bertin *et al*., 2022). La producción de biomasa en las diferentes cadenas de producción, la eficiencia de los insumos (forraje) está directamente relacionado con el

objetivo de producción que son kilogramos generados de carne o leche ya que la alimentación genera aproximadamente el 60 % de los costos de producción. (Callejas *et al*., 2015). En México incluyendo el estado de Sonora no es la excepción de la agravante mencionada ya que se atraviesa por una sequía y falta de alimento para el ganado (Reta *et al.,* 2017). Como propuesta de una opción de generación de tecnología del INIFAP en el campo del CENEB en el programa de mejoramiento genético de oleaginosas se dio a la tarea de generar una nueva variedad de cártamo forrajero llamado Forrcart 2020 que ofrece la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca (MS), con una composición nutrimental competitiva en comparación con los forrajes tradicionales de la región (García *et al.,* 2022). Con esta nueva variedad se tiene una opción nueva para la producción de forraje, y el desarrollo de nuevos sistemas de producción con potencial para incrementar la productividad del agua (PA), considerando ésta como la producción de MS y nutrientes por m^3 de agua aplicada. (Ochoa *et al*., 2021). El objetivo de este trabajo fue establecer la producción de MS/Ha en diferentes regímenes de riego y medir o cuantificar la producción de agua en relación a la MS/Ha.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola O-I 2022-2023. La preparación del terreno consistió en un paso de arado, seguido de doble rastreo y nivelación con escrepa. La fertilización se realizó en pre siembra con una dosis de 150-50-00 (N-P-K). Se estableció la variedad de cártamo Forrcart 2020 el 14 de diciembre del 2022. La unidad experimental consistió en dos surcos de 6.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m; la parcela útil fue de 6.4 m^2. Se establecieron dos tratamientos donde el tratamiento 1 (T1) es con un riego de auxilio (1RA) y el tratamiento 2 (T2) fue con 2 riegos de auxilio (2RA) con 4 repeticiones respectivamente, ambos tratamientos fueron con una densidad de (D15 pl/ m-L) (Cuadro 1). Para calcular la PA se obtiene calculando los litros de agua que se necesitan para producir un kg de forraje, se necesita la sumatoria del volumen total de agua consumida en el ciclo del cultivo dividiendo los litros de agua aplicada entre los kilogramos de MS/Ha producidos. El riego de nacencia fue de una lámina de 25 cm, la lámina total de agua en cada riego de auxilio fue de 15 cm. El momento del corte del cártamo se hizo en el inicio de la floración basado en las etapas reportadas por Flemmer, *et al.* (2015) debido a que en esta etapa la planta se encuentra en el punto de equilibrio en cuanto calidad del contenido nutrimental y la

producción de forraje (Ochoa *et al*., 2021), se registró el peso fresco y se secaron las muestras en una estufa de aire forzado a 105°C por 48 horas para determinar MS por medio de una balanza analítica. Se utilizó un diseño de bloques al azar con α de 0.05, se analizó con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis estadísticos muestran que fue significativa la diferencia entre el número de riegos del T1=1RA con 11234.3 Kg de MS/ Ha contra 8937.5 Kg de MS/ Ha del T2=2RA con una DMS de: 1724.9 Kg de MS/ Ha. Por lo tanto, los resultados obtenidos muestran que el mayor rendimiento se obtuvo del tratamiento T2 como se señala en el cuadro 1. Esta es una nueva variedad de cártamo forrajero por lo que se busca establecer el número de riegos idóneo para el cultivo como también medir la PA. En el cuadro 2 observamos que el T1=1R presento: 2.5 + 1.5 litros de agua aplicada (Millón de litros), con una productividad de 8937.5 kg de MS/Ha y la PA fue de 447.5 litros para producir un kilogramo de forraje de cártamo forrajero contra los resultados del T2=R2: 2.5+ 1.5+1.5 litros de agua aplicada (Millón de litros), con una productividad de 11234.3 kg de MS/Ha y la PA fue de 489.5 litros para producir un kilogramo. Las láminas de agua que se aplicaron en este estudio fueron menores que las reportadas para condiciones áridas (45 cm), lo cual en ambos tratamientos refleja un ahorro de agua. La diferencia entre los tratamientos se puede centrar en la disponibilidad de agua que crea condiciones de suficiencia y carencia de humedad para las plantas, lo cual se puede reflejar en la producción de MS o valor bromatológico del forraje. (Yescas *et al.,* 2015) coinciden los resultados con el incremento de MS ha sido asociado a láminas de riego grandes. Esto es debido a que, al existir humedad suficiente en el suelo, las plantas pueden tomar los nutrimentos necesarios para llevar a cabo sus funciones fisiológicas, así como el proceso de fotosíntesis (Yescas *et al.,* 2015).

Cuadro 1.- pl/ m-L= plantas por metro lineal, Kg=kilogramos, MS=materia seca, *= letras diferentes (a y b) señalan diferencia significativa. (α=0.05).

RIEGOS DE AUXILIO	(Kg de MS/ Ha)
1RA	8937.5[b]
2RA	11234.3[a]
DMS	1724.9

Cuadro 2.- L=Litros, Kg=kilogramos, MS=materia seca, *= letras diferentes (a y b), PA= Productividad de agua.

RIEGOS DE AUXILIO	L de agua aplicada (Millón de litros)	Productividad de kg de MS/Ha	PA por KG de MS
1RA	2.5 + 1.5	8937.5[b]	447.5
2RA	2.5+ 1.5+1.5	11234.3[a]	489.5
Diferencia entre tratamientos	1.5	1724.9	42.07

CONCLUSIONES

Esta nueva variedad de cultivo forrajero ha mostrado cualidades de bajos requerimientos de agua, con la siembra de la variedad Forrcart 2020 se reduce el gasto hídrico a 5.5 mm^3 o 4 mm^3 en comparación con los cereales que es de 7mm^3. Es recomendable seguir buscando mejoras de tecnología para su eficiencia de producción en el futuro ya que puede ser una opción rentable para la producción de forraje.

REFERENCIAS

Bertin, O. D., Camarasa, J. N., Barletta, P. F., Mattera, J., Pacente, E., & Beribe, M. J. (2022). Secuencias De Cultivos Anuales Para Forraje Y Pastura Perenne En Suelo Agrícola Degradado. RIA. Revista De Investigaciones Agropecuarias, 48(2), 181-187.

Callejas, J. N., Ortega G. J. A., Domínguez V. J., Rebollar R. S. 2015. La Producción De Becerros En Chihuahua: Un Análisis Económico Marginal. Avances En Investigación Agropecuaria. Universidad De Colima. 19(2): 51-65.

Flemmer, A. C., Franchini, M. C., & Lindström, L. I. (2015). Description Of Safflower (Carthamus Tinctorius) Phenological Growth Stages According To The Extended BBCH Scale. *Annals Of Applied Biology*, *166*(2), 331-339.

García B.E.H., Ochoa E.X.M., Aguilera M.N.A., Montoya C.L., Marroquín M.J.A., Borbón G.A. (2022). Rendimiento Y Composición Nutritiva Del Cártamo Forrajero "Forrcart 2020" En Comparación Con El Cultivo De Avena Forrajera En El Valle Del Yaqui. Memoria Día Del Agricultor 2022.CENEB-CIRNO-INIFAP. P 58-60.

Medina, S. M., Flores, F. A. I., Rivera, M. H. M., López, R. R., & Hernández, J. E. H. (2021). El Destete Precoz De Becerros Y Becerras Castradas Para Exportación Como Una Alternativa Viable En La Ganadería De Sonora. Revista Mexicana De Agronegocios, 49, 89-99.

Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado, L., Reta-Sanchez, D. G., Borbón-Gracia, A., Aguilera-Molina, N. A., Ávila-Casillas, E., ... & Cano-Ríos, P. (2021). FORRCART 2020, Nueva Variedad De Cártamo Forrajero En México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *44*(2), 275-275.

Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A., & Figueroa Viramontes, U. (2017). Secuencias De Cultivo Alternativas Para Incrementar El Potencial Forrajero Y Productividad Del Agua. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 8(4), 397-406.

Yescas, C. P., Segura, C., Martinez, C., Álvarez, R., Montemayor, T., Orozco, V., & Frías, R. (2015). Rendimiento Y Calidad De Maíz Forrajero (Zea Mays L.) Con Diferentes Niveles De Riego Por Goteo Subsuperfcial Y Densidad De Plantas. Phyton (Buenos Aires), 84(2), 272-279.

EVALUACIÓN DE COBERTERAS Y HERBICIDAS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN LA REGIÓN DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Marroquín-Morales José Á.[1]; Tamayo-Esquer Luis M.[1]; Cantúa-Ayala Jesús A.[1]; Parra-Cota Fannie I.[1]; Armenta-Castro Cesar M.[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

marroquin.2272@gmail.com

RESUMEN

La presencia de maleza es uno de los principales factores que afecta el rendimiento, puede llegar a producir pérdidas de hasta 80% en el rendimiento de un cultivo, además de incrementar los costos de producción y disminuir la calidad de productos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de herbicidas orgánicos y coberteras sobre el control de maleza en presiembra de cultivos anuales con el propósito de contribuir al medio ambiente para reducir la dependencia únicamente de herbicidas químicos. El experimento se realizó en el ciclo otoño-invierno en terrenos del CENEB del INIFAP ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron los herbicidas comerciales orgánicos Sec Natural® (BH1), Herbitech® (BH2), Sec Bios® (BH3), Blue Weed® (BH4) y el testigo regional (TR) (Sal isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina). Se evaluó el control a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA), en el caso de las coberteras se evaluó a los 15, 30, 45 y 60 DDA el experimento se realizó mediante un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, el análisis de la información se efectuó mediante FAUANL y la técnica de comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS). Los resultados muestran que la eficacia de los herbicidas orgánicos sobre maleza se manifiesta de manera rápida en dosis altas, ya que desde los 7 días (DDA) a 21 DDA, las dosis 2.0, 4.0 y 6.0 l ha^{-1} expresaron un control del complejo de maleza arriba del 95 %, esto se considera un buen control en la práctica. Por otra parte, las coberteras de película plástica y de paja de trigo registraron valores del 100 % de eficacia por lo que si se presentó diferencia mínima significativa comparado con el resto de los tratamientos(DMS).

Palabras clave: *Herbicidas orgánicos, Efectividad, Cultivos, Daño.*

ABSTRACT

The presence of weeds is one of the main factors that affects yield, it can produce losses of up to 80% in the yield of a crop, in addition to increasing production costs and reducing the quality of products. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of organic and cover herbicides on pre-planting weed control of annual crops with the purpose of contributing to the environment by reducing dependence solely on chemical herbicides. The experiment was carried out in the autumn-winter cycle on the land of the CENEB of INIFAP located in block 910 of Valle del Yaqui, Sonora. The organic commercial herbicides Sec Natural® (BH1), Herbitech® (BH2), Sec Bios® (BH3), Blue Weed® (BH4) and the regional control (TR) (N-(phosphonomethyl)-glycine isopropylamine salt) were evaluated. The control was evaluated at 7, 14 and 21 days after the application (DDA), in the case of the coverts it was evaluated at 15, 30, 45 and 60 DDA, the experiment was carried out by means of a randomized block experimental design with three repetitions, the analysis of the information was carried out by means of FAUANL and the technique of comparison of means by the method of the least significant difference (DMS). The results show that the effectiveness of organic herbicides on weeds manifests itself quickly in high doses, since from 7 days (DAA) to 21 DDA, the doses 2.0, 4.0 and 6.0 l ha-1 expressed a control of the weed complex above 95 % control, this is considered a good control in practice. On the other hand, the plastic film and wheat straw coverts registered values of 100 % efficacy, so there was a minimal significant difference compared to the rest of the treatments (DMS).

Key words: *Organic herbicides, Effectiveness, Crops, Damage.*

INTRODUCCIÓN

La falta de herbicidas autorizados de pre y post emergencia es uno de los principales problemas para la siembra de cultivos, debido a la gran abundancia de malas hierbas, donde se encuentran especies de gran morfología y muy competitivas (Alcántara *et al,* 2017). El control de malezas sin duda es un aspecto importante dentro de la producción de un cultivo, pueden llegar a generar daños muy notables en la productividad, puede haber una reducción de hasta un 30 % en el rendimiento del cultivo debido a la competencia que ocasionan las malezas por agua, luz y nutrimentos (Viera y Escobar, 2015).

Para el manejo de malezas a lo largo del tiempo se han introducido varios herbicidas tanto individualmente como en mezclas que ejercen buena efectividad tanto en pre como en post emergencia temprana en los primeros estadios fenológico de las malezas, tal manejo reduce los problemas de especies anuales hasta el cierre de la plantación (Paredes y Barroso, 2012). La aplicación intensiva de herbicidas químicos es eficaz para controlar una maleza, sin embargo, ello da lugar a varios efectos negativos. Por ejemplo; la evolución de las malas hierbas resistentes efectos residuales, los efectos residuales en los cultivos y la contaminación del medio ambiente (Khan y Ishfaq, 2015)

Durante las últimas décadas se ha logrado identificar nuevas alternativas químicas y biológicas que son menos toxicas para el medio ambiente y el hombre, dentro del control biológico se ha propuesto la utilización de compuestos alelopáticos para la formulación de herbicidas que afecten la germinación, crecimiento y desarrollo de otra planta de diferente especie (Celis *et al.*, 2008). El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de herbicidas orgánicos y coberteras sobre el control de maleza en presiembra de cultivos anuales con el propósito de contribuir al medio ambiente para reducir la dependencia únicamente de herbicidas químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en terrenos del Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias INIFAP ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. En el ciclo O-I 2022-2023. Se evaluaron los herbicidas comerciales orgánicos Sec Natural® (BH1), Herbitech® (BH2), Sec Bios® (BH3), Blue Weed® (BH4) y el testigo regional (TR) (Sal isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina).

El experimento se evaluó mediante un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental quedó conformada por 16 m2 (4x2 m). El área de la parcela útil estuvo compuesta por un cuadro de 0.25 m2 a cuatro repeticiones distribuidas aleatoriamente en la unidad experimental. Se realizó una sola aplicación por cada tratamiento, para la aplicación se usó una mochila aspersora de un aguilón con boquillas de abanico plano 8002 a una distancia de 0.5 m entre cada tratamiento realizándose una calibración para determinar el volumen de agua por unidad experimental. Para los herbicidas orgánicos se utilizaron dosis de 2.0, 4.0 y 6.0 L ha^{-1} para el testigo (2 L ha^{-1}). A todos los tratamientos se le agregó el adherente carfulmin para potencializar el efecto de los herbicidas.

Para el método de evaluación, se identificó y cuantificó la maleza presente antes de la aplicación de los tratamientos y posteriormente se determinó el porcentaje de control en cada unidad experimental; para lo cual, se realizó un muestreo visual a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación (DDA). Para lo cual se utilizó la escala propuesta por la European Weed Research Society (EWRS). El análisis de la información se realizó en el programa FAUANL y se aplicó la técnica de comparación de medias por el método de diferencia mínima significativa (DMS).

Para el control con cultural, se utilizaron dos tipos de coberteras; una a base de acolchado de plástico color plata y la otra a base de gavilla de trigo con un espesor de 15 cm. Para la evaluación de la eficacia de los tratamientos, el control se determinó de manera visual (%) en cada unidad experimental; para lo cual, se realizaron evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación (DDA). Con los datos se realizó un análisis de varianza y su respectiva comparación de medias por el método Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se observa el porcentaje de daño a diferentes dosis, se obtuvo que el tratamiento con mejor resultado fue Sec Natural® (BH1) a dosis más concentrada, (4.0 L ha^{-1}), expresando un 96.6 de control a los 7 DDA, esto se considera un muy buen control en la práctica de acuerdo con (EWRS); Comparado con el Testigo regional podemos observar que en dosis (2.0 L ha^{-1}) expreso un 97 % de control, se observa en el análisis experimental que no hubo diferencia significativa en ambos tratamientos.

Por otra parte, la mayoría de los tratamientos expresaron valores por arriba de 80% de control, en dosis más concentradas (2.0 y 4.0 L ha^{-1}) esto se considera un control suficiente en la práctica (EWRS). Estos resultados coinciden con Tamayo 2021. Donde registro que los herbicidas orgánicos se expresan mejor a mayor concentración, principalmente con alturas de 10 cm. Así mismo Esqueda et al, 2021, determinaron que el herbicida orgánico BH2 (1 L/100 L de agua) podría utilizarse para sustituir al testigo regional hasta 28 DDA. Esta información es de real importancia debió a que en algunos sistemas de producción se mantiene un manejo constante de maleza durante todo el ciclo.

A los 14 DDA se observa que, la mayoría de los tratamientos obtuvieron un control 94 %, esto indica que los herbicidas orgánicos trabajan de manera lenta, incrementando su acción al paso de los días; El TR se comportó de manera similar a los tratamientos de los BH; no se encontró diferencia entre los tratamientos evaluados a los 14 DDA.

En el caso de los 21 DDA la mayoría de los tratamientos evaluados presentaron daño por arriba de 94% por lo que se considera un buen control sobre el daño a maleza, únicamente los tratamientos (BH1) 6.0 L ha^{-1} y (BH4) 2.0 L ha^{-1} expresaron desde los 7 hasta los 21 DDA un control regular y pobre en la práctica.

Cuadro 1. Efecto y control de herbicidas a diferentes dosis e ingredientes activos, para el control de maleza.

	Porcentaje de control		
Tratamiento	**7dda**	**14dda**	**21dda**
Herbicida orgánico 1 (BH1)* 2.0 L ha^{-1}	87.6bc	96.6a	97.0a
Herbicida orgánico 1 (BH1) 4.0 L ha^{-1}	96.6a	97.0a	96.3a
Herbicida orgánico 1 (BH1) 6.0 L ha^{-1}	68.35e	75.6b	76.3b
Herbicida orgánico 2 (BH2)** 2.0 L ha^{-1}	48.0f	95.6a	96.6a
Herbicida orgánico 2 (BH2) 4.0 L ha^{-1}	88.3bc	96.0a	94.3a
Herbicida orgánico 2 (BH2) 6.0 L ha^{-1}	90.6ab	96.6a	97a
Herbicida orgánico 3 (BH3)*** 2.0 L ha^{-1}	90.0abc	96.6a	96.6a
Herbicida orgánico 3 (BH3) 4.0 L ha^{-1}	90.6ab	96.6a	97a
Herbicida orgánico 3 (BH3) 6.0 L ha^{-1}	78.0d	96.3a	95.6a
Herbicida orgánico 4 (BH4)**** 2.0 L ha^{-1}	28.0g	63.0c	67.6c
Herbicida orgánico 4 (BH4) 4.0 L ha^{-1}	83.3cd	95.6a	96.6a
Herbicida orgánico 4 (BH4) 6.0 L ha^{-1}	92.3ab	96.3a	95.6a
Testigo regional (TR)	97a	97.5a	97.0a
CV	6	6.3	5.43
DMS ($p < 0.05$)	6.9	2.9	2.7

(BH1) *: Sec Natural; (BH2) **: Herbitech; (BH3) ***: Sec Bios; (BH4) ****: Blue Weed; TR: Testigo regional; dda= Días después de la aplicación; DMS = diferencia mínima significativa Tukey ($p < 0.05$);

El tratamiento (BH4) en dosis de 2.0 L ha^{-1} se expresó con los valores más bajos, a los 7 DDA alcanzando un 28 % de control en malezas, el cual se considera un control muy pobre, sin embargo, durante el proceso de evaluación (14 y 21 DDA) el daño se elevó hasta alcanzar un 63 y 67 respectivamente como se muestra en el cuadro 1. El control de maleza con herbicidas orgánicos a dosis altas presenta un muy buen control, aunque los resultados se expresan mejor a los 14 DDA, sin embargo, estos tienen un valor agregado muy importante hoy en día, ya que tienen la necesidad de resolver problemas ambientales. El modo de acción es lento y requiere de mucha paciencia (Díaz, 2015). Mediante herbicidas

orgánicos a dosis de (1.0 y 1.5 %), expresan un buen control (80 a 96%) de acuerdo con lo encontrado por Patishtan et al., (2022). Hernández et al., 2021 reportaron que para C. arvensis, durante sus ensayos tuvieron un control de muy pobre a regular (20 a 79.5%) con dosis bajas de (50, 75%). Por otra parte, Tamayo et al., (2021), reportaron que a los 7 DDA en C. arvensis, con dosis de 1.5 y 2.0 L ha-1 de herbicidas orgánicos pueden igualar al testigo en el porcentaje de control.

Para el control cultural en el cuadro 2 se observa 100% de eficacia con la cobertera de película plástica y con paja de trigo, desde los 15 hasta los 60 días de su establecimiento; en el caso del testigo regional registra un control de 87% a los 15 DDA, incrementando a los 30, 45 y 60 DDA con 91, 94 y 97% respetivamente. Estos datos obtenidos indican que cualquiera de las dos coberteras mantiene un buen control para el complejo de poblaciones de maleza, sin embargo, el testigo regional mostro un buen control en todas las etapas de evaluación.

Cuadro 2. Control de maleza como resultado de coberteras evaluadas en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Descripción de tratamiento	Porcentaje de control de maleza			
	15dda	30dda	45dda	60dda
1.Cobertera de plástico	100 a	100 a	100 a	100 a
2.Cobertera de paja de trigo	100 a	100 a	100 a	100 a
3.Testigo regional (TR)	87 b	91 b	94 b	97 b
4.Testigo sin aplicación	0 c	0 c	0 c	0 c
CV=	7.6	6.3	5.43	x
DMS ($p < 0.05$)	7.2	5.28	4.22	x

DMS = diferencia mínima significativa ($p < 0.05$); CV = Coeficiente de variación; TSR: Testigo regional; dda: Días después de la aplicación.

CONCLUSIONES

Los herbicidas orgánicos se expresan de manera aletargada a los 7 DDA, sin embargo, durante el proceso de evaluación el porcentaje de daño a maleza anuales se elevó a los 14 y 21 DDA, por ello se requiere por lo menos 2 L ha^{-1}, obteniendo un muy buen control en la práctica. El testigo regional se comportó de manera similar a los herbicidas orgánicos, pues estos no difieren significativamente al presentar resultados. Con

respecto a las coberteras la cubierta plástica y la paja de trigo mantienen un control absoluto de maleza desde los 15 a 60 DDA (100%); para el complejo de poblaciones de maleza. Asimismo, el testigo regional expreso un buen control en la mayoría de etapas de evaluación.

REFERENCIAS

Alcántara, C., Pedraza, V., Saavedra, M., Castilla, A., Perea, F. (2017). Evaluación de la eficacia y fitotoxicidad de herbicidas de post-emergencia en habas. Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña, 2017. 309

Celis A; Mendoza C; Pachon M; Cardona J; Delgados W; Cuca L. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Agronomía Colombiana 26: 97-106

Díaz Ramírez A. (2015). Potencial de manejo post-emergente de malezas con alternativas de extractos vegetales. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 19-20.

Esqueda E., V. A.; Enríquez Quiroz, J. F.; C. Matilde Hernández y U. A. Díaz zorrilla. 2021. Alternativas al glifosato para el control de malezas en Limón Persa. XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza.23-25 noviembre de 2021. México Pp 228-234.

Hernández, M. R.; Rosales, R. E.; Espinoza, R. M.; Cisneros, L. M. E. (2021). Efectividad de herbicidas alternativos a glifosato en el control de maleza en el norte de Tamaulipas. P.259-265. In: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2021.

Patishtan J.; Cisneros, M.E.; Espinosa, M.; Felipe, M.; Pérez, V.H. (2022). Control de maleza con herbicidas orgánicos alternativos al glifosato en la huasteca de san Luis potosí. P.51-57. In: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2022.

EVALUACION DE COMPONENTES DE FRUTO EN NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA

Jesús Arturo Samaniego-Russo1*, Rosario Angélica Salcido-Santillán1

INIFAP-Campo Experimental Norman E. Borlaug, Correo electrónico: Correo: asrusso1@gmail.com

RESUMEN

Los cítricos, en especial, el naranjo y los limoneros, son considerados como los frutales más importantes en el mundo. Su cultivo y consumo se realiza por igual en los cinco continentes, siendo explotados en forma comercial en prácticamente todos los países donde las condiciones de clima les permiten prosperar (Agustí, 2003). El mercado agroalimentario demanda cada vez con mayor fuerza productos de calidad, por lo que es de suma importancia la determinación de ésta a nivel industrial (Kays, 1991). Uno de los objetivos centrales en la producción mundial de cítricos es obtener fruta de alta calidad. El objetivo de éste trabajo fue evaluar cuatro componentes de fruto en naranja temprana en el Sur de Sonora. El presente estudio se desarrolló en el área de influencia del Sitio Experimental del Valle del Mayo, durante el año 2022, En la huerta propiedad del agricultor cooperante Cristóbal Campos Blanco, se plantó el mes de marzo del 2006 (edad de la huerta 16 años). Las variedades de naranja temprana evaluadas son; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana Y Hamlin. Las variables analizadas estadísticamente fueron: Diámetro polar, diámetro ecuatorial, porcentaje de jugo y frutos por planta. Al realizar el análisis de varianza indica una diferencia significativa entre las variedades evaluadas, en diámetro polar se observa que son superiores, e iguales estadísticamente entre ellas Trovita, Salustiana y Marrs con diámetro polar de fruto de 72.3, 71.6 y 70.4 mm respectivamente, en diámetro ecuatorial son superiores e iguales estadísticamente Trovita y Marrs con 70.4 y 70 mm; el porcentaje de jugo por fruto, los valores oscilaron entre el 39.7 al 43.9 %, con Marrs y Hamlin/ V, no se encontró diferencia estadística significativa en esta variable, los frutos por planta, fueron mayor estadísticamente en Trovita, con un valor de 605 frutos por planta.

Palabras clave: naranja, componentes, fruto.

ABSTRAC

Citrus, especially orange and lemon trees, are considered the most important fruit trees in the world. Its cultivation and consumption is carried out equally on the five continents, being commercially exploited in practically all countries where climatic conditions allow them to prosper (Agustí, 2003). The agri-food market increasingly demands quality products, which is why it is extremely important to determine this at an industrial level (Kays, 1991). One of the central objectives in world citrus production is to obtain high-quality fruit. The objective of this work was to evaluate four fruit components in early orange in southern Sonora. The present study was carried out in the area of influence of the Valle del Mayo Experimental Site, during the year 2022. In the orchard owned by the cooperating farmer Cristóbal Campos Blanco, the month of March 2006 (age of the orchard 16 years) was planted. . The early orange varieties evaluated are; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana and Hamlin. The variables statistically analyzed were: polar diameter, equatorial diameter, percentage of juice and fruits per plant. When carrying out the analysis of variance, it indicates a significant difference between the evaluated varieties, in polar diameter it is observed that they are superior, and statistically equal among them Trovita, Salustiana and Marrs with polar fruit diameter of 72.3, 71.6 and 70.4 mm respectively, in diameter equatorial are statistically superior and equal to Trovita and Marrs with 70.4 and 70 mm; the percentage of juice per fruit, the values ranged from 39.7 to 43.9 %, with Marrs and Hamlin/V, no significant statistical difference was found in this variable, the fruits per plant were statistically higher in Trovita, with a value of 605 fruits per plant.

Keywords: Orange, components, fruit.

INTRODUCCION

En México, la producción y comercialización de los cítricos representa un referente atractivo, tanto para el mercado interno como para los mercados de exportación (Maya, 2017). Se cultiva por sus frutos, de agradable sabor y sin semillas, que se consumen preferentemente en fresco, aunque también se comercializan como IV Gama y en forma de zumo (concentrado, fresco, pasteurizado, etc), mermeladas o jaleas. En este sentido, el tamaño es uno de los parámetros de mayor incidencia en la determinación de su valor comercial. (Guardiola et al., 1987; Agustí et al., 1994; Agustí el al., 1995; Guardiola, 1997). La reconversión productiva en el sur de Sonora se inició con la plantación de frutales como

cítricos y últimamente nogal con una superficie de 4, 500 ha aproximadamente, en la actualidad surge de nuevo la inquietud de los productores por plantar especies de cítricos.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se ubica En la huerta propiedad del agricultor cooperante Cristóbal Campos Blanco, son 5 ha y se encuentra ubicada en el poblado Sahuaral, Etchojoa, al sur de Sonora, el clima fue clasificado como muy seco o desértico, muy cálido. Con un suelo migajón – arenoso, el contenido de materia orgánica oscila de 0.75-0.90 %. La huerta se estableció el mes de marzo del 2006 (edad de la huerta 16 años).El arreglo de plantación es de 8 x 4 m de separación entre plantas establecidas bajo riego por micro aspersión.

Las diferentes combinaciones Variedad-Portainjerto, se plantaron en Campo, utilizando 5 plantas por cada material; el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cinco repeticiones. Se tomaron los datos de las variables analizadas, y la separación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey al 5 %. Las variedades de naranja temprana son; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana y Hamlin. Las variables evaluadas fueron: Número de frutos abortados, peso de fruto y porcentaje total de pérdida. El monitoreo y control de plagas y enfermedades que se presentaron fueron controladas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

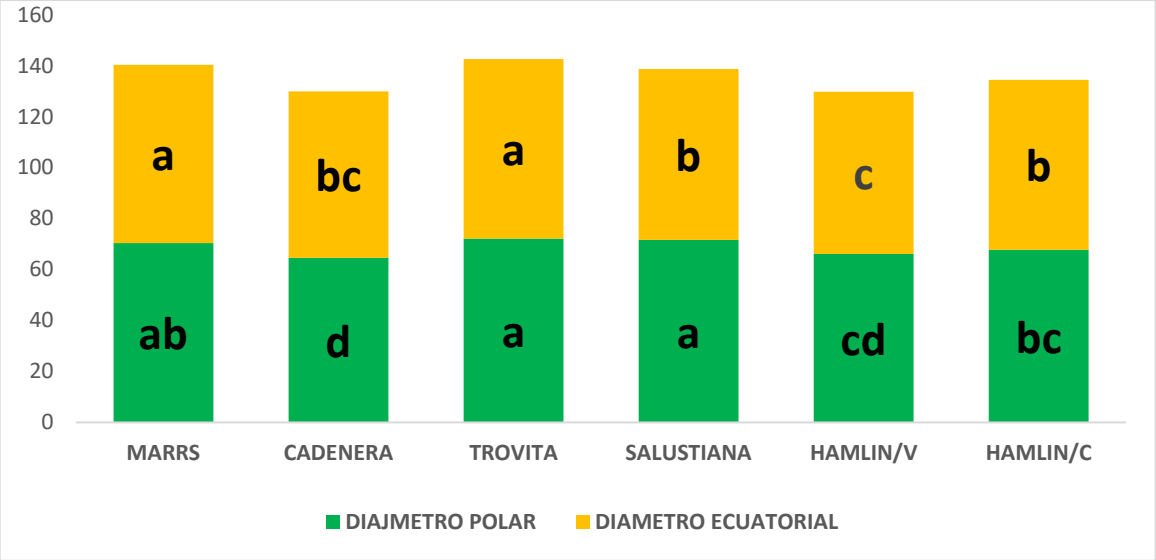
Los resultados de las variables evaluadas se muestran a continuación:

DIÁMETRO POLAR DE FRUTO

El análisis de estadístico para ésta variable indica una diferencia significativa entre las variedades evaluadas, al realizar la separación de medias mediante prueba de Tukey 0.05, se observa que son superiores, e iguales estadísticamente entre ellas Trovita, Salustiana y Marrs con diámetro polar de fruto de 72.3, 71.6 y 70.4 mm respectivamente, superiores a Hamlin/C con 67.6 y ésta a la vez igual estadísticamente a Hamlin/V con 66.1 y esta a su vez igual a Cadenera con 64.6 mm. (Fig. 1). Lo anterior no coincide con los resultados obtenidos en la Huasteca en 2003, donde se obtuvieron valores superiores para Hamlin y Marrs, que los obtenidos en la región.

DIÁMETRO ECUATORIAL DE FRUTO

Para ésta variable se indica una diferencia significativa, y al realizar la separación de medias, se observó que son superiores e iguales estadísticamente Trovita y Marrs con 70.4 y 70 mm, seguidas por Salustiana y Hamlin/C con de 67 y 66.8 mm con igualdad estadística, por ultimo e iguales estadísticamente se encuentra la variedad Cadenera y Hamlin/V con



65.3 y 63.7 mm (Fig. 1).

Fig. 1. DIAMETRO POLAR Y ECUATORIAL DE FRUTO (mm) DE SEIS VARIEDADES DE NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA 2022.

PORCENTAJE DE JUGO

Al realizar el análisis de varianza para esta variable encontramos que no existe diferencia significativa entre las variedades evaluadas, (Fig. 2)

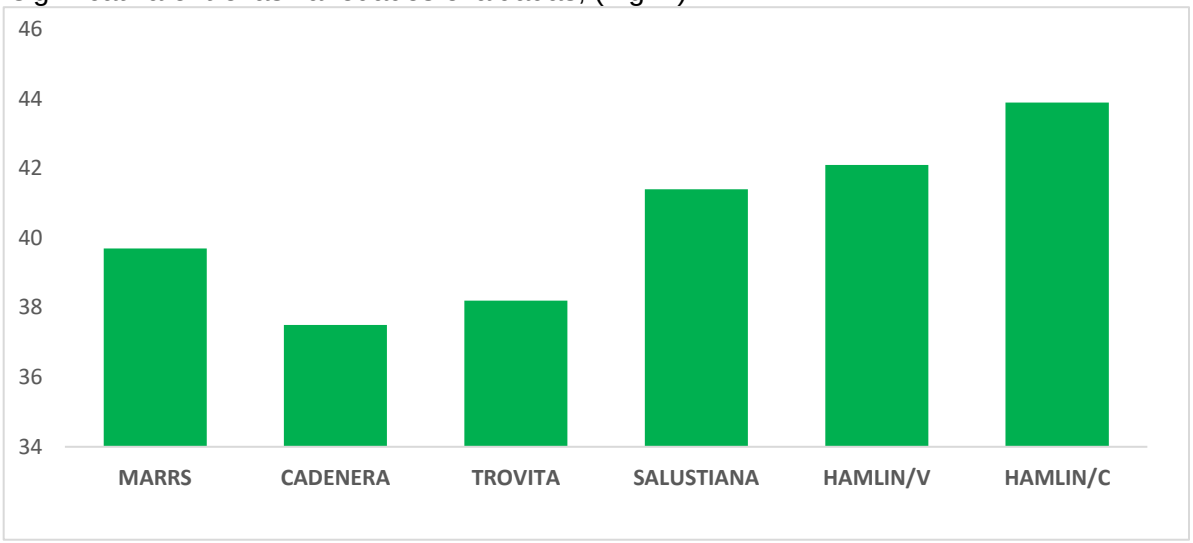


FIG. 2. PORCENTAJE DE JUGO DE SEIS VARIEDADES NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA 2022.

FRUTOS POR PLANTA

El análisis estadístico para ésta variable muestra una diferencia significativa entre las variedades evaluadas, al efectuar la separación de medias se observa que es superior Trovita con 605 frutos por árbol, seguida estadísticamente por Salustiana, Marrs, Cadenera y Hamlin/V con 510, 332, 288 y 216 por último Hamlin/C con 59 frutos por árbol (Fig. 3).

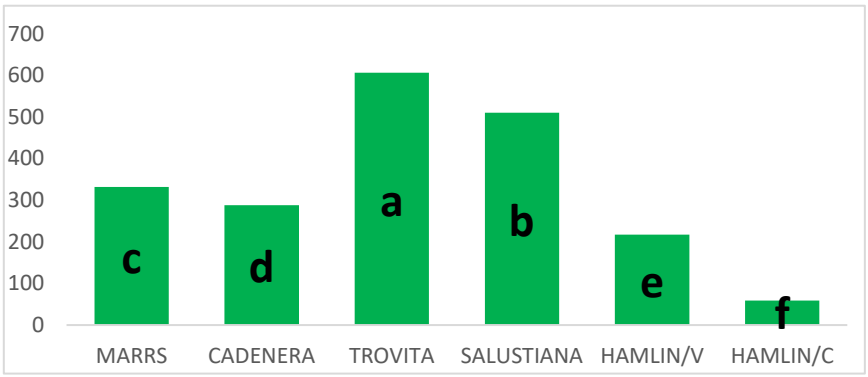


Fig.3.FRUTOS POR PLANTA DE SEIS VARIEDADES NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA 2022.

CONCLUSIONES

Las variedades de mayor tamaño fueron Trovita y Marrs, con menor tamaño de fruto Cadenera y Hamlin/V, con mayor porcentaje de jugo encontramos la variedad Hamlin/C, con menor Cadenera y por ultimo con mayor cantidad de frutos por planta tenemos la variedad Trovita y con menor la variedad Hamlin/C.

REFERENCIAS

AGUSTÍ, M. (2003). Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona. 2ª Ed. Págs: 19-22, 89-101, 162-163, 171-173.

KAYS, S. J. (1991). Postharvest physiology of perishable plant products. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York. Pág: 30.

Maya, C. J. 2017. "Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa". México y la cuenca del pacífico. Vol. 6, no. 16, enero-abril, pp. 107-142. (https://doi.org/10.32870/mycp.v6i16.523)

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE FRESA EN CONDICIONES PROPTEGIDAS EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes[1]*, Luis Humberto Maciel Pérez[1], Arturo Cruz Vázquez[1], Luis Martín Macías Valdez[1], Erick Baltazar Brenes[2] y José Carlos Monárrez González[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Pabellón. [2]INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.

[3]INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana.

*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El potencial de productivo de fresas es un aspecto de gran importancia para el gobierno del estado de Aguascalientes, debido a que las fresas tienen una alta rentabilidad y el retorno de la inversión se inicia durarte el primeros seis meses después de plantación. Por esta razón en esta investigación se planteó como objetivo evaluar dos variedades contrastantes de fresa (*Fragaria* sp.) en condiciones protegidas y con ello disponer de información agronómica para la toma de decisiones dentro de este cultivo. La investigación se desarrolló en el Campo Experimental Pabellón en el área de agricultura protegida donde se establecieron las variedades de fresa, Monterrey y San Andreas, durante septiembre del año 2018 y la evaluación de la cosecha se realizó durante primavera, verano y otoño del año 2019. Los resultados indican que es posible cosechar fresa en cantidad y en calidad de ambas variedades durante todo el año. La variedad San Andreas superó de manera consistente a la variedad Monterrey en cuanto al número de frutos y a la producción comercial por metro cuadrado. La variedad Monterey presentó su mayor rendimiento durante febrero, marzo y abril, cuando la oferta del mercado nacional e internacional es baja.

Palabras clave: *Fragaria* sp, agricultura protegida, frutillas.

ABSTRACT

The productive potential of strawberries is an aspect of great importance for the government of the state of Aguascalientes, because strawberries have a high profitability and the return on investment begins during the first six months after planting. For this reason, in this research, the objective was to evaluate two contrasting varieties of strawberry (Fragaria sp.) in protected conditions and thus have agronomic information for decision-making within this crop. The research was carried out in the Pabellón Experimental Field in the protected agriculture area where the strawberry varieties, Monterrey and San Andreas were established, during September 2018 and the harvest evaluation was carried out during spring, summer and autumn of 2019. The results indicate that it is possible to harvest strawberries in quantity and quality of both varieties throughout the year. The San Andreas variety consistently outperformed the Monterrey variety in terms of number of fruits and commercial

production per square meter. The Monterey variety presented its highest performance during February, March and April, when the supply in the national and international markets is low.
Key words: *Fragaria* sp, protected agriculture, berries.

INTRODUCCIÓN

México ocupa la octava posición en la producción mundial de fresa (FAO, 2021). En nuestro país, los principales estados productores de fresa a nivel nacional son Michoacán, Baja California, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, entre otros (SIAP, 2023). De manera oficial, el cultivo de fresa en Aguascalientes se inició con seis hectáreas durante el año 2011 (SIAP, 2023). Actualmente, la producción de fresas en el estado de Aguascalientes sigue creciendo exponencialmente desde que se introdujo el cultivo en el estado, como parte de las políticas de reconversión productiva impulsadas por el gobierno federal y estatal.

En el cultivo de fresa, la selección de la variedad apropiada es muy importante, ya que la variedad determina el rendimiento y la calidad; también, la variedad delimita la época de cosecha y las prácticas de manejo de plagas. Las variedades de fresa se clasifican en variedades de día corto y de día neutro. Las variedades de día corto florecen en primavera y empiezan a producir fruta en esta época. Por su parte, las variedades de día neutro son insensibles a la longitud del día y producen fruta en la temporada en que las temperaturas bajan de noche a 15.5 °C. También, es importante considerar las características del fruto de la variedad para el mercado de destino (Santoyo y Martínez, 2008).

Actualmente, el gobierno de Aguascalientes busca impulsar la reconversión de cultivos y una de las opciones que tienen los productores hidrocálidos son las berries o frutillas como el arándano y la fresa. Sin embargo, hasta ahora se tienen poca información sobre el comportamiento del cultivo de la fresa en Aguascalientes. Por esta razón en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP se evaluaron dos variedades contrastantes de fresa en condiciones protegidas para disponer de información para la toma de decisiones.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental Pabellón, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado entre 22º 09’ LN y 102º 16’ LO, y una altitud de 1,920 m. El clima es semiseco, templado, con una temperatura media de 19.9 °C. Este lugar cuenta con un clima predominante es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina *et al*., 2006).

En esta investigación se evaluaron dos variedades contrastantes de fresa, Monterrey y San Andreas, que se establecieron en condiciones de macrotunel en la primera semana de septiembre de 2018. La variedad Monterrey es una planta fuerte y robusta, produce frutos rojos brillantes y con forma cónica perfecta. El fruto es placenteramente dulce y esta variedad tiene buen desarrollo y alto

potencial de rendimiento. La variedad San Andreas produce plantas un poco más grandes que la variedad Albión y presenta frutos de color rojo más claro que los frutos de Albión. También, esta variedad presenta un rendimiento muy alto, más que la variedad Monterrey (Bolda y Dara, 2015).

El macrotunel tenía 4.5 metros de alto, 6.0 metros de ancho, 50 metros de largo y plástico opaco calibre 600. El suelo tiene una textura franca arcillo arenoso con densidad aparente de 1.33, contenido de materia orgánica de 1.43%, pH de 8.47, conductividad eléctrica de 0.44 dS/m y menos del 5% de sodio intercambiable. Derivado del análisis de suelo de aplicó composta a razón de cinco toneladas por hectárea para mejorar la fertilidad y la actividad microbiológica.

La plantación de ambas variedades de fresa se hizo con plantas activas con cepellón de tres meses de edad y propagas por estolón. Las plantas se establecieron a una distancia entre líneas o bordos de 1.2 metros, distancia entre plantas de 0.3 m y a doble hilera. En cada línea o bordo con plantas de fresa se instalaron dos líneas de cintilla calibre 6 mil con distancia entre goteros de 20 cm y con gasto de 0.5 lph. El criterio de riego consistió en aplicar el 50% de la evaporación medida en un bote que se simuló un tanque tipa A dentro del túnel.

La fertilización se realizó de acuerdo con los requerimientos nutrimentales de la especie, las aportaciones nutrimentales del agua y del suelo, así como la eficiencia en la aplicación. Para ello se aplicó la dosis de 280-80-30-20-20-30 unidades de N, P2O5, K20, CaO, MgO y S.

El control de maleza se hizo de manera manual con la ayuda de azadón, en cuatro ocasiones por año; mientras que el control de plagas y de enfermedades se desarrolló como se requirió.

Otras prácticas fueron la poda de hojas y estolones, para ello se podaron todas las hojas viejas y el exceso de estolones.

En el momento de la cosecha durante el año 2019, se registró el rendimiento y sus componentes. Para determinar la calidad, los frutos se clasificaron en comerciales y no comerciales con base en tamaño, color y deformaciones.

Los resultados obtenidos se analizaron para contrastar las variedades mediante la prueba de t de student en un arreglo de parcelas apareadas, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y componentes

El rendimiento y sus componentes en las variedades de fresa consideran el número de frutos cosechados (comerciales y no comerciales) y el peso del fruto acumulado; así como el rendimiento comercial y no comercial. En cuanto al número de frutos acumulados por parcela, la variedad San Andreas produjo mayor ($P \geq 0.05$) número de frutos totales, frutos comerciales y frutos no comerciales que la variedad Monterrey. La variedad San Andreas produjo más de 26% de frutos no

comerciales (Cuadro 1), ello sugiere que la variedad Monterey produce frutos de mayor tamaño y mejor calidad.

Cuadro 1. Número de frutos acumulados en fresa San Andreas y Monterrey.

Variedad	Número de frutos acumulados/m2		
	Frutos totales	Frutos comerciales	Frutos no comerciales
Monterrey	323.38	198.77	124.27
San Andreas	444.90	243.65	199.82
T (Probabilidad)	0.000001	0.000293	0.000000

En producción total y producción no comercial acumulada no hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades. No obstante, la producción comercial resultó mayor para la variedad San Andreas en más de 11% en comparación con la variedad Monterrey (Cuadro 2). Con estos resultados preliminares se puede decir que la variedad San Andreas mostró mayor potencial de rendimiento que la variedad Monterrey. La producción comercial fue de 3.11 kg/m2 (31,100 kg/ha) y 3.51 kg/m2 (35,100 kg/ha) para el año 2019 en las variedades Monterrey y San Andreas, respectivamente.

Cuadro 2. Producción acumulada de fruto en fresa Monterrey y San Andreas.

Variedad	Producción acumulada (kg/m2)		
	Total	Comercial	No comercial
Monterey	4.41	3.11	1.39
San Andreas	4.70	3.51	1.20
T (Probabilidad)	0.552727	0.032816	0.731912

Rendimiento acumulado anual de fresa

Con base en la distribución estacional del rendimiento comercial las variedades tuvieron un comportamiento diferenciado, ya que la variedad Monterey presentó su mayor rendimiento en los meses de febrero a abril (producción de primavera), mientras que la variedad San Andreas en los meses de noviembre y diciembre (producción de otoño); lo anterior, a pesar de que ambas variedades mostraron un comportamiento similar en producción de yemas florales y frutos. La producción anual fue de 35,136 y 30,933 kg/ha para las variedades San Andreas y Monterey respectivamente, este rendimiento espacial diferenciado permite al productor una mejor posibilidad de precio de mercado.

CONCLUSIONES

La variedad de fresa San Andreas superó a la variedad Moterrery en el número de frutos comerciales, no comerciales y totales por superficie.

La variedad San Andreas produjo mayor producción comercial acumulada por superficie que la variedad Monterrey.

La variedad Monterey produce su mayor rendimiento entre febrero y abril, cuando la oferta del mercado nacional e internacional es baja.

REFERENCIAS

Bolda Mark y S. Dara. 2015. Manual de producción de fresa para los agricultores de la Costa Central. Segunda edición en español. Estado de California, EE UU. 80 pp.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. FaoStat. Cultivos y productos de ganadería. *In*: www.fao.org/faostat/es/#data/QCL. Consultado en línea el 15 de julio de 2023.

Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.

SAGARPA. 2017. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257076/Potencial-Frutas_del_Bosque.pdf.

Santoyo, J. J. A. y C. O. Martínez A. 2008. Paquete tecnológico para la producción de fresa. SAGARPA. Gobierno del estado de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa. 21 pp.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado en línea el 05 de agosto de 2023.

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ZARZAMORA EN CONDICIONES PROPTEGIDAS EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes[1]*, Luis Humberto Maciel Pérez[1], Arturo Cruz Vázquez[1], Luis Martín Macías Valdez[1], Erick Baltazar Brenes[2] y José Carlos Monárrez González[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Pabellón. [2]INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.

[3]INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana.

*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El potencial de productivo de frutillas es un aspecto de gran importancia para el gobierno del estado de Aguascalientes, debido a que las berries tienen una alta rentabilidad y el retorno de la inversión se inicia durarte el primero o segundo año después de plantación. Por esta razón en esta investigación se planteó como objetivo evaluar dos variedades contrastantes de zarzamora (*Rubus* sp.) en condiciones protegidas para disponer de información agronómica para la toma de decisiones. La investigación se desarrolló en el Campo Experimental Pabellón en el área de agricultura protegida donde se establecieron dos variedades de zarzamora durante el año 2018 y la evaluación de la cosecha se realizó durante primavera y verano del año 2020. Los resultados indican que es posible cosechar zarzamora en cantidad y en calidad de ambas variedades durante los meses de mayo, junio y julio. Finalmente, la variedad Kiowa superó de manera consistente a la variedad Tupi en cuanto al número de frutos y a la producción por metro cuadrado.

Palabra clave: *Rubus* sp, agricultura protegida, frutillas.

ABSTRACT

The productive potential of berries is an aspect of great importance for the government of the state of Aguascalientes, because the berries have a high profitability and the return on investment begins during the first or second year after planting. For this reason, in this research the objective was to evaluate two contrasting varieties of blackberry (*Rubus* sp.) under protected conditions to have agronomic information for decision making. The research was carried out in the Pabellón Experimental Field in the protected agriculture area where two blackberry varieties were established during 2018 and the harvest evaluation was carried out during spring and summer of 2020. The results indicate that it is possible to harvest blackberries in quantity and quality of both varieties during the months of May, June and July. Finally, the Kiowa variety consistently outperformed the Tupi variety in terms of the number of fruits and production per square meter.

Key words: *Rubus* sp, protected agriculture, berries.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con gran potencial productivo de frutillas o berries. En los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas se tienen cerca de cuatro millones de hectáreas con buen potencial para el cultivo de berrries (SAGARPA, 2017). Este potencial productivo llevó al gobierno a impulsar a la creación y la tecnificación de dichos cultivos con técnicas como la incorporación de riego por goteo, la construcción de invernaderos y la adopción de agricultura protegida con el fin de incrementar la productividad de las berres mexicanos (Nieves *et al*., 2011).

La república mexicana ha sido exitosa a nivel mundial en la producción de zarzamora debido, además algunos factores como clima y suelo, ya que se ha logrado producir fruta fuera de temporada, donde algunos países no pueden producir. Esto ha sido gracias a las variedades adaptadas y al manejo que se ha realizado para adelantar la temporada de cosecha, conocido como producción forzada. En México existen explotaciones comerciales con cultivares de bajo requerimiento de frío como 'Brazos', 'Tupy' y 'Kiowa', aunque también se mencionan 'Comanche' y 'Cherokee'. Los requerimientos de frío de las diferentes variedades cultivadas en nuestro país varían desde 150 hasta 600 horas frío por debajo de los 7 °C (Muratalla-Lúa *et al*., 2013).

El gobierno de Aguascalientes busca impulsar la reconversión de cultivos y una de las opciones que tienen los productores hidrocálidos para hacerlo son las berries como la zarzamora, el arándano y la fresa. Sin embargo, hasta ahora se carece de información sobre el comportamiento del cultivo de la zarzamora en Aguascalientes. Por esta razón en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP se evaluaron dos variedades contrastantes de zarzamora en condiciones protegidas para disponer de información para la toma de decisiones.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se estableció en el Campo Experimental Pabellón, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado entre 22º 09' LN y 102º 16' LO, y una altitud de 1,920 m. El clima es semiseco, templado, con una temperatura media de 19.9 °C. El clima predominante es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina *et al*., 2006).

En esta investigación se evaluaron dos variedades de zarzamora, Kiowa y Tupi, que se establecieron en octubre de 2018 en condiciones de macrotunel. La variedad Kiowa es una planta espinosa, presenta tallos de crecimiento erectos y liberada en Arkansas, EEUU.; en cambio, Tupi es una planta espinosa, con crecimiento de tallos semierectos que se desarrolló en Brasil y es la zarzamora comercial más común cultivar en México (Andersen, 2020).

El macrotunel tenía 4.5 metros de alto, 6.0 metros de ancho, 50 metros de largo y plástico opaco calibre 600. El suelo tiene una textura franca arcillo arenoso con densidad aparente de 1.33, contenido de materia orgánica de 1.43%, pH de 8.47, conductividad eléctrica de 0.44 dS/m y menos

del 5% de sodio intercambiable. Derivado del análisis de suelo de aplicó composta a razón de cinco toneladas por hectárea para mejorar la fertilidad y la actividad microbiológica.

La plantación de ambas variedades de zarzamora se hizo con plantas en bolsa de seis meses de edad y propagas por estacas de raíz. Las plantas se establecieron a una distancia entre líneas de dos metros, distancia entre plantas de 1.0 m y a doble hilera. En cada línea o bordo con plantas de zarzamora se instalaron dos líneas de cintilla calibre 6 mil con distancia entre goteros de 20 cm y con gasto de 0.5 lph. El criterio de riego consistió en aplicar el 40% de la evaporación medida en un bote que se simuló un tanque tipa A dentro del túnel.

La fertilización se realizó de acuerdo con los requerimientos nutrimentales de la especie, las aportaciones nutrimentales del agua y del suelo, así como la eficiencia en la aplicación. Para ello se aplicó la dosis de 120-30-40-50-30-20 unidades de N, P2O5, K20, CaO, MgO y S.

El control de maleza se hizo de manera manual con la ayuda de azadón, en cuatro ocasiones por año; mientras que el control de plagas y de enfermedades se desarrolló como se requirió.

Otras prácticas fueron la poda y tutoreo, para ello se podaron todas las plantas a nivel del suelo para arrancar el ciclo en el mes de febrero del año 2019 y el tutoreo se instaló para conducir las plantas desde el suelo el sistema de espaldera de brotes verticales. Durante febrero del año 2020 se realizó una poda de despunte para ralear las ramas y acomodar los tallos en el sistema de espaldera antes mencionado.

En el momento de la cosecha durante el año 2020, se registró el rendimiento y sus componentes. Para determinar la calidad, los frutos se clasificaron en comerciales y no comerciales con base en tamaño, color y deformaciones.

Los resultados obtenidos se analizaron para contrastar las variedades mediante la prueba de t de student en un arreglo de parcelas apareadas, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El potencial de productivo de berries es un aspecto de gran importancia para el gobierno del estado de Aguascalientes, debido a que las berries tienen una alta rentabilidad y el retorno de la inversión se inicia durarte el primero o segundo. En esta investigación se presenta el resultado del manejo agronómico de dos variedades comerciales de zarzamora en condiciones de agricultura protegida en el estado de Aguascalientes durante dos años consecutivos. Como se mencionó anteriormente, las frutillas presentan un retorno de la inversión relativamente rápido: en el caso particular de la zarzamora, la cosecha comercial se inició prácticamente a los 18 meses después de la plantación de ambas variedades (Figura 1 y Figura 2).

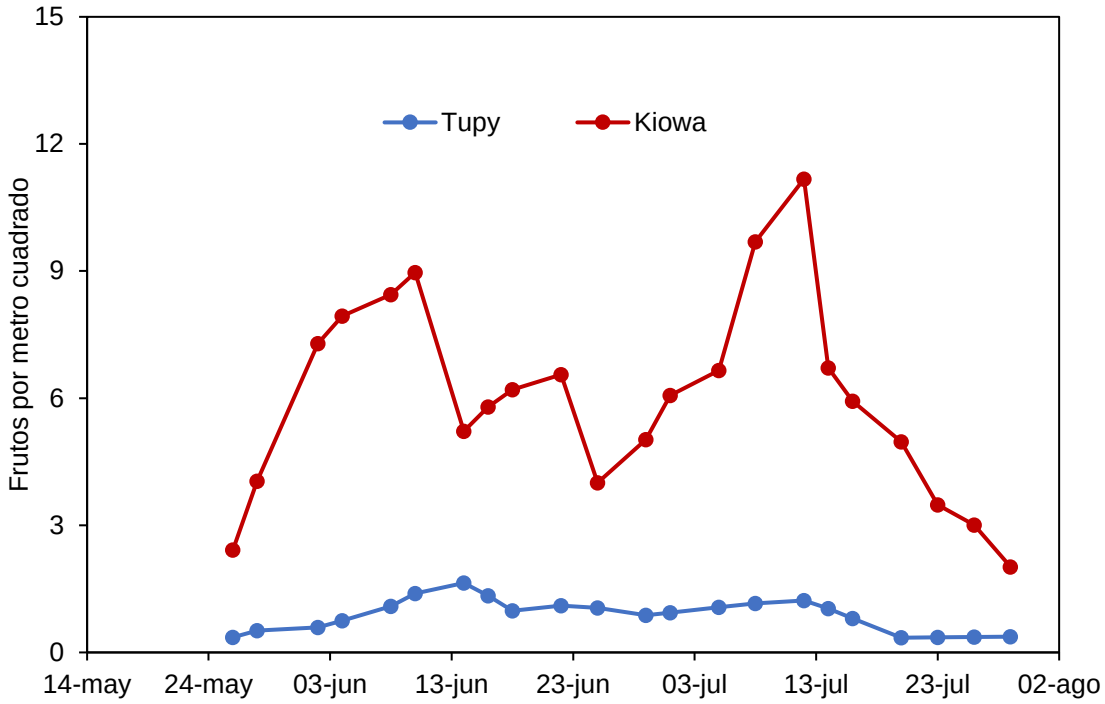


Figura 1. Número de frutos comerciales por metro cuadrado en dos variedades de zarzamora.

En climas templados y semiáridos la cosecha normal de la zarzamora ocurre durante los meses de mayo y de junio, sobretodo en condiciones de producción al aire libre (Galindo-Reyes *et al*., 2004). En esta investigación la cosecha se inició después de mediados de mayo y se prolongó hasta finales de julio en ambas variedades (Figuras 1 y 2); es decir, la cosecha en condiciones protegidas se extendió prácticamente por tres meses, un mes más que en condiciones de campo libre. Este comportamiento de ampliación de periodo de cosecha en condiciones de macrotunel puede ser ventajoso porque se puede incrementar el rendimiento y aprovechar mejores precios.

La dinámica de producción de fruto (frutos por metro cuadrado) de la zarzamora en condiciones protegidas en las dos variedades evaluadas presentó un comportamiento muy similar en cuanto a tiempo; ambas variedades mostraron dos picos máximos de producción de fruto, uno pico a medidos de junio y otro pico a mediados de julio (Figura 1). No obstante, la variedad Kiowa mostró un comportamiento muy superior a la variedad Tupi desde el inicio hasta el final de cosecha, ya que la primera variedad siempre produjo más del triple de fruto por metro cuadrado que la segunda variedad.

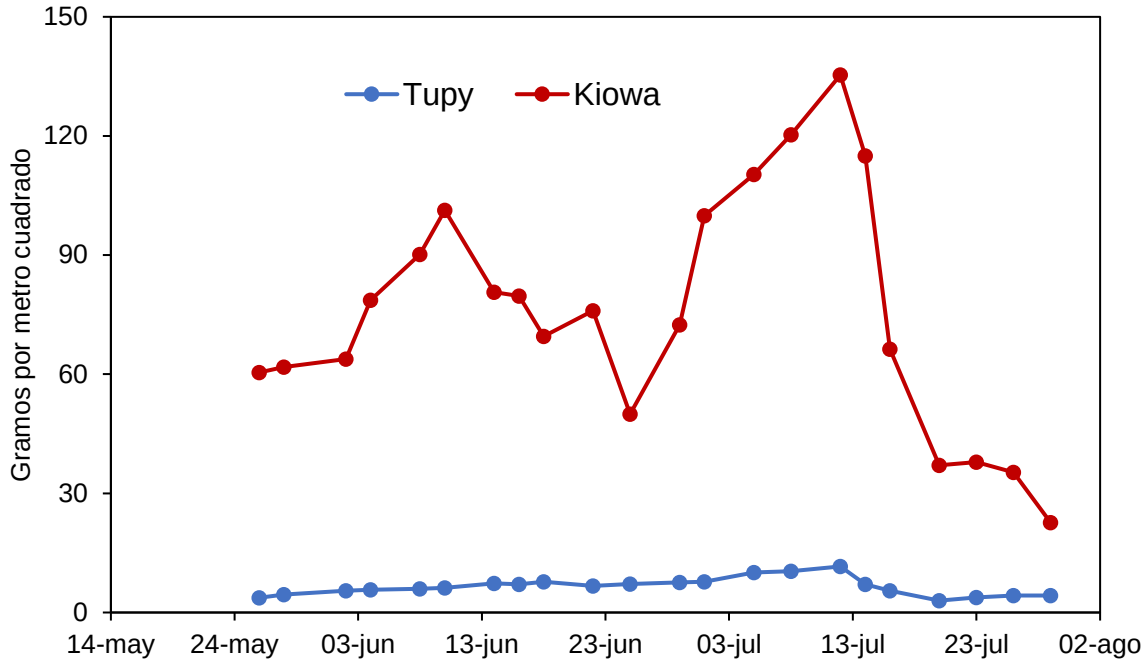


Figura 2. Rendimiento comercial de fruto en gramos por metro cuadrado en dos variedades de zarzamora.

En cuanto a la dinámica de volumen de producción (gramos por metro cuadrado) el comportamiento fue similar para ambas variedades en relación con el tiempo de cosecha. La variedad Kiowa exhibió dos picos fuertes de volumen de producción, uno a mediados de junio y otro a mediados de julio, comportamiento que coincide con la dinámica producción o cosecha de fruto. En cambio, la variedad Tupi únicamente presentó un pequeño pico en la producción de fruto a mediados de julio.

Finalmente, la variedad Kiowa siempre superó a la variedad Tupi en más de cinco veces el volumen de producción o rendimiento por metro cuadrado (Figura 2). Esto se debe a que la variedad Kiowa siempre produce mayor número de frutos por planta y de más tamaño que la variedad Tupi.

CONCLUSIONES

Las dos variedades de zarzamora presentaron cosecha prácticamente durante los meses de mayo, junio y julio.

La variedad Kiowa superó de manera consistente a la variedad Tupi en cuanto a número de frutos y producción por metro cuadrado.

REFERENCIAS

Andersen, P. 2020. The Blackberry. HS807, a series of the Horticultural Sciences Department. UF/IFAS North Florida Research and Education Center, Quincy, FL, USA. 8pp.

Galindo-Reyes M A, V A González-Hernández, A Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, M Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. Rev. Chapingo S. Hort. 10(2):205-209.

Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.

Muratalla-Lua. A., D. Jaen-Contreras y L. Arévalo-Galarza. 2013. La producción de frambuesa y zarzamora en México. Colegio de Postgraduados. Agroproductividad 6:3-12.

SAGARPA. 2017. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257076/Potencial-Frutas_del_Bosque.pdf.

EVALUACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA EN MAÍZ EN EL SUR DE SONORA

Marroquín Morales José Ángel[1]; García Bolívar Elco H.[1]; Gayosso Barragán Odilón[2]; Montoya Coronado Lope[1]; Valenzuela Borbón Jesús Rafael[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

[2]CENID-AF-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.

marroquin.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años la superficie de maíz en el sur de Sonora ha variado de 7,500 a 60,000 ha^{-1}, el área se ha incrementado y una de las razones es por los altos rendimientos que se han obtenido, una de las limitantes son las constantes heladas que se presentan en la región. El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2021-22, en el Valle del Yaqui y se evaluaron siete fechas de siembra con intervalos de 15 días durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, en cada fecha se evalúo los híbridos de maíz Dk-4050 e Hipopótamo. Se utilizó el diseño de parcelas divididas donde la parcela grande fueron las fechas y la parcela chica los híbridos. El objetivo de este estudio fue identificar la mejor fecha de siembra de maíz que permita obtener buenos rendimientos con menor riesgo de daño por heladas. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para rendimiento entre fechas de siembra, mientras que, para híbridos e interacción, no se encontraron. Los rendimientos obtenidos por fecha, se clasificaron en dos grupos, el primero contempla las tres primeras fechas y comprende del 3 de noviembre al 7 de diciembre, en este se obtuvo el mayor rendimiento promedio con 14, 210 kg ha^{-1}, sin embargo, presenta un alto riesgo de daño por heladas. El segundo grupo, abarca las fechas del 21 de diciembre al 25 de enero, con un rendimiento medio de 11, 762 kg ha^{-1} y un menor riesgo de daño por heladas.

Palabras clave: *fechas, híbridos, rendimiento*

ABSTRACT

In recent years, the corn area in southern Sonora has varied from 7,500 to 60,000 ha-1, the area has increased and one of the reasons is because of the high yields that have been obtained, one of the limitations is the constant frosts that occur in the region. The study was carried out in the autumn-winter 2021-22 cycle, in the Yaqui Valley and seven planting dates were evaluated with 15-day intervals during the months of November, December, January and February, on each date the hybrids were evaluated. Corn Dk-4050 and Hippopotamus. The split plot design was used where the large plot were the dates and the small plot the hybrids. The objective of this study was to identify the best maize planting date that allows obtaining good yields with less risk of frost damage. The analysis of variance detected highly significant differences for yield between planting dates, while, for hybrids and interaction, they were not found. The yields obtained by date were classified into two groups, the first contemplates the first three dates and covers from November 3 to December 7, in this, the highest average yield was obtained with 14,210 kg ha-1, however, presents a high risk of frost damage. The second group covers the dates from December 21 to January 25, with an average yield of 11,762 kg ha-1 and a lower risk of frost damage.

Keywords: *dates, hybrids, yield*

INTRODUCCIÓN

En el sur de Sonora, el cultivo de maíz, participa activamente en la economía regional así mismo,forma parte relevante en el padrón de cultivos del ciclo otoño-invierno, ocupa el segundo lugar enimportancia por la superficie de siembra, solamente después de trigo, sin embargo, el sistema de producción actual, requiere de cambios o ajustes que contribuyan a mitigar los efectos del cambio climático y adaptarlas a las necesidades actuales para asegurar la integridad y rentabilidad del cultivo. (Montoya y Valenzuela, 2017). En el sur de sonora en la región del Valle del Yaqui presenta alto potencial de rendimiento para producir maíz, sin embargo, las siembras se establecen principalmente en los meses de octubre y noviembre, que es donde se obtienen los mayores rendimientos de grano, pero también se tienen los mayores riesgos de daños total y parcial por heladas (Ortega *et al*., 2003). En los últimos seis ciclos de este cultivo

cuando menos en tres (50%), el cultivo ha sido afectado por daños que vande ligeros a pérdida total. Debido a esto el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de siete fechas de siembra en el rendimiento de grano de dos híbridos de maíz, en condiciones de riego por gravedad en la región del Valle del Yaqui, Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2021-22, se desarrolló en terrenos de productores cooperantes ubicados en los bloks: 1305, 1710, 1520, 2010, 1708, 1013 y 629 del Valle del Yaqui, en el sur de Sonora, en todas las localidades las condiciones de riego fueron por gravedad y el tipo de suelo fueron arcilloso (barrial profundo) y aluviones. Se evaluaron siete fechas de siembra: con intervalos de 15 días durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, en cada fecha se evaluaron los híbridos de maíz Dk-4050 e Hipopótamo, en todas las

localidades la siembra se realizó en húmedo y con una densidad de 8.5 semillas por metro lineal. Se utilizó una sembradora de precisión (Monosem ®, John Deere). La fertilización, el combate de maleza, de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y de la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*) se manejo de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por INIFAP, (2007). Se utilizó el arreglo en franjas, para estimar el rendimiento de grano como parcela útil se utilizaron 4 surcos de 5 m de largo por 0.8 m de ancho, con cuatro repeticiones, el diseño experimental fue de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las fechas y la parcela chica los híbridos. Las variables de campo medidas fueron: Rendimiento de grano al 14%de humedad, días a floración femenina, altura de planta (cm), peso de mazorca y peso de 1000 granos (g), las cuales se analizaron estadísticamente (Olivares, 2015) y las medias fueron separadas por DMS($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos por fecha de siembra, estos estánagrupados mensualmente, el mayor rendimiento de grano se presentó en la fecha del mes de noviembre con 14,607 kg ha^{-1}, seguido del mes de diciembre y enero con 13,514 y 11,197 kg ha^{-1}, respectivamente. De igual forma

la primera agrupación mostro que las fechas 1, 2 y 3, que comprende del 3 de noviembre al 7 de diciembre, registraron producciones de 14,607, 14,508 y 13,514 kg ha^{-1}, respectivamente, y una media de 14,210 kg ha^{-1}. Estas fechas de siembra mantienen excelentes rendimientos, pero presentan alto riesgo de daño parcial o total por heladas. Así mismo, se observa el comportamiento de la producción en fechas tardías, grupo dos, que agrupa las fechas del 21 de diciembre al 25 de enero, registra altos rendimientos de grano con un promedio de 11,772 kg ha^{-1} con riesgo de daño por heladas mucho menor, ya que en estas fechas de siembra tardías se relacionan varias aspectos, como la duración de las etapas fenológicas ya que se alarga de 10 a 12 días y el desarrollo vegetativo inicial del cultivo es muy lento con baja cobertura y menor exposición de área foliar que pudiera dañarse, si llegara a presentarse bajas temperaturas, así mismo si existiera daños ligeros, el cultivo los desecha rápidamente debido a que el punto de crecimiento se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En el período comprendido entre el 15 de diciembre y el 31 de enero, se han presentado históricamente, alrededor del 80% de los días con temperaturas menores a 2 °C.

De acuerdo con Ortega *et al*., (2003), Las fechas de siembra más favorables para producir maíz en el Sur de Sonora, se ubican del 10 de septiembre al 31 de octubre, lo cual coincide con lo reportado por Montoya y Valenzuela, (2018), el cual indican que la producción está sujeta a las variaciones del clima que se presentan en la región y que modifica en gran medida el potencial de rendimiento de la planta. Durante el presente ciclo, de acuerdo al registro de la estación climatológica más cercanas del REMAS, no se presentaron bajas temperaturas (< 2 °C) que pudieran dañar el cultivo de maíz, así mismo, el número de horas frío registradas en diciembre y enero fueron de las más bajas, comparadas con otras estaciones climatológicas. (Remas, 2022).

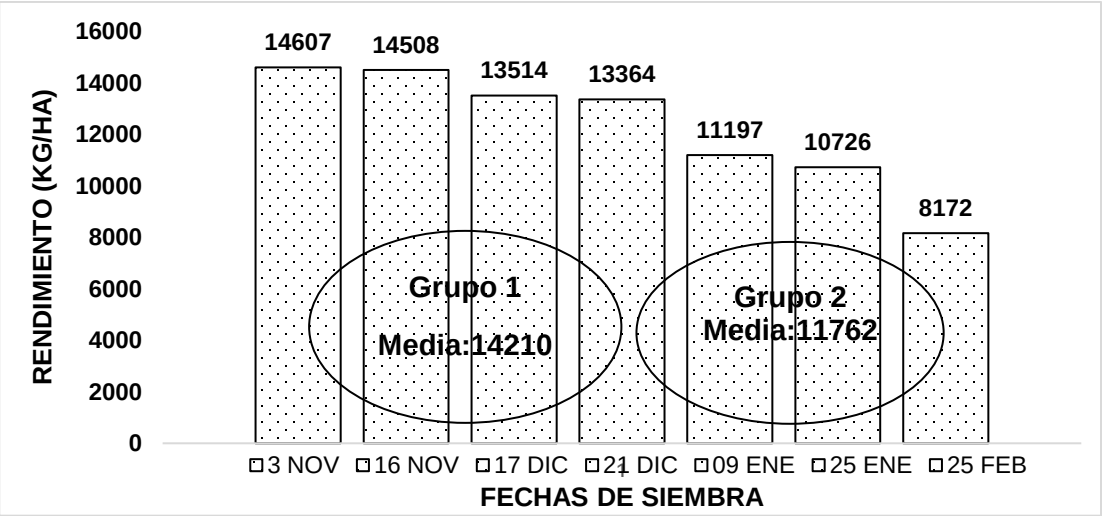


Figura 1. Rendimiento de maíz por fechas y períodos de siembra O-I 2021-22.

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas (P≤0.01). para rendimiento entre fechas de siembra, mientras que, para híbridos e interacción, no se encontraron. En el cuadro 1, se presenta el rendimiento de grano por fecha de siembra y su significancia estadística, así como los principales componentes del rendimiento evaluados, se observa que el peso de 1000 granos, peso de mazorca y peso de grano por mazorca fueron lo que explicaron el comportamiento de los rendimientos encontrados, con un resultado mayor en las primeras fechas de siembra (Grupo 1), disminuyendo en forma lineal con fechas de siembra tardías.

Cuadro 1. Rendimiento de maíz y componentes de rendimiento evaluadas por fechas de siembra. ciclo O-I 2021-22.

Fecha de siembra	Rendimiento kg ha-1	Significancia estadística	Peso 1000 granos (g)	Peso mazorca (g)	Peso grano mazorca (g)
03-nov-21	14,607	a	378	213	186
16-nov-21	14,508	a	348	200	168
07-dic-21	13, 514	a	340	190	162
21-dic-21	13,364	a	341	177	151
09-ene-22	11,197	b	310	143	123
25-ene-22	10,726	b	308	136	119
10-feb-22	8,172	c	284	111	98

DMS entre fechas ($p<0.05$)

(+) Medias con la misma letra son iguales ($p<0.05$).

Con respecto a los híbridos evaluados, el mayor rendimiento de grano (14,607 kg ha^{-1}) se registró en la fecha del 3 de noviembre con el genotipo hipopótamo, así mismo este material supero en rendimiento en 648 kg ha^{-1} en promedio, a través de fechas de siembra, al híbrido Dk-4050. No se observó diferencia en el rendimiento promedio entre híbridos a través de fechas de siembra.

CONCLUSIONES

Las fechas de siembra que comprenden del 7 de diciembre al 9 de enero registraron altos rendimientos de grano, con un menor riesgo de daño total por heladas. Con respecto a los híbridos de maíz evaluados se obtuvieron buenos rendimientos, hipopótamo supero al hibrido Dk-4050, es importante seguir evaluando estas fechas de siembra, así como incluir más híbridos de diferentes casas comerciales y de ciclo intermedio, esto con la finalidad de identificar genotipos con potencial de rendimiento a través de las fechas de siembra.

REFERENCIAS

INIFAP, (2007). Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia de la región del Valle del Yaqui CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. p. 63.

Montoya C., L. y J.R. Valenzuela B. 2017. Informe Técnico del Proyecto: Monitoreo de rendimiento de maízen fechas de siembra tardías en el sur de Sonora. Ciclo P-V 2017. En archivo del CENEB-CIRNO- INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. p. 10.

Red de Estaciones meteorológicas Automáticas de Sonora. (www.siafeson.com/remas). CESAVE,SIAFESON, 2022. Consultado el 30 de julio 2022.

Olivares S. E. 2015. Programa de Análisis Estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. UniversidadAutónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L.

Ortega C., A. O. Cota A., M.J. Guerrero H., J.M. Cortés J., J.E. Ortiz E., L.M. Tamayo E., J.J. Pacheco C.,R. Álvarez Z. y P. Félix V. 2003. El cultivo de maíz, una alternativa para el ciclo otoño-invierno en elsur de Sonora. Folleto para productores No 35 INIFAP-CIRNO- Campo Experimental Valle del Yaqui,Cd. Obregón, Sonora, p. 48.

Valenzuela B., J.R. y L. Montoya C. 2018. Informe Técnico: Evaluación de ocho híbridos de maíz en el valledel yaqui, Sonora. Ciclo O-I 2016-17. En archivo del CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora.P. 8.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ BAJO FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PLANICIE HUASTECA, DURANTE EL CICLO P-V 2022

Bautista-Pérez, Cristóbal Ervi[1*]; Garay-Martínez, Jonathan Raúl[1]; Ochoa-Lechuga, Jesús Emmanuel[2]; Azuara-Bautista, Pedro[2]

[1] Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; [2] Instituto Tecnológico de Huejutla, Carr. Huejutla - Chalahuiyapa S/N, C.P. 43000, Huejutla, Hgo.

***Autor de correspondencia: bautista.cristobal@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El maíz (Zea mays *L.*), en México además de poseer un fuerte contenido socio-cultural y ser el lugar de origen, es uno de los alimentos básicos para la gastronomía mexicana, por lo que genera una gran demanda de este grano. Por eso el éxito del cultivo depende de varios parámetros como son la calidad y cantidad de semilla sembrada, así como de los factores edáficos y manejo del cultivo desde la siembra hasta la cosecha, motivo por el cual, es necesario tener un buen manejo agronómico más apropiado, buscando una mejor fertilización equilibrada química y orgánica, por eso es necesario llevar acabo evaluaciones previas a nivel experimental que nos permitan conocer el crecimiento y productividad de los diferentes genotipos de maíz bajo los dos sistemas de fertilización química y orgánica. El trabajo de investigación contempló 19 genotipos de maíz de diferentes empresas semilleras, que fueron evaluados bajo dos sistema de fertilización química y orgánica, en la fertilización química se aplicó 200 kg ha^{-1} de fertilizante urea (46-00-00), a los 30 días después de la siembra, mientras que para la fertilización orgánica se inocularon las semillas con 3 mL de Fitan (*Trichoderma*) más 3 mL de Micofex (*Trichoderma* más Micorrizas) en 1 L de microrganismos colectados localmente, y como fertilizante foliar se aplicó Agua de silicio, Biosimen, Caldo sulfocalcico y súper magro. De acuerdo a los dos manejos de fertilización se observó que el rendimiento fue mayor con la fertilización química que oscilo entre 7 a 8 t ha^{-1} mientras que con la fertilización orgánica fue de 4 a 5 t ha^{-1}. Por lo que se infiere que es mejor utilizar fertilizantes químicos debido a que se obtiene mayor rendimiento.

Palabras clave: *Zea mays* L., Fertilización, Rendimiento.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L), in Mexico, besides having a strong socio-cultural content and being the place of origin, is one of the basic foods for Mexican gastronomy, which generates a great demand for this grain. Therefore, the success of the crop depends on several parameters such as the quality and quantity of seed sown, as well as soil factors and crop management from planting to harvest, which is why it is necessary to have a more appropriate agronomic management, looking for a better balanced chemical and organic fertilization. Therefore, it is necessary to carry out previous evaluations at an experimental level that will allow us to know the growth and productivity of the different corn genotypes under the two systems of chemical and organic fertilization. The investigation work contemplated 19 corn genotypes from different seed companies, which evaluated under two systems of chemical and organic fertilization. In the chemical fertilization, 200 kg ha^{-1} of urea fertilizer (46-00-00) applied 30 days after planting, while for organic fertilization, seeds inoculated with 3 mL of Fitan (*Trichoderma*) with 3 mL of Micofex (*Trichoderma* and Mycorrhiza) in 1 L of microorganisms locally collected, and as foliar fertilizer, silicon water, Biosimen, sulfocalcic broth and super lean applied. According to the two fertilization management methods, it observed that the yield was higher with chemical fertilization, which ranged between 7 to 8 t ha^{-1}, while with organic fertilization it was 4 to 5 t ha^{-1}. Therefore, it inferred that it is better to fertilize with chemical fertilizers due to the higher yields obtained.

Key words: *Zea mays* L., Fertilization, Yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz en México además de poseer un fuerte contenido socio-cultural y ser el lugar de origen, es uno de los alimentos básicos para la gastronomía mexicana, por lo que genera una gran demanda de este grano, los datos arrojan que en el 2021 se sembraron alrededor de 7 millones 300 mil ha en temporal y riego, donde se obtuvo un rendimiento promedio de 3.80 t ha^{-1} y fueron siniestradas alrededor de 160**,**900 ha (SIAP, 2021). Por lo cual, en la actualidad son objeto de estudios por diversos centros de investigaciones privados y gubernamentales para la obtención de nuevos genotipos con mayor rendimiento, calidad de grano, mejor vigor en las plantas, tolerancia a los estrés bióticos y abióticos.

Por eso, el éxito del cultivo depende de varios parámetros como son la calidad y cantidad de semilla sembrada, así como de los factores edáficos y manejo del cultivo desde la siembra hasta la cosecha, motivo por el cual, es necesario tener un buen manejo agronómico más apropiado, buscando una mejor fertilización equilibrada química y orgánica

o combinadas esto con el fin de aumentar el rendimiento (Gutiérrez *et al*., 2014). Por lo anterior, es necesario llevar acabo evaluaciones previas a nivel experimental que nos permitan conocer el crecimiento y productividad de los diferentes genotipos de maíz bajo los dos sistemas de fertilización tomando en cuenta las condiciones climáticas de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano (P-V), durante los meses julio-diciembre 2022. En el Sitio Experimental Ébano del INIFAP, ubicado en el km. 67 Valles-Tampico, las coordenadas geográficas son 22°10´8.5" N y 98°28´7.14" O a 55 msnm. El trabajo de investigación contempló 19 genotipos de maíz de diferentes empresas semilleras, a continuación, se mencionan las nomenclaturas de cada material, B787BM2L, NB821, NB830, NA731, 731BN1C, NB722, NB787, VS-558, VS-535, H-568, H-565, P4028W, P4082W, KEPLER, GALILEO, SYN914W, CORONEL, CRIOLLO, CRIOLLO 2.

El establecimiento del experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la parcela experimental consistió en seis surcos de 6 m de longitud a una separación entre surcos de 0.80 m y el espaciamiento entre semillas fue de 20 cm. Se aplicaron dos tratamientos de fertilización química y orgánica, para la fertilización química se aplicó 200 kg ha^{-1} de fertilizante urea (46-00-00), en el primer cultivo del maíz que fue a los 30 días después de la siembra, mientras que para la fertilización orgánica se inocularon las semillas aplicando 3 mL de Fitan (*Trichoderma*) más 3 mL de Micofex (*Trichoderma* más Micorrizas) en 1 L de microrganismos colectados localmente. Esto se aplicó con un atomizador asperjando sobre las semillas, posteriormente se pusieron a secar en el sol para luego ser sembrarlas. Para el fertilizante foliar orgánico se utilizó Agua de silicio, Biosimen, Caldo sulfocalcico y súper magro. Posteriormente se aplicó realizando una mezcla de 50 mL de agua de silicio, 50 mL de Caldo sulfocalcico, 50 mL súper magro y 10 mL de biosimen y 840 mL de agua. Las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora de 15 L, estas se realizaron una vez por semana, en total fueron cinco aplicaciones, se empezó cuando el cultivo tenía 15 días de haber emergido. Las variables agronómicas evaluadas fueron: días a floración masculina (FM); días a floración femenina (FF); Asincrónica floral (ASI); Altura de planta (ALTP); Altura de la mazorca (ALTM); Número de plantas (PTS); Acame de raíz (AR); Acame de tallo (AT); Aspecto de la planta (ASP); Mala cobertura de mazorca (MCOB); Número de mazorcas (MAZ); Prolificidad (PRO); Peso de campo (PC); Humedad de grano (H); Rendimiento de grano (REND). Los datos de los 19 genotipos fueron analizados bajo

un diseño factorial de a×b, usando el procedimiento GLM de SAS (2004) y se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey (α = 0.0; SAS Institute 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza general

En el (Cuadro 1) se presentan los cuadrados medios y la significancia de las diferencias evidentes de los componentes en cada fuente de variación, que presentaron las variables agronómicas antes mencionadas. Se encontraron diferencias significativas al (P≤0.01) en los genotipos, para las variables agronómicas, FF, FM, ASI, ALTP, ALTM, AR, ASP, PRO y REND, mientras que para la variable AT se encontró diferencia significativa al (P≤0.05), esto puede explicarse debido a que los genotipos introducidos en la planicie Huasteca provienen de diferentes empresas. Para bloques se encontraron diferencias significativas al (P≤0.01) en cinco variables FF, FM, ALTP, ALTM, y REND, mientras que en ASP y PRO se encontró diferencia significativa al (P≤0.05), estas diferencias se le atribuye al terreno ya que en su totalidad no está bien nivelado, y en las variables como ASI, AR, AT y MCOB no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 1). En fertilización se encontraron diferencias significativas al (P≤0.01) en ocho variables FF, FM, ASI, ALTP, ALTM, ASP, PRO y REND, por lo tanto, en las variables AR, AT y MCOB no presentaron diferencia significativa. Para la interacción Genotipos x Fertilización únicamente se encontró diferencias al (P≤0.01) en FF y en ASI se encontró diferencia al (P≤0.05), y en las demás variables agronómicas no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza general de las variables agronómicas de genotipos de maíz, evaluados en ciclo P-V.

F.V.	GL	FF (días)	FM (días)	ASI	ALTP (cm)	ALTM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	ASP	PRO	REND (t ha^{-1})
Gen	18	59.227**	43.856**	6.302**	0.761**	0.562**	258.803**	4.259*	7.633**	2.283**	0.121**	8.866**
Bloques	2	22.973**	10.166**	4.526	0.083**	0.050**	49.289	5.430	2.395	0.973**	0.163*	10.623**
Fert	1	130.561**	37.061**	33.719**	0.468**	0.401**	1.974	2.535	1.061	22.815**	0.798**	303.388**
Gen*Fert	18	6.283**	0.839	3.571*	0.014	0.006	2.585	0.739	0.561	0.260	0.049	1.708
Error	74	2.794	1.302	1.887	0.011	0.004	66.253	2.331	3.133	0.271	0.043	1.246
C.V.		2.960	2.099	19.692	3.939	5.356	20.580	18.200	19.272	18.839	13.522	18.082

Gen: Genotipos; Fert: Fertilización; ** : Significativo al 0.01; *: significativo al 0.05; C.V.: Coeficiente de variación; F.V.: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; FF: Floración femenina; FM: Floración masculina; ALTP: Altura de planta; ALTM: Altura de mazorca; AR: Acame de raíz; AT: Acame de tallo; MCOB: Mala cobertura; ASP: Aspecto de la planta; PRO: Prolificidad; REND: Rendimiento.

Prueba de medias de fertilización orgánica y química

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey al 5%) de probabilidad permitió definir el comportamiento del cultivo de maíz para cada variable agronómica evaluada con base al tipo de fertilización por lo que en FF los genotipos más precoces fueron con fertilización química; mientras que con fertilización orgánica los genotipos fueron más tardíos por alrededor de 2 días de diferencia (Figura 1A). Para FM, de la misma forma los genotipos con fertilización convencional presentaron floración más temprana en comparación con la fertilización orgánica, con diferencia de 2 días (Figura 1B), la mayoría de los genotipos estuvieron dentro del rango de los 60 días, lo que es deseable en el trópico húmedo según Tosquy *et al.* (2005).

En cuanto a la ASI (Figura 1C) los genotipos con fertilización convencional estuvieron más sincronizados en la floración, en comparación a los de fertilización orgánica ya que tuvieron un desfaso de casi 3 días en promedio.

Para altura de planta y altura de mazorca (Figuras 1D y 1E) se observó que las plantas con fertilización convencional desarrollaron más su estado vegetativo, alcanzando en promedio 2.80 m de altura a comparación de los genotipos con fertilización orgánica que tuvieron una altura promedio de 2.60 m. Así mismo, la altura de mazorca los materiales bajo fertilización química presentaron mayor altura en comparación con los de fertilización orgánica. En la variable aspecto de planta, los genotipos de fertilización orgánica presentaron más daño por enfermedades y plagas, se observó que fueron más susceptibles en comparación a los de fertilización química (Figura 1F). En la proliferación las plantas con fertilización convencional tuvieron aproximadamente una mazorca por planta, mientras que con la fertilización orgánica tuvieron 0.75 mazorcas por planta (Figura 1G).

Por último, en rendimiento (Figura 1H) la fertilización química tuvo mayores rendimientos, cuyos valores oscilaron entre 7 a 8 t ha^{-1}, a diferencia de la orgánica que tuvo rendimientos entre 4 y 5 t ha^{-1}. De acuerdo con estos valores, con la fertilización química se obtuvieron mayores rendimientos, esto se debe a que los ingredientes activos que se encuentran sintetizados para que la planta los adquiere más rápido (Arrieche *et al*., 2010), a diferencia de la orgánica en donde ocasiones puede haber deficiencias de algunos nutrientes o se le dificulta a la planta asimilarlos; además que

la fertilización química se le aplicó directamente a la raíz de la planta, mientras que la fertilización orgánica fue aplicada foliarmente.

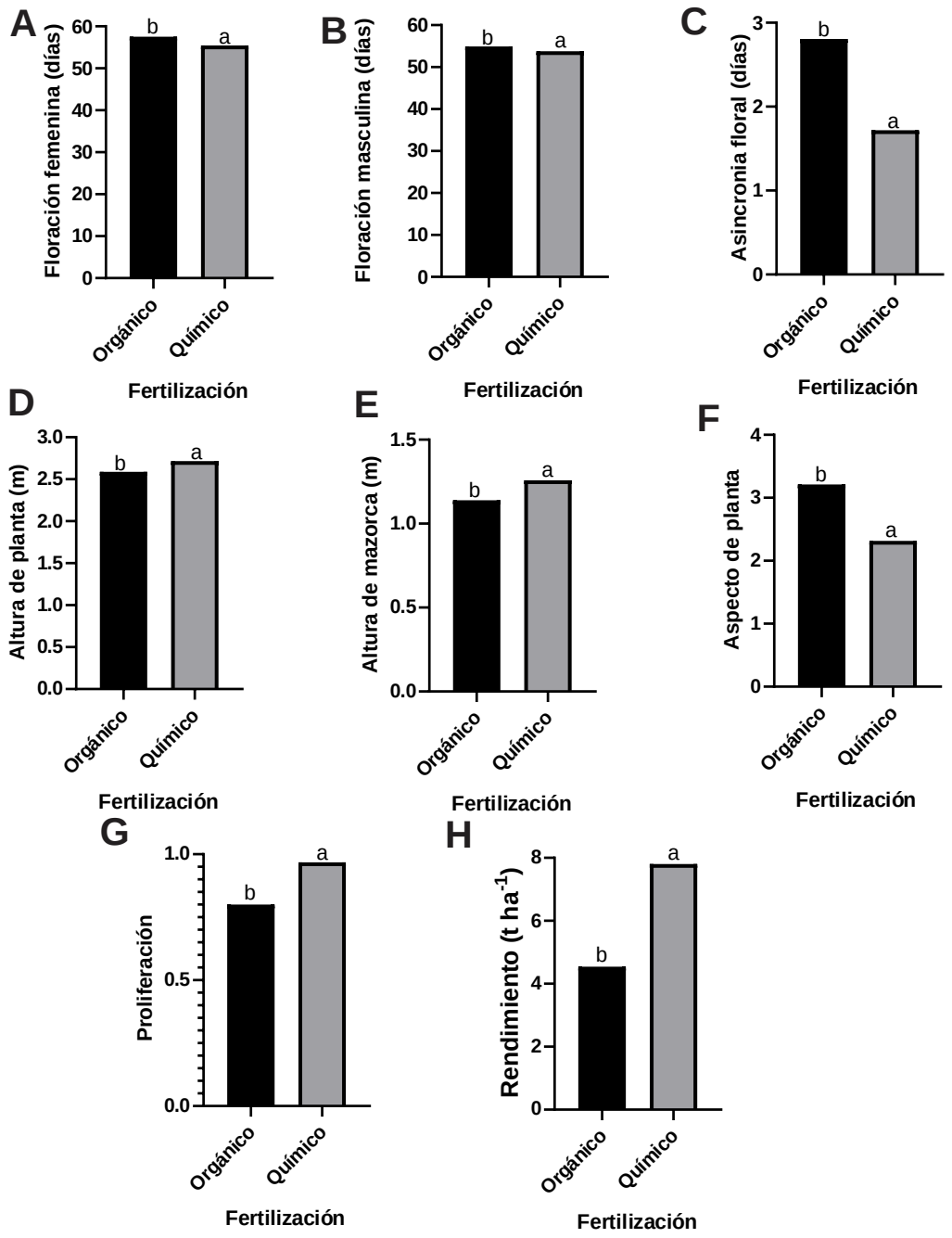


Figura 1. Medias de las variables de respuesta de fertilización convencional y orgánica en 19 genotipos de maíz, evaluados en el ciclo P-V. Fertilización con la misma letra no presenta diferencia significativa (Tukey; α = 0.05).

CONCLUSIONES

La fertilización química o convencional en todas las variables agronómicas sobresalieron en comparación a la fertilización orgánica, sin embargo, se puede agregar un costo extra en grano orgánico sin descartar los beneficios que genera en el suelo, por lo que su uso dependerá de acuerdo con los fines de la producción o su mercado.

REFERENCIAS

Arrieche, L. E. & Ruiz, D. Magaly. 2010. Influence of inorganic and organic fertilization on microbial biomass carbon and maize yield in two soils of contrasting pH. *Agrociencia*, *44*(3), 249-260.

Gutiérrez, E.V., M.C. Gutiérrez y C.A. Ortiz. 2014. Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(1): 201-215.

SAS Institute Inc. (2004). SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.

SIAP (Servicio de Información Agrícola y Pesquera). 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, En: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ [Consultado: 04/08/2023].

Tosquy, O.H., A. Palafox. M. Sierra. A. Zambada. R. Martínez. G. Granados. 2005. Comportamiento agronómico de híbridos de Maíz en dos municipios de Veracruz, México. Agronomía Mesoamericana. 16(1): 07-12.

EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SIEMBRA Y RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE TRIGO Y AVENA EN AGUASCALIENTES

Sergio Arellano Arciniega[1*], Raúl Vidal García Hernández[1], Mercedes Borja Bravo[1], Blanca Isabel Sánchez Toledano[2] y Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico[3]

[1]INIFAP – Campo Experimental Pabellón, carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags. C. P. 20660. [2]INIFAP – Campo Experimental Zacatecas, carretera Zacatecas-Fresnillo Km. 24.5, Calera, Zac. C.P. 98500. [3]INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas carretera Tampico-Mante Km. 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas

Autor responsable: arellano.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México los cereales como el trigo (*Triticum* L.) y la avena (*Avena sativa* L.) son importantes en la producción de grano y forraje. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta agronómica de los cultivos de trigo y avena establecidos en camas e hileras con la sembradora de precisión integral en Aguascalientes. El estudio se realizó en la comunidad de Loretito, Aguascalientes, se establecieron los cultivos de trigo y avena en camas de 1.54 m de ancho y seis hileras de siembra, utilizando una sembradora de precisión integral, la densidad de siembra fueron 25 kg/ha y 20 kg/ha para trigo y avena, respectivamente. Los componentes evaluados fueron: plantas/m^2 (P), altura de la planta (AP) y rendimiento de materia seca (R). La avena mostró el valor más alto para P con 82 y una distancia promedio entre estas de 12.8 cm, el trigo alcanzo las 77 plantas y una separación de 13.7 cm, por línea de siembra se depositaron entre 20 y 14 semillas por metro lineal para ambos cultivos. El mayor valor de AP fue en el trigo con una altura de 91.4 cm, mientras que la avena alcanzo una AP de 78 cm. El R en kg ha^{-1}, presentó diferencias entre cultivos, el mayor R lo mostró el trigo con (5 413 kg ha^{-1}) y la avena el máximo R fue de (4 449 kg ha^{-1}). La siembra de precisión en camas para los cultivos de trigo y avena evaluados no afecta la acumulación de biomasa y altura de planta, el uso de sembradoras de precisión para granos pequeños es una opción para productores al disminuir la cantidad de semilla por hectárea, lo cual retribuye en los costos directos del cultivo.

Palabras clave. Método de siembra, rendimiento, forraje.

ABSTRACT

In Mexico, cereals such as wheat (Triticum L.) and oats (Avena sativa L.) are important in grain and forage production. The objective of the present investigation was to evaluate the agronomic response of wheat and oat crops established in beds and rows with the integral precision seeder in Aguascalientes. The study was carried out in the community of Loretito, Aguascalientes, wheat and oat crops were established in 1.54 m wide beds and six sowing rows, using an integral precision seeder, the sowing density was 25 kg/ha and 20 kg/ha for wheat and oats respectively. The components evaluated were: plants/m2 (P), plant height (AP) and dry matter yield (R). oats showed the highest value for P with 82 and an average distance between them of 12.8 cm, wheat reached 77 plants and a separation of 13.7 cm, between 20 and 14 seeds per linear meter were deposited per planting line for both crops. The highest AP value was in wheat with a height of 91.4 cm, while oats reached an AP of 78 cm. The R in kg ha-1, presented differences between crops, the highest R was presented by wheat with (5 413 kg ha-1) and oats the maximum R was (4449 kg ha-1). Precision seeding in beds for the evaluated wheat and oat crops does not affect the accumulation of biomass and plant height, the use of precision seeders for small grains is an option for producers by reducing the amount of seed per hectare, which repays in the direct costs of the crop.

Key words. Planting method, yield, forage.

INTRODUCCIÓN

Los cereales como el trigo (*Triticum* L.) y la avena (*Avena sativa* L.) en México son importantes en la producción de grano y forraje. En el año 2021 se sembraron 554 mil hectáreas y cosecharon 3.28 millones de toneladas de trigo; los estados de Sonora, Guanajuato y Baja California fueron los principales estados productores y aportaron a la producción nacional el 52 %, 12% y 10% respectivamente (SIAP, 2022). En el país el cultivo de avena se establece en más de 6.45 mil hectáreas, destacan los estados productores de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Estado de México (SIAP, 2022). Por lo anterior es importante conservar la tradición productiva y que los cultivos sean de mayor rentabilidad, sin embargo, es indispensable tomar en cuenta que la densidad de siembra es fundamental para disminuir los costos directos del cultivo (Martínez *et al.,* 2017).

Para mejorar la competitividad es necesario buscar métodos de siembra diferentes al convencional, como sembrar en hileras y en camas del ancho de trocha del tractor (García *et al*., 2018). En el Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el programa de mecanización desarrolló una sembradora de precisión integral, la cual, de acuerdo con García *et al*., (2021), ha permitido mantener o incrementar los rendimientos al mejorar la eficiencia del aprovechamiento del potencial productivo de especies de grano pequeño y disminuir los costos de producción, principalmente en el gasto de semilla por hectárea. Así mismo, consideran que el uso de la maquina reduce los costos de cultivo sin afectar el rendimiento. Derivado de lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica de los cultivos de trigo y avena establecidos en camas e hileras con la sembradora de precisión integral en Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación agronómica del trigo y avena, se estableció una parcela experimental con un productor cooperante en la comunidad de Loretito, San Francisco de los Romo, Aguascalientes, ubicada en las coordenadas LN: 21°59'20.1", LW: 102°15'29.5" y altitud de 1909 msnm.

En la preparación del terreno se realizó un barbecho y dos pasos de rastras; la siembra se realizo el 15 de diciembre de 2022, con la sembradora neumática de precisión integral para siembra de granos pequeños en camas de 1.54 m de ancho y seis hileras de plantas a 20 cm de distancia entre estas y la semilla de trigo y avena fue proporcionada por el productor.

El manejo agronómico del cultivo fue realizado de la manera convencional del productor, los riegos fueron aplicados por micro aspersión. La cantidad de semilla utilizada en trigo fue de 25 kg/ha y para avena de 20 kg/ha.

Para la evaluación se registraron y analizaron los datos de las siguientes variables: plantas/m^2, altura de la planta y rendimiento de materia seca. La altura se midió desde la superficie del suelo y hasta la espiga. Se tomaron seis muestras de 1m^2 en la etapa lechoso-masoso para la determinación del rendimiento de materia seca y se cosechó el forraje a ras de suelo de todos los tallos. El forraje obtenido de cada muestra se depositó en bolsas de

papel etiquetadas, se secó en estufa de aire forzado, durante 72 h y se registró el peso seco. Los datos fueron ordenados en Excel y se realizó una comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de plantas/m^2 se muestran en la (Figura 1), si hubo diferencias en la cantidad de semillas depositadas debido al tipo de grano de cada cultivo, la avena mostró el valor más alto en cantidad de plantas/m^2 con 82 y una distancia promedio entre estas de 12.8 cm, y el cultivo de trigo se obtuvo un conteo de 77 plantas/m^2 y una separación de 13.7 cm entre plantas, por línea de siembra se depositaron entre 20 y 14 semillas por metro lineal para ambos cultivos. Los valores de plantas/m^2 observados fueron similares a los reportados por García *et al.* (2022) con una distancia promedio de 11.3 cm de separación entre plantas. Debe considerarse que la siembra de granos finos con la sembradora de precisión integral permite distribuir las semillas desde 3 hasta 14 cm, esto indica que el productor decida sobre la densidad de siembra al analizar los costos de establecimiento del cultivo (Lerner y Cerri, 1990).

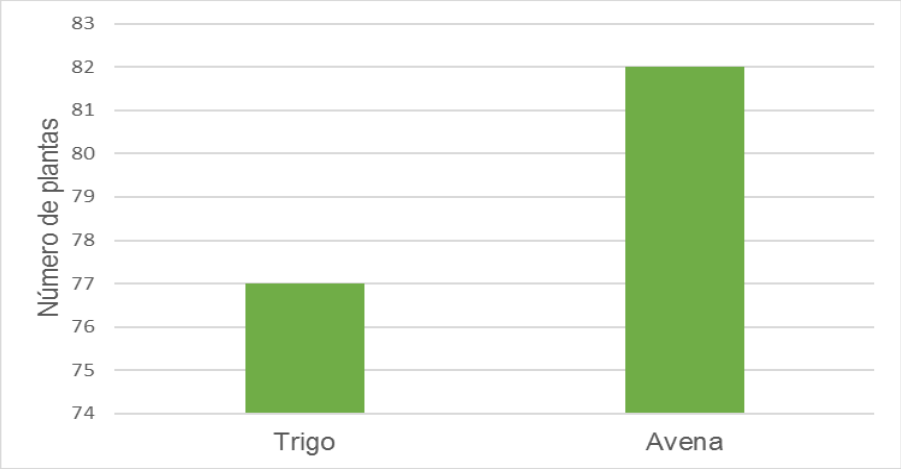


Figura 1. Plantas sembradas por m^2 de trigo y avena en Aguascalientes, México.

En la altura de planta (AP) se encontraron diferencias entre los cultivos evaluados (Figura 2), el mayor valor de AP fue en el trigo con un promedio de altura de 91.4 cm, mientras que la avena alcanzo una AP de 78 cm. La AP de trigo fue menor en comparación con los 102 cm reportados por Zamora *et al*., (2016) al cosechar en estado de madurez acuosa. Para la AP en la avena los resultados son inferiores a los reportados en estudios con avena en Zacatecas (Sánchez *et al*., 2014).

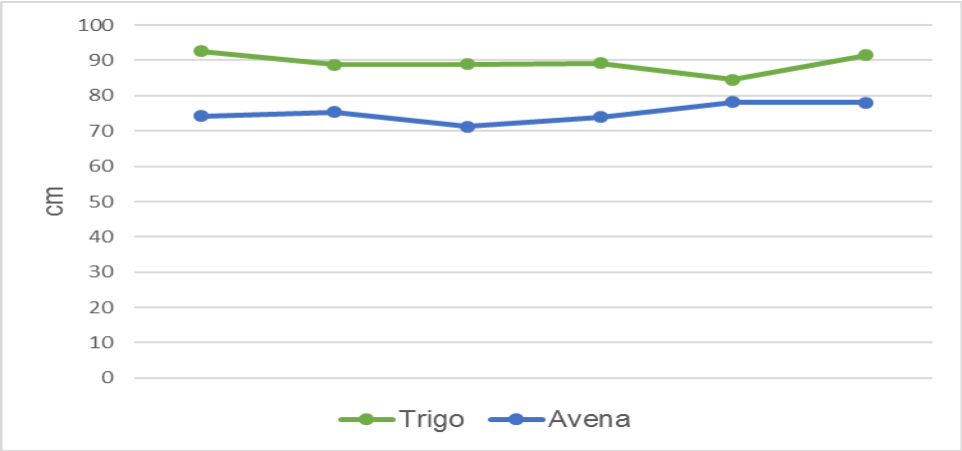


Figura 2. Altura de plantas de trigo y avena en Aguascalientes, México.

En la Figura 3, se muestra el rendimiento de materia seca en kg ha^{-1}, los resultados indicaron que existen diferencias entre cultivos, el mayor rendimiento lo presentó el trigo con 5 413 kg ha^{-1} y un rendimiento promedio de 4 634 kg ha^{-1}; mientras que, el rendimiento máximo registrado en avena fue de 4 449 kg ha^{-1} y un rendimiento promedio de 4 134 kg ha^{-1}. Los rendimientos obtenidos fueron en estado lechoso-masoso del grano, ya que como lo reportó Sosa *et al.* (2020), este estado del cultivo, es la etapa fenológica donde se maximiza la cantidad de forraje cosechada. Así mismo, de acuerdo con Wilson *et al*. (2018) indicaron que el mayor rendimiento para avena se obtuvo a los 112 días después de la siembra con 6 702 kg ha^{-1} en estado lechoso-masoso. En los cereales es importante tomar en cuenta que la altura de planta y los días a cosecha están relacionados con el contenido de biomasa, principalmente para las especies forrajeras (Zamora *et al*., 2016; Sánchez *et al*., 2014).

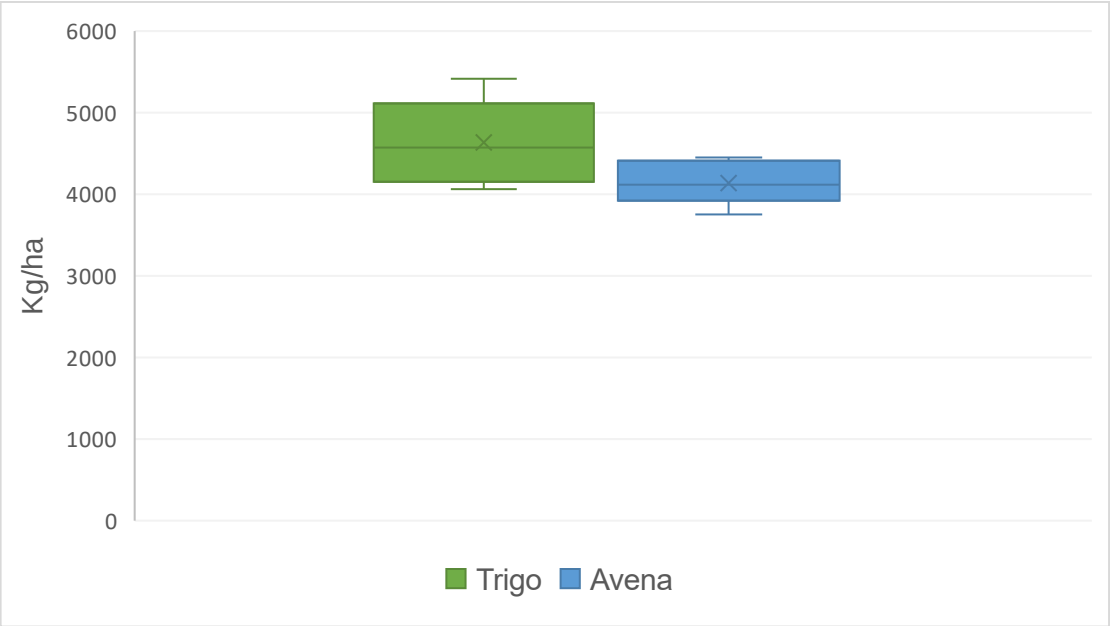


Figura 3. Rendimiento de materia seca obtenido en trigo y avena en Aguascalientes, México.

Los cultivos evaluados mostraron diferencias de rendimiento, pero similares a los reportados en la región, entre las ventajas de establecer las siembras de precisión de granos finos se obtiene un ahorro de hasta 74% de semilla en comparación con el sistema tradicional, sin disminuir el rendimiento (García *et al*., 2018; Osuna y Martínez, 2017). La evaluación del trigo y avena en este sistema de siembra, permite mejorar el manejo agronómico de estos cultivos, de esta manera generar alternativas para los productores en la producción de forrajes, que den sustento a la actividad ganadería de los pequeños productores del estado.

CONCLUSIONES

La siembra de precisión en camas para los cultivos de trigo y avena evaluados no afecto la acumulación de biomasa y altura de planta. Los rendimientos obtenidos de materia seca se consideran aceptables para la producción de forraje en la región.

El uso de sembradoras de precisión para granos pequeños es una opción para productores del Norte-Centro de México, al disminuir la cantidad de semilla por hectárea, lo cual retribuye en los costos directos del cultivo.

Es importante la evaluación de los sistemas de producción con las densidades alcanzadas con la sembradora, tanto en la parte agronómica como económica, para medir la factibilidad de este implemento agrícola.

REFERENCIAS

García, H., R.V., F. Garibaldi, M., E.S. Osuna, C., E. Martínez, R. y M. Borja, B. 2018. Sembradora Neumática para siembra de granos finos en camas. Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, Ags. Folleto Técnico Núm. 77. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC, Aguascalientes, Ags. México. 28 p.

García, H., R.V., C. Rojas, S., E. Martínez, R., E.S. Osuna, C. y S. Arellano, A. 2021. Precisión de siembra en granos pequeños con prototipo neumático. Memoria de XXXIII Semana Internacional de Agronomía, Gómez Palacio, Durango. México. 699-704.

García, H., R.V., E. Martínez, R., C. Rojas, S., M. Borja, B. y S. Arellano, A. 2022. Siembra de granos pequeños con sembradora neumática de precisión para agricultura de temporal. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Gómez Palacio, Durango. México. 303-308.

Lerner, S. y Cerri, A. 1990. Generación de macollos espiguillas y flores en trigo: Efectos de la densidad de siembra. 2do Congreso Nacional de Trigo. AIANBA. I: 59-68.

Martínez C. E., E. Espitia, R., H. E. Villaseñor, M., R. Hortelano, S. R., E. Muñiz, R., y A. Zamudio, C. 2017. Calidad industrial del trigo harinero en función del número de riegos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *8*(7), 1497-1508.

Osuna, C. E. S. y M. Á. Martínez G. 2017. Rendimiento y calidad de forraje de maíz y sorgo de temporal a cuatro y seis hileras en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. vol. 8, núm. pp. 1259-1272.

Sánchez, G. R. A., H. Gutiérrez, B., A. Serna, P., R. Gutiérrez, L. y A. Espinoza, C. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *5*(2), 131-142.

Sosa, M. E., S. I. Mendoza, P., J. I. Alejos de la Fuente., J. A. Villarreal, G., D. B. Velasco, E., y E. Rodríguez, R. 2020. Rendimiento de forraje de avena variedad Chihuahua. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 255-264

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Avance de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Wilson G. C. Y., N. E. López, Z., M. E. Ortega, C., J. Ventura R., H. E. Villaseñor, M. y A. Hernández, G. 2018. Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en dos variedades de avena. *Interciencia*, 43(9), 630-636

Zamora V. V. M., M. Colín. R., M. A. Torres T., A. Rodríguez, G. y A. Jaramillo, S. 2016. Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,7(2), 291-300

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum esculentum*) EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA, MÉXICO.

Aguilera-Molina Néstor Alberto[1]; García-Bolívar Elco Humberto[1]; Ochoa-Espinoza Xochilt Militza[1]; Montoya-Coronado Lope[1]; Buitimea-Valenzuela Yenire Yanelli[1]; Marroquin-Morales José Ángel[1].

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB). Dr. Norman E. Borlaug km 12 Cd. Obregón Sonora.

Correo: am.nestor@hotmail.com

RESUMEN

El trigo sarraceno *Fagopyrum esculentum* es una especie que es demandada para la alimentación humana por su excelente valor nutricional y no contener gluten. No es una especie que se cultive en México, por lo que es necesario generar tecnología de producción. Por esto se estableció en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el ciclo O-I 2022-2023 un experimento donde se evaluaron distintos métodos de siembra de trigo sarraceno considerando tres tratamientos: 1 línea de siembra (250,000 Plantas/ha), 2 líneas de siembra (500,000 Plantas/ha) y 3 líneas de siembra (750,000 plantas/ha) La parcela experimental consistió de 4 surcos de 0.80 m de separación de 100 m de largo, donde se cosecharon 4 repeticiones de los dos surcos centrales y 4 metros de longitud (6.4 m^2) se tomaron variables agronómicas como: presencia de plagas y enfermedades, altura, días a madurez fisiológica y rendimiento. El tratamiento con 3 líneas de siembra presento el mejor rendimiento con 990 kg/ha en comparación con los 880 y 560 kg/ha obtenidos por los tratamientos de 2 y 1 línea de siembra respectivamente.

Palabras clave: *Producción, Métodos de siembra, Cultivos alternativos.*

ABSTRACT

Buckwheat Fagopyrum esculentum is a species that is in demand for human consumption due to its excellent nutritional value and not containing gluten. It is not a species that is cultivated in Mexico, so it is necessary to generate technology for its production. For this reason, an experiment was established in the Norman E. Borlaug Experimental Field in the O-I 2022-2023 cycle where different buckwheat sowing methods were evaluated

considering three treatments: 1 planting line (250,000 Plants/ha), 2 planting lines (500,000 Plants/ha) and 3 planting lines (750,000 plants/ha). The experimental plot consisted of 4 rows 0.80 m apart and 100 m long, where 4 replicates of the two central rows and 4 meters long (6.4 m^2) were harvested. Agronomic variables such as: presence of pests and diseases, height, days to physiological maturity and yield were taken. The treatment with 3 seed lines presented the best yield with 990 kg/ha compared to the 880 and 560 kg/ha obtained by the treatments of 2 and 1 seed lines respectively.

Keywords: *Yield, Planting methods, Alternative crops.*

INTRODUCCIÓN

El trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), junto con otras especies como el amaranto (*Amaranthus* sp) y la quinoa (*Chenopodium quinoa*) son llamados "pseudocereales" debido a que provienen de plantas dicotiledóneas, a diferencia de los cereales convencionales, están libres de gluten y presentan un excelente valor nutricional (Martínez *et al.,* 2020). Durante el 2021 el principal productor de esta especie fue Rusia con 919,147 Ton. Seguido de China y Ucrania (FAOSTAT 2023). En México no hay registros de siembras comerciales de esta especie (SIAP 2023), por lo cual la tecnología de producción para esta especie en el país es limitada o nula.

El Valle del Yaqui es una zona importante para la producción agrícola, el cultivo principal es el trigo. durante el ciclo 21-22 se establecieron 137,631 has de esta especie con una producción de 1,042,923 ton (SIAP 2023). Sin embargo, los bajos precios del cereal y la baja disponibilidad de agua obligan a buscar cultivos alternativos que abran nuevas opciones de mercado y que además sean de bajo requerimiento hídrico. El trigo sarraceno presenta de ciclo corto de alrededor de los 56 a 96 días para tener producción (Picard, 2017) la brevedad de este ciclo disminuye el uso de agua considerablemente en comparación con el cultivo de trigo, además los conflictos bélicos entre Rusia y Ucrania principales productores a nivel mundial, abren una ventana de mercado que podría ser aprovechada por los productores de la región.

La Información sobre la producción del cultivo en México es nula, por lo tanto, este estudio pretende aportar al conocimiento sobre la tecnología de producción en cuestión de métodos de siembra y potencia productivo del trigo sarraceno en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El día 14 de diciembre de 2022. Dentro de las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), Se estableció a tierra venida y previamente fertilizada con la formula 150-52-00, una parcela experimental de trigo sarraceno, con ayuda de una sembradora triguera, en surcos a 80 cm de separación, se establecieron 3 tratamientos con 1, 2 y 3 hileras se siembra considerando densidades de 250,000; 500,000 y 750,000 plantas por hectárea respectivamente (Cuadro 1). La parcela experimental consistió de 4 surcos de 100 m de largo, donde se cosecharon 4 repeticiones de los dos surcos centrales y 4 metros de longitud (6.4 m^2) se tomaron variables agronómicas como: presencia de plagas y enfermedades, altura, días a madurez fisiológica y cosecha.

Cuadro 1.- métodos de siembra y densidades trigo sarraceno CENEB-CIRNO-INIFAP 2022.

Método	**Densidad plantas/hectárea**
1 hilera	250,000
2 hileras	500,000
3 hileras	750,000

La cosecha se realizó a mano y las muestras se procesaron con ayuda de una trilladora estacionaria tipo pulman, una vez se llevada a cabo esta acción se pesó el grano obtenido y se le realizó un análisis de varianza y comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Según los resultados obtenidos la altura en los tres tratamientos fue de 50 cm, lo cual está 10 cm por debajo de lo reportado en la región de Alberta, Canadá, que mencionan que la planta puede medir de entre 60 y 150 cm (AgriFacts, 2001) los tres tratamientos llegaron a madurez fisiológica a los 85 días después de la siembra lo cual está dentro del rango mencionado por Picard (2017) que indica que la planta puede cumplir su ciclo en el rango de los 56 a 96 días en las condiciones climáticas presentes en Manitoba, Canadá. No se presentaron enfermedades durante el desarrollo de este estudio, en lo que respecta a plagas insectiles se presentó una infestación leve de áfidos en las etapas tempranas de desarrollo, en la bibliografía sobre el cultivo se menciona a esta especie como una plaga potencial durante su desarrollo vegetativo (Agrifacts, 2021), por lo que es necesario

continuar con la investigación para determinar las especies de áfidos que atacan al trigo sarraceno en la zona de estudio.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de rendimiento obtenidos de este estudio donde se observa que el tratamiento de 3 hileras presento un rendimiento de 990 kg/ha seguido por el de dos hileras con 880 kg/ha y el que obtuvo el menor rendimiento fue el tratamiento de una hilera con 560 kg/ha. Al realizarse un análisis de correlación de Pearson esta obtuvo un valor de 0.9 lo que demuestra que el método de siembra influye en el rendimiento final del cultivo

Cuadro 2.- Rendimiento kg/ha en métodos de siembra de trigo sarraceno CIRNO-CENEB O-I 2022-2023

Método	**Rendimiento kg/ha**	
3 hileras	990	a
2 hileras	880	b
1 hilera	560	c

α=0.05 CV=23.7%

En cuanto al rendimiento máximo obtenido este es muy favorable y competitivo ya que con los 990 kg/ha obtenidos en este estudio se supera el rendimiento promedio reportado para Rusia que es de 940 kg/ha (Fesenko y Fesenko, 2019) esto es importante porque evidencia que hay potencial para el cultivo en el sur de Sonora y que con la tecnología de producción adaptada a la región se pueden incrementar los rendimientos de manera substancial, según lo reportado por Sobhani *et al*, 2014, en Pakistan mencionan que, con un adecuado manejo de fecha de siembra, método de siembra y fertilización se pueden obtener rendimientos de hasta 2,457 kg/ha.

CONCLUSIONES.

El cultivo de trigo sarraceno presento buenos rendimientos bajo las condiciones del Valle del Yaqui por lo que es necesario continuar con la investigación en cuestiones de manejo agronómico del cultivo para afianzarlo como una opción viable para los productores del valle.

REFERENCIAS:

Agri-Facts, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. (2001) Common Buckwheat. Newsletter. Alberta, Canada. 1 – 6.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023) Estadísticas de producción.Consultado en línea (agosto 2023) link: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

Fesenko, A. N., and I. N. Fesenko. (2019). Buckheat breeding and producción in Russia during the past 100 years. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 180(1): 113-117. https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117

Martínez, V. C., E. Peñas., B. Hernández. L. (2020) Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. Food and Chemical Toxicology. 137. https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178.

Picard, R. (2017) A guide to buckwheat production in Manitoba. Consultado en línea (agosto 2023) Link: https://blobby.wsimg.com/go/0ef9db8b-33d4-4e73-9bad-d71fb0e9d65e/Buckwheat%20production%20manual%202nd%20edition%20Dec%2020.pdf

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México Consultado en línea (Julio 2023) Link: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Sobhani, R. M., G. Rahmikhdoev., D. Mazaheri and M. Majidian. (2014) Influence of different sowind date and planting pattern and N rateo n buckwheat yield and its quality. Australian Journal of Crop Science. 8(10): 1402-1414.

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA BOSQUE MODELO DE CALAKMUL.CAMPECHE, MÉXICO.

Genovevo Ramírez-Jaramillo[1], Jorge H. Ramírez-Silva[1], Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[2*]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México, [2]Campo Experimental Mocochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mocochá, Yucatán, México

Email: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En agosto de 1993 los gobiernos de Canadá y México suscribieron un convenio de cooperación para el establecimiento del Bosque Modelo de Calakmul (BMC) en el estado de

Campeche. A partir de 1994 inicia sus trabajos conjuntamente con el Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil (CRASX), en donde llevan a cabo una serie de acciones con el objetivo de influir en el mejoramiento del nivel de vida de la población sin detrimento de dañar los recursos naturales. En el presente estudio se realizó una evaluación de los aspectos prácticos de la participación campesina en la planificación del manejo sustentable de sus recursos naturales dentro del programa CRASX/BMC. El trabajo toca aspectos del marco institucional en el que se lleva a cabo: la organización y participación campesina, la tecnología disponible y necesaria, los recursos disponibles y necesarios, así como la evaluación y monitoreo del mismo. En el proceso de planificación del programa y en su ejecución, se da una gran participación de los beneficiarios de los proyectos planteados, de los 72 ejidos presentes en la región el programa inicio con la participación de 22 % y en un periodo de 6 años pasó al 71 %.

Palabras clave: Evaluación, Programa, Bosque

ABSTRACT

In August 1993, the governments of Canada and Mexico signed an agreement of cooperation for the establishment of the Calakmul Model Forest (CMF) in the state of Campeche. As of 1994, it began its work together with the Regional Council Agroforestry

and Services of Xpujil (RCASX), where they carry out a series of actions with the objective of influencing the improvement of the standard of living of the population without detriment of damaging natural resources. In the present study, an analysis of the practical aspects of peasant participation in the planning of the sustainable management of their natural resources within the CRASX/BMC program was carried out. The work touches on aspects of the institutional framework in which it is carried out, the organization and peasant participation, the available and necessary technology, the available and necessary resources, as well as its evaluation and monitoring. In the planning process of the program and in its execution, there is a great participation of the beneficiaries of the proposed projects, of the 72 communities present in the region, the program began with the participation of 22% and in a period of 6 years, it passed at 71%.

Keywords: Evaluation, Program, Forest

INTRODUCCIÓN

El Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil, S.C. (CRASX) inició sus actividades en 1989, recogiendo la experiencia de una de las primeras organizaciones campesinas de la región, la Unión Pueblo Maya de Campeche. El CRASX apoya la organización ejidal, gestiona la consecución de apoyos técnicos y económicos y diseña y conduce proyectos de manejo forestal, productivos, de investigación y de educación y capacitación, con el fin de lograr un sano desarrollo integral comunitario a través del uso racional y sostenido de los recursos naturales.

En agosto de 1993 los gobiernos de Canadá y México suscribieron un convenio de cooperación para el establecimiento del Bosque Modelo de Calakmul (BMC), cuyo concepto básico es que el bosque puede ser administrado de manera que satisfaga tanto los objetivos económicos como los del medio ambiente. Fue así, que a partir de 1994 el CRASX y el BMC unieron sus esfuerzos con el objetivo común de diversificar y mejorar el uso y la producción de las tierras abiertas al cultivo; mejorar las medidas de conservación, así como la ordenación ecológica y forestal del área, para aumentar el nivel de vida de la población; aumentar el grado de concientización de los habitantes con respecto de las necesidades de proteger los recursos naturales; y rescatar los sitios arqueológicos para darles utilidad en beneficio de las comunidades que los resguardan.

En esta investigación se estudiaron y analizaron los aspectos prácticos de la participación campesina para la planificación del manejo sustentable de los recursos naturales a través de una amplia visión intersectorial para generar conclusiones y sugerencias que muestren las bondades de las experiencias observadas y coadyuven en el mejoramiento de las actividades participativas realizadas por las comunidades y el CRASX/BMC.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el área de influencia del programa Bosque Modelo para Calakmul "Ecología Productiva", la cual se localiza en el sureste del estado de Campeche y se ubica entre las coordenadas 19° 49' 11" y 18° 50' 32" de Latitud Norte y entre las coordenadas 90° 09′ 08″ de Longitud Oeste. Colinda al norte con la Reserva de la Biosfera de Calakmul, al sur con la República de Guatemala, al oeste con la Reserva de la Biosfera de Calakmul y al este con el estado de Quintana Roo.

Como parte de la investigación se consultaron documentos, planes de trabajo e informes relacionados con el Programa de Bosque Modelo en Calakmul, así como información estadística y mapas de la región.

Por el tiempo propuesto para realizar este estudio se decidió aplicar a nivel de campo una entrevista estructurada y dirigida a informantes clave, los que para este caso fueron, principalmente, los técnicos responsables de los Sub-programas y los Delegados de cuatro ejidos socios seleccionados por su participación en varios proyectos del CRASX/BMC, así como algunos directivos del Consejo Regional. Las preguntas estaban orientadas a captar información sobre el proceso de planificación para el manejo sustentable de los recursos naturales, organización y participación campesina, tecnología, uso del suelo y recursos disponibles, principalmente (Rojas, 1988).

De acuerdo con la investigación documental y los datos obtenidos en el trabajo de campo a través de encuesta estructurada, se hizo un análisis descriptivo del fenómeno de estudio con el propósito de conocer de qué forma se daba la participación campesina en el manejo sustentable de sus recursos naturales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Organización y participación campesina para el Manejo Sustentable de los Recursos Naturales. La estrategia de trabajo de la planificación para el desarrollo comunitario y el manejo sustentable de los recursos está basada en la organización y participación campesina en los proyectos. La planificación práctica para el uso de los recursos naturales dentro del contexto del CRASX/BMC comienza con la completa participación de los socios ejidales de cada una de las comunidades adscritas en los proyectos propuestos (Figura 1).

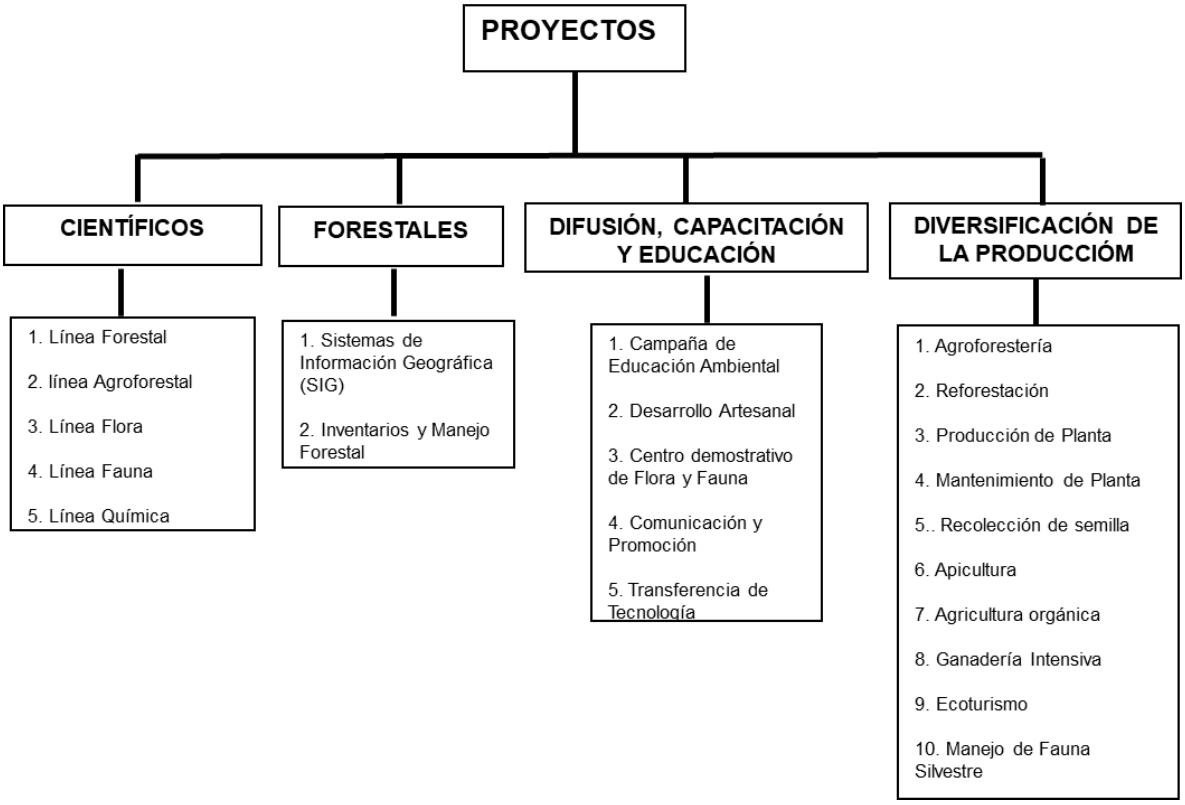


Figura 1. Proyectos del Programa de Bosque Modelo en Calakmul.

El programa Bosque Modelo de Calakmul inicio en 1990 con una participación de 18 de los 72 ejidos que se ubicaban en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de Calakmul y en un periodo de 6 años paso a una participación de 51 ejidos (Figura 2).

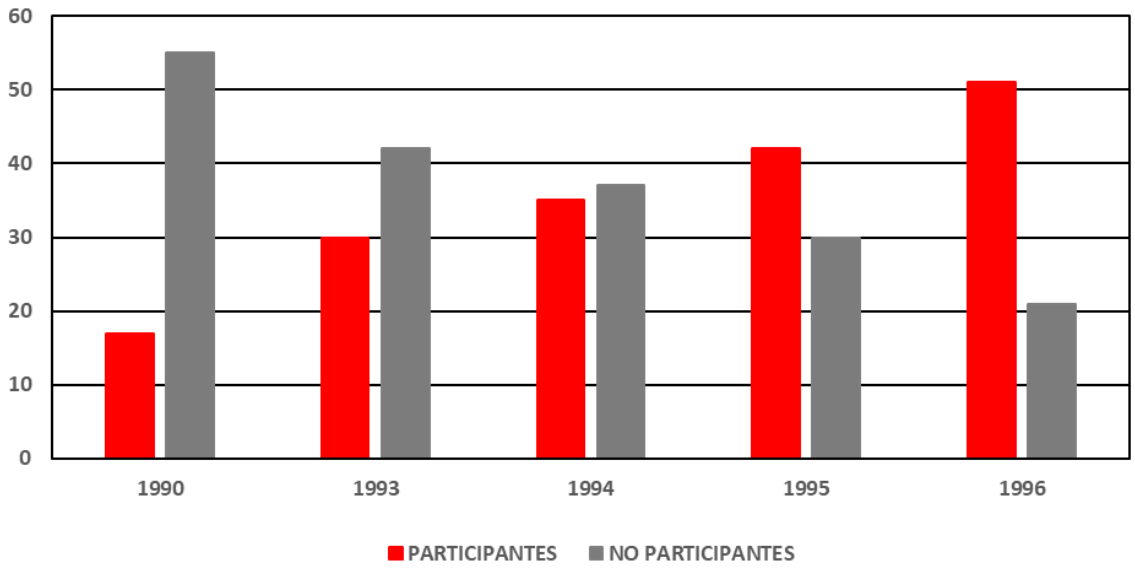


Figura 2. Participación de los Ejidos en Bosque Modelo de Calakmul.

Colaboración institucional. Un componente importante para el apoyo de la planificación para el manejo sustentable de los recursos naturales en la región de Calakmul ha sido la participación activa de otras instituciones, que, aunque de giros diferentes, tienen objetivos que comulgan con los planteados por CRASX/BMC. Estas instituciones contribuyen con fondos y/o soporte técnico para varios de los proyectos desarrollados dentro del área del Bosque Modelo de Calakmul (Cuadro 1).

Cuadro 1. Instituciones Participantes en el Programa Bosque Modelo Calakmul, Campeche.

INSTITUCION	**APORTE**
Universidad Autónoma de Campeche	Sistemas de Información Geográfica (SIG), proyectos de apicultura y educación ambiental.
Gobierno Federal Mexicano	Proyectos de los Sub-programas de Diversificación de la Producción y el de Difusión, Capacitación y Educación Ambiental.
Instituto Nacional Indigenista	Proyecto de apicultura
Gobierno de Canadá	En todos los proyectos
CONABIO	Socio en fotografía aérea. En coordinación con la UAC desarrolla inventarios biológicos de la Reserva.

World Wildlife Fund (WWF)	Inventarios forestales, sensores remotos y SIG
PRONATURA Península de Yucatán	Proyectos de apicultura y agricultura orgánica, captación y manejo del agua, desarrollo del solar y educación ambiental.
Queen's University	Proyectos de investigación sobre aves migratorias.
University of Ottawa, and the Mohawk Council of Akwesasne	Proyecto: Sistemas de Conocimiento Tradicional.
International Centre for Research in Agroforestry	Investigación participativa con campesinos en diseño y evaluación de sistemas agroforestales.
Stanford University	SIG, Flora y Fauna
Universidad Nacional Autónoma de México	Investigación sobre inventario de plantas arbóreas fijadoras de nitrógeno.
Comité Apícola de Xpujil	Formación de apicultores, mejoramiento de la calidad de equipo, incremento de colonias, acopio de miel, siembra de plantas melíferas.

Recursos Disponibles. Las selvas de Calakmul se han utilizado para la agricultura de RTQ desde los tiempos de la civilización maya y a partir del año 1900 se empezó a explotar intensivamente el "palo de tinte", el látex del chicle y la extracción selectiva de cedro y caoba (Richardson, 1995).

El área de influencia del BMC abarca una superficie de 380 mil hectáreas, en 1993 sólo el 36% se encontraba con cubierta de selvas altas, medianas y bajas. El 64% de la superficie fue intervenido por el hombre, dedicando 80 mil hectáreas a las actividades agropecuarias, zonas pobladas y caminos, mientras que 162 mil estaban cubiertas de vegetación secundaria, con edades de entre uno y 20 años, producto de la práctica de RTQ y de quemas accidentales (Bosque Modelo, 1994). Los suelos predominantes de la región se caracterizan por ser delgados, deficientes en fósforo, pedregosos y con baja retención de humedad como los Leptosoles e inundables y de difícil manejo como el caso de los Vertisoles. Las fuentes de agua superficiales son nulas, las subterráneas son difíciles de aprovechar, de mala calidad y las lluvias son erráticas, con un período de sequía de seis meses (Bosque Modelo, 1996).

Las familias disponen de 30 a 50 hectáreas de terreno para realizar sus actividades productivas. Estas pueden incluir selva, áreas potencialmente para mecanizar, huertos frutales diversificados, superficies reforestadas, áreas de pastoreo y zonas para agricultura migratoria. Las áreas para vivienda son de alrededor de mil metros cuadrados, permitiéndoles el cultivo de árboles frutales y maderables, hortalizas y medicinales y la cría de animales de traspatio. Además, muchas comunidades cuentan con áreas forestales permanentes de uso comunal para la explotación de madera, fauna o ecoturismo.

En la región existían 72 comunidades que mantienen a 16 mil habitantes, la mitad de estos son menores de 15 años y el 80% de los individuos económicamente activos trabajan en el sector agropecuario y forestal. Las familias campesinas hacen un alto uso de la mano de obra familiar, y dependiendo de la edad de sus miembros, pueden trabajar desde uno hasta nueve personas; por otro lado, existe un fuerte intercambio de mano de obra entre las familias de la comunidad que puede ser pagada o no. Más de dos mil campesinos de 51 comunidades participan en los 35 proyectos de trabajo y capacitación que desarrolla el CRASX/BMC y para lo cual se cuenta con una plantilla de 32 personas, entre directivos y técnicos.

Ordenamiento territorial y aprovechamiento de los recursos. La región de Calakmul fue poblada por los Mayas desde el 100 a.C. y hacia el final del siglo VI de nuestra era alcanzó su clímax demográfico, haciendo uso de prácticas agrícolas intensivas. Poco antes de la conquista española (Siglo XVI) solo quedaban pequeñas comunidades aisladas que fueron diezmadas por enfermedades y desorganización social. A partir de 1900 se comenzó la explotación del "palo de tinte" y el aprovechamiento del látex de chicle; en la década de los 40 las selvas fueron concesionadas a empresas madereras para la explotación selectiva de cedro y caoba; en los años 60 se dio la primera fase de colonización masiva para fomentar la explotación chiclera y maderera, y en los 80 la segunda para satisfacer las necesidades de tierra de campesinos provenientes de 23 estados de la República, lo que nos indica una gran variación étnica en la zona. Los problemas sociales vividos en Chiapas y otros estados continúan alimentando la inmigración hacia la región (Bosque Modelo, 1994).

En el área de influencia del BMC existen 72 ejidos, un sistema comunal de tenencia de la tierra que nació de la Revolución Mexicana a principios del siglo XX como un mecanismo para entregar la tierra "a los que la trabajan", y que debido a la reciente modificación del Artículo 27 de la Constitución Mexicana, ahora puede ser vendido, rentado o hipotecado, lo

que ha promovido la parcelación o división del área ejidal. El 71% de los ejidos son socios del CRASX/BM; las dotaciones de tierra y el número de ejidatarios por ejido son variables: 82% de ellos son menores de 10 mil hectáreas, en 94% el número de ejidatarios es menor a 100 y en el 63% de los ejidos la población total fluctúa entre 100 y 300. Del total de ejidos asociados, 36 han establecido áreas forestales permanentes comunales, con el objetivo de cuidar, manejar y explotar racionalmente los recursos maderables y no maderables, faunísticos y arqueológicos.

Las comunidades ejidales de la región hacen un uso diversificado de sus recursos naturales. En las áreas forestales permanentes se realizan aprovechamientos comunales organizados para la corta de madera bajo un manejo forestal rotacional a 20 o 25 años, la extracción de chicle, la cacería de animales silvestres para el autoconsumo y el ecoturismo basado en la visita a sitios arqueológicos, paisajes naturales y la observación de la vida silvestre. A nivel de la unidad de producción familiar, el aprovechamiento de los recursos naturales gira en torno al sistema "milpa" o agricultura itinerante, donde los productos principales son maíz, frijol y calabaza para el autoconsumo; de la tumba de la vegetación se aprovecha la leña y maderas para construcción y eventualmente se puede producir carbón. La cacería y la apicultura alrededor de las "milpas" es común. Todas las familias campesinas complementan su dieta e ingresos con la producción de frutas y hortalizas y la cría de aves y cerdos en el solar. La venta estacional de su mano de obra es una estrategia común. El chile jalapeño es el único cultivo comercial de la región, pero es también una seria amenaza para la deforestación de la selva en el área de amortiguamiento de la reserva protegida de Calakmul.

Evaluación y monitoreo. Dentro del Programa Bosque Modelo de Calakmul no se consideró un subprograma de evaluación que retroalimente a sus integrantes sobre el cumplimiento de sus metas y objetivos, así como de la aplicación de los recursos materiales, humanos y financieros. Se llevaron acciones de evaluación en forma aislada, sobre todo para vigilar la aplicación de los recursos destinados para reforestación por instituciones de los gobiernos federal, estatal y municipal, siendo el enlace entre la comunidad, técnicos y auditores, el responsable o coordinador de proyectos de la comunidad que nombra para tal fin cada uno de los ejidos participantes.

CONCLUSIONES

En el contexto del área de influencia Bosque Modelo de Calakmul existen varias instituciones que apoyan la planificación del uso sustentable de los recursos naturales.

Las comunidades o ejidos tienen una estructura interna que les permite interaccionar y gestionar apoyos. sin embargo, las difíciles condiciones de vida en la región exigen mejoras en la organización y participación.

Los proyectos de investigación científica son poco apreciados por los productores participantes en el programa.

Los recursos disponibles en la región son escasos y una gran proporción están degradados.

REFERENCIAS

Boege E. 1996. El Desarrollo Sustentable y la Producción Campesina e Indígena: Una Aproximación Agroecológica" en: La ´Sociedad Mexicana Frente al Nuevo Milenio, Volumen III. El Acceso a los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable. (Primera Edición). Ed. Plaza Valdez, INAH-UAM- UNAM. México, D.F.

Bosque Modelo. 1994. "Bosque Modelo para Calakmul, Ecología Productiva", propuesta. Quebec, Canadá: Ministry of Supply and Services

Bosque Modelo. 1996. "Bosque Modelo para Calakmul, Ecología Productiva", Plan de trabajo 1996-1997, Campeche, Camp. México.

Richardson, L. **1995**. Análisis de agroecosistemas en Narciso Mendoza, Campeche, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México, D.F. 147 p.

Rojas Soriano, R. 1988. Investigación Social "teoría y praxis", Plaza y Valdés editores, México, D.F.

EVALUACION DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL SORGO FORRAJERO CON DIFERENTES LÁMINAS EN UN SISTEMAS DE RIEGO SUPERFICIAL

Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel[1]; González-Mancilla, Apolinar[1]; Bustamante-Andrade, Jorge Arturo[1]; Esquivel-Romo, Amaury[1]; Ríos-Vega, María Esther[1§]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111. [§]e-mail: esther.rios@ujed.mx

RESUMEN

El aumento de cabezas de bovino de leche en la Comarca Lagunera representa un panorama grave en cuanto al abasto del agua y a la producción de alimentos, pues al contrario de lo que sucede con la población de animales, el recurso hídrico disminuye con el paso del tiempo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad nutricional del cultivo del sorgo forrajero bajo diferentes láminas en un sistema de riego superficial.

El trabajo se estableció el 19 de abril del 2013, en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Matamoros, Coahuila, México. El sistema de riego evaluado fue riego por superficie. Las láminas aplicadas correspondieron al 100, 75 y 50% de evaporación libre del tanque evaporímetro clase “A”. La cosecha se realizó cuando el grano se encontraba en la etapa de lechoso masoso. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos con el 100 y 75% de evaporación aplicada fueron similares y superiores estadísticamente ($p< 0.05$) al 50% de la evaporación en las variables Altura, RFV, MS%, RFS, FDA y LIG. No se mostraron diferencias significativas entre tratamientos en las variables PC, FDN, CNF, TDN y ENL.

Palabras clave: láminas de riego, rendimiento, calidad nutricional

ABSTRACT

The increase in the number of dairy cattle in the Comarca Lagunera represents a serious panorama in terms of water supply and food production, since contrary to what happens with the animal population, the water resource decreases over time. The objective of this

work was to evaluate the yield and nutritional quality of the forage sorghum crop under different layers in a surface irrigation system.

The work was established on April 19, 2013, in the La Laguna Experimental Field (CELALA) of the Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) located in Matamoros, Coahuila, Mexico. The irrigation system evaluated was surface irrigation. The sheets applied corresponded to 100, 75 and 50% free evaporation from the class "A" evaporimeter tank. The harvest was carried out when the grain was in the stage of milky dough. The experimental design used was randomized complete blocks with 4 replicates. The treatments with 100 and 75% evaporation applied were similar and statistically superior ($p< 0.05$) to 50% evaporation in the variables Height, RFV, MS%, RFS, FDA and LIG. There were no significant differences between treatments in the variables PC, FDN, CNF, TDN and ENL.

Keywords: irrigation sheets, performance, nutritional quality

INTRODUCCION

En los estados de Coahuila y Durango se contabilizaron un total de 604,811 cabezas de ganado de bovino de leche [Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2022] Esto representa un panorama grave en cuanto al abasto del agua y a la producción de alimentos, pues al contrario de lo que sucede con la población de animales, el recurso hídrico disminuye con el paso del tiempo. Además, si a lo anterior se le suma que la agricultura, el mayor consumidor de agua en el mundo utiliza el 80% de esa agua destinada para fines de riego, no deja mucho margen para el abastecimiento de agua para consumo humano [Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2016]. El sorgo es una especie alternativa al maíz para producción de forraje en primavera y verano en la región norte-centro de México. En la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango este cultivo alcanzó valores de 24,494.1 hectáreas cosechadas con un rendimiento promedio de 46.5 t ha^{-1}. Se obtuvo una producción total de forraje de 1,137,417.75 toneladas con un valor comercial de 1,776,974,680 pesos (SIAP, 2022). Con estos indicadores, el sorgo forrajero se ha constituido como el tercer cultivo de mayor importancia en la producción de forraje en la Comarca Lagunera superado solo por los cultivos de maíz forrajero (*Zea mayz*. L.) (49,250 ha) y alfalfa (*Medicago sativa*) (40032.4 ha). Entre las ventajas del sorgo radica su alta productividad, eficiencia en el uso del agua de riego y tolerancia en el suelo salinos en comparación al maíz forrajero. (Bolsen, 2004). El valor nutritivo del forraje está fuertemente relacionado con su composición química y digestibilidad, las cuales varían ampliamente

entre forrajes (Fox *et al*., 1975). Entre los factores que causan esta variabilidad están la especie, fertilización y estado de madurez (Millar y O´Dell, 1969). Sin embargo un buen manejo del riego debe lograr optimizar la producción de los cultivos al minimizar el daño causado por el estrés durante su desarrollo sin comprometer la calidad, (Stone *et al*., 2001) pero al mismo tiempo debe minimizar las pérdidas de agua para garantizar la sustentabilidad de los agrosistemas.

El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad nutricional del cultivo del sorgo forrajero bajo diferentes láminas en un sistema de riego superficial.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias en las instalaciones del Campo Experimental la Laguna, ubicado en Matamoros, Coahuila, México, a una altitud de 1150 msnm, entre los paralelos 25° 32´ de latitud norte y los meridianos 103° 14´ de longitud oeste. Se realizó un experimento utilizando el sistema de riego superficial. La siembra se realizó en húmedo el día 19 de abril del 2013 en un suelo de textura arcillosa**.** Se utilizó el sorgo variedad Silo Miel, la densidad de siembra fue de 170 000 plantas ha^{-1} y la separación entre surcos de 0.76m. La dosis de fertilización fue 280 - 80 – 00, N – P - K. Se aplicó la mitad del N y todo el P al momento de la siembra. La otra mitad de N se aplicó en el primer riego de auxilio. Las fuentes de fertilización fueron Urea y MAP. Se evaluaron tres láminas de riego que correspondieron al 100 (T1), 75 (T2) y 50% (T3) de la evaporación libre del tanque evaporímetro clase “A”. El número de riegos varió desde cuatro hasta seis aplicaciones. El primer riego fue el de aniego 10 días antes de la siembra (das). A partir de los 28 días después de la siembra (dds) se aplicaron los tratamientos. El número de auxilios fueron los siguientes: T1 (5 auxilios), T2 (4 auxilios), T3 (3 auxilios). El riego de las parcelas experimentales se realizó con conducción presurizada a través de tubería con un sistema por multicompuertas. Para la aplicación de forma precisa del volumen de agua, en cada unidad de riego se contó con medidores de presión. En el establecimiento se realizó una evaluación y prueba de calidad del sistema, además se utilizó un medidor volumétrico previamente calibrado. Las parcelas experimentales fueron de 24.32 m^2; la parcela útil fue de 7.6 m^2 para estimar el rendimiento de forraje verde (RFV) (t ha^{-1}). La cosecha se realizó en estado lechoso masoso, lo cual ocurrió a los 127 dds. Posteriormente, se tomó una muestra de un kilogramo y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65 ° C durante 72 h para determinar el porcentaje de materia seca (MS) y estimar el rendimiento de forraje seco (RFS) (t ha^{-1}).

Para la evaluación de la calidad nutricional, se tomaron muestras de plantas completas de aproximadamente un kilogramo y se secó de la misma manera. Se determinó contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no fibrosos (CNF), lignina (LIG), total de nutrimentos digestibles (TND) y energía neta de lactancia (ENL) mediante espectroscopia en el cercano infrarrojo previamente calibrado. Se tomaron datos de altura en cinco plantas al momento de la cosecha. El diseño experimental utilizado en los dos experimentos fue bloques completos al azar con 4 repeticiones. Se realizó un análisis de varianza con el programa SAS 9.2 bajo los procedimientos GLM y múltiple comparación de medias (DMS).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la variable rendimiento de forraje verde (RFV) se observó diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos, en los que al restituir el 100% de la evaporación con 73.56 t ha^{-1} resulto estadísticamente similar al 75% de la evaporación con 66.35 t ha^{-1} y superior al 50% con 54.46 t ha^{-1} (cuadro 1), estos rendimientos están por debajo de lo reportado por Zabala-Borrego *et al.,* (2021) donde al evaluar una variedad de sorgo obtuvieron rendimientos de 109 y 97 t ha^{-1} al aplicar 80 y 100% de la evapotranspiración respectivamente.

De igual forma para la variable altura, los tratamientos 100 y 75% de la evaporación restituida con 2.71 y 2.58 m respectivamente fueron estadísticamente superiores con respecto al 50% de la evaporación con un valor de 2.14 m (cuadro 1), este comportamiento fue similar a lo reportado por Zabala-Borrego *et al.,* (2021) en el que mencionan que en la aplicación del 100 y 80% de la evapotranspiración se mostraron los datos estadísticamente superiores, sin embargo numéricamente superan los resultados de este trabajo con 4 y 3.9 m respectivamente.

Con respecto al porcentaje de materia seca MS% al restituir el 75% de la evaporación se obtuvo 29.37% estadísticamente similar al 100% de la evaporación con 28.16% y superior al 50% con 25.77% (cuadro 1).

En la variable rendimiento de forraje seco (RFS) los tratamientos con la aplicación del 100 y 75% de la evaporación fueron similares estadísticamente con 20.64 y 19.48 t ha^{-1} respectivamente y superiores ($P<0.05$) al 50% de la evaporación con 14.04 t ha^{-1}, esta tendencia es similar a la reportada por Zabala-Borrego *et al.,* (2021) en la que en la aplicación del 100 y 80% de la evapotranspiración fueron superiores los resultados con respecto al tratamiento más bajo con 60% de la evapotranspiración con 33, 34 y 24 t ha^{-1}.

Las variables fibra detergente acida (FDA) y lignina (LIG) tuvieron comportamiento similar entre sí, en el que el 100% de la evaporación restituida fue estadísticamente igual al tratamiento con el 75% de la evaporación, pero superior al 50%.

No se mostró diferencia significativa (P>0.05) entre tratamientos en las variables: proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF), total de nutrientes digeribles (TND) y energía neta de lactancia (ENL Mcalkg^{-1}) (cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta de variables de rendimiento y calidad nutricional a diferentes tratamientos de riego aplicados con el sistema de riego superficial en sorgo forrajero.

	Evaporación (%)		
Variable	**100**	**75**	**50**
LR (cm)	94	70	53
RFV (t ha$^{-1)}$	73.56 a	66.35 ab	54.46 b
Altura (m)	2.71 a	2.58 a	2.14 b
MS%	28.16 ab	29.37 a	25.77 b
RFS (t ha^{-1})	20.64 a	19.48 a	14.04 b
PC %	7.39 Ns	7.65	8.47
FDA %	41.59 a	39.84 ab	38.39 b
FDN %	62.36 Ns	62.57	60.8
LIG%	6.62 a	6.18 ab	5.46 b
CNF%	20.26 Ns	20.19	20.26
TND%	53.58 Ns	54.43	55.1
ENL(Mcalkg^{-1})	1.15 Ns	1.18	1.21

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0.05)

Ns= Diferencia no significativa

Lamina de riego (LR), Rendimiento de forraje verde (RFV), Porciento de materia seca(MS%), Rendimiento de forraje seco(RFS), Proteína cruda (PC), Fibra detergente ácida (FDA), Fibra detergente neutra (FDN), Lignina (LIG), Carbohidratos no fibrosos (CNF%), Total de nutrientes digeribles (TND), Energía neta de lactancia (ENL).

CONCLUSIONES

Los tratamientos de riego a diferentes niveles de evaporación afectaron significativamente los valores de las variables del experimento; rendimiento de forraje verde (RFV), altura,

porciento de materia seca (MS%) y rendimiento de forraje seco (RFS), fibra detergente acida (FDA) y lignina (LIG). Los tratamientos con la aplicación del 100 y 75% de la evaporación obtuvieron los mejores resultados por encima de la aplicación del 50%.

En lo que respecta al rendimiento de forraje verde, los tratamientos con la aplicación de 100 y 75% de la evaporación fueron similares estadísticamente, sin embargo, existe diferencia numérica de 7.21 t ha^{-1}que podría considerarse al momento de seleccionar el tratamiento a aplicar.

No se mostró diferencia significativa en las variables: proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF), total de nutrientes digeribles (TND) y energía neta de lactancia (ENL $Mcalkg^{-1}$) (cuadro 1).

REFERENCIAS

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2016). Clasificación de la intensidad de sequía.

Zavala-Borrego, F.; Reyes-González, A.; Álvarez-Reyna, V.; García-Carrillo, M.; Rodríguez-Moreno, V. y Preciado-Rangel, P. Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración sobre área foliar, temperatura superficial, potencial hídrico y rendimiento en sorgo forrajero. Terra Latinoamericana [online]. 2021. Vol.39 Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100150&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2395-8030. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.954.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Anuario estadístico de la producción https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Bolsen, K.K. Sorgum Silage: A Review of 25 years of research at Kansas State University. In the Southeast Dairy Herd Management Conference. Macon, GA. 2004.

Fox, D.G.; Barry, M.C.; Pitt, R.E.; Roseler, D.K. & Stone, W.C. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein Model for cattle consuming forages. J Anim. Sci 1995;(73):267–277.

Millar, W.J.& O´Dell, G.D. Nutritional problems of using maximum concentrates in dairy rations. J Dairy Sci 1969;(52):1144–1154.

Stone, P.J.; Wilson, D.R.; Reid, J.B. y Gillespie, R.N. Efectos del déficit de agua en el maíz dulce. I. Uso del agua, eficiencia en el uso de la radiación, crecimiento y rendimiento. 2001. *Revista australiana de investigación agrícola* **52** , 103-113.

EVALUACIÓN DE SOLIDOS SOLUBLES DE NARANJA TEMPRANA EN CONDICIONES DE ALTAS TEMPERATURAS Y ESTRÉS HÍDRICO EN EL SUR DE SONORA

Rosario Angélica Salcido-Santillán1*, Jesús Arturo Samaniego-Russo1

INIFAP-Campo Experimental Norman E. Borlaug, Correo electrónico: Correo: rosarioangelica.rass@gmail.com

RESUMEN

El contenido en azúcares se puede medir directamente por procedimientos químicos, pero como éste es el componente mayoritario de los sólidos solubles (un 80% del total de los sólidos), resulta más fácil e igualmente útil determinar los sólidos solubles totales en el jugo extraído con la ayuda de un refractómetro o un hidrómetro (Wills et al, 1984). Para las naranjas se considera una relación de mínima de 10 partes de solidos solubles por una acidez (10:1 SST/acidez) con 9° Brix también como mínimo (Barreto loor 2010). Los cítricos, al igual que todas las plantas, necesitan temperaturas apropiadas para su cultivo y agua para sobrevivir y crecer (INCA, 2010). Valdez Gascón dice que Los factores climáticos más importantes para el desarrollo y producción de los árboles son la temperatura y la humedad ambiental. Las especies de cítricos tienen diferentes exigencias de temperaturas, pero en forma general se desarrollan y producen bien en un rango de 10 a 40 ºC, siendo el óptimo de 24 a 32 ºC. El objetivo de éste trabajo fue evaluar los sólidos solubles (grados Brix) en naranja temprana en condiciones de altas temperaturas y estrés hídrico en el sur de sonora. El presente estudio se desarrolló en el área de influencia del Sitio Experimental del Valle del Mayo, durante el año 2022, En la huerta propiedad del agricultor cooperante Cristóbal Campos Blanco, se plantó el mes de marzo del 2006. Las variedades de naranja temprana evaluadas son; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana Y Hamlin. La variable analizada estadísticamente fue: porcentaje de solidos solubles. Al realizar el análisis de varianza mostró diferencia significativa entre variedades y al realizar la separación de medias resulto superior la variedad Trovita al resto de genotipos.

Palabras clave: Naranja, solidos solubles, °Brix.

ABSTRAC

The sugar content can be measured directly by chemical procedures, but since this is the major component of the soluble solids (80% of the total solids), it is easier and equally useful to determine the total soluble solids in the juice extracted with the aid of a refractometer or a hydrometer (Wills et al, 1984). For oranges, a ratio of at least 10 parts of soluble solids per acidity (10:1 TSS/acidity) with a minimum of 9° Brix is also considered (Barreto loor 2010). Citrus, like all plants, need appropriate temperatures for their cultivation and water to survive and grow (INCA, 2010). Valdez Gascón says that the most important climatic factors for the development and production of trees are temperature and environmental humidity. Citrus species have different temperature requirements, but in general they develop and produce well in a range of 10 to 40 ºC, with 24 to 32 ºC being optimal. The objective of this work was to evaluate the soluble solids (Brix degrees) in early orange under conditions of high temperatures and water stress in southern Sonora. The present study was carried out in the area of influence of the Valle del Mayo Experimental Site, during the year 2022. In the orchard owned by the cooperating farmer Cristóbal Campos Blanco, the month of March 2006 was planted. The early orange varieties evaluated are ; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana and Hamlin. The statistically analyzed variable was: percentage of soluble solids. When performing the analysis of variance, it showed a significant difference between varieties and when performing the separation of means, the Trovita variety was superior to the rest of the genotypes.

Keywords: Orange, soluble solids, °Brix.

INTRODUCCION

Entre los factores abióticos más perjudiciales para la producción citrícola se encuentran las variaciones extremas de temperatura, la sequía, las inundaciones o la salinidad del agua de riego y del sustrato, todos ellos factores ligados como hemos visto con el cambio climático. Las altas temperaturas afectan a las plantas de los cítricos y provocan un incremento de la transpiración y la fotosíntesis, desestabilizando las membranas celulares y originando un incremento del daño oxidativo. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de los cítricos se estima entre 22-34 oC. Temperaturas por encima de este rango provocan la abscisión de frutos y/o la reducción de su tamaño. También se ven afectados parámetros de calidad organoléptica del fruto como el contenido total de sólidos solubles (TSS) la acidez total (TTA), que disminuyen notablemente, lo que deprecia el valor

comercial de la cosecha (Pereira et al., 2017; Zandalinas et al., 2016; Zandalinas et al., 2017). L. Un déficit hídrico afecta negativamente las funciones fisiológicas como: fotosíntesis, respiración, reacciones metabólicas y anatómicas, crecimiento, reproducción, desarrollo de semillas, absorción de nutrientes minerales, transporte de asimilados y producción (Quiñones et al., 2007; García-Sánchez et al., 2003; Ortuño et al., 2004). En los cítricos en condiciones de clima mediterráneo la falta de agua constituye un factor limitante del crecimiento del fruto (Pérez-Pérez et al., 2009) y en general de la producción (Ginestar and Castel, 1996b; Romero et al., 2006).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se ubica En la huerta propiedad del agricultor cooperante Cristóbal Campos Blanco, son 5 ha y se encuentra ubicada en el poblado Sahuaral, Etchojoa, al sur de Sonora, el clima fue clasificado como muy seco o desértico, muy cálido. Con un suelo migajón – arenoso, el contenido de materia orgánica oscila de 0.75-0.90 %. La huerta se estableció el mes de marzo del 2006 (edad de la huerta 16 años).El arreglo de plantación es de 8 x 4 m de separación entre plantas establecidas bajo riego por micro aspersión.

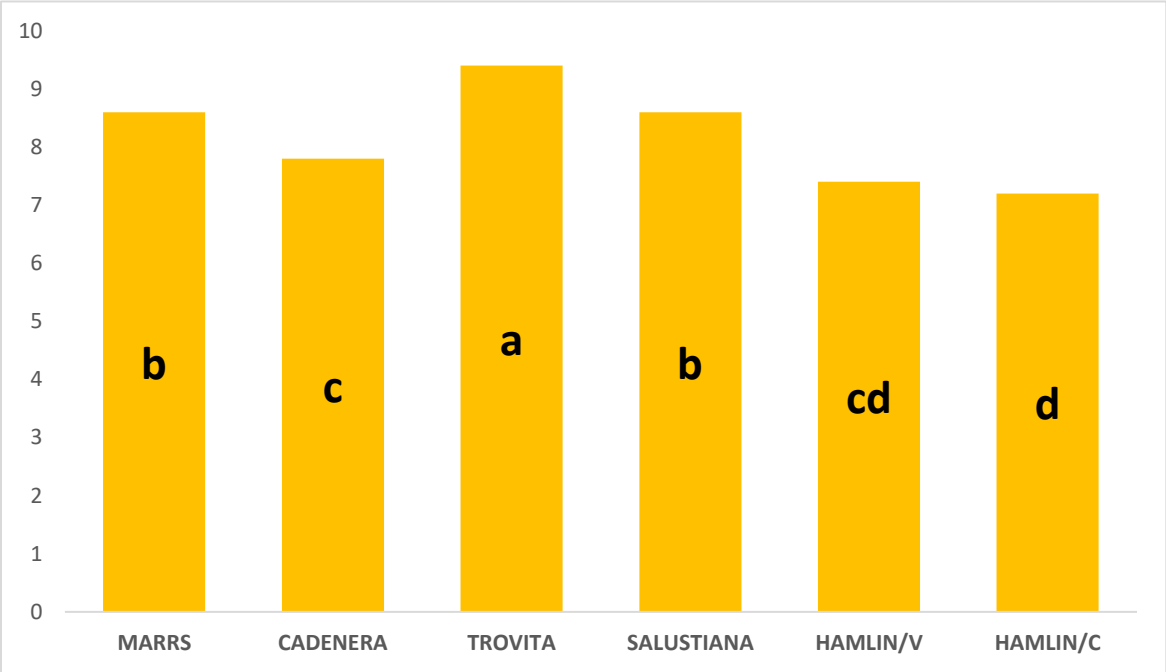
Las diferentes combinaciones Variedad-Portainjerto, se plantaron en Campo, utilizando 5 plantas por cada material; el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cinco repeticiones. Se tomaron los datos de las variables analizadas, y la separación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey al 5 %. Las variedades de naranja temprana son; Marrs, Cadenera, Trovita, Salustiana y Hamlin. Las variables evaluadas fueron: Número de frutos abortados, peso de fruto y porcentaje total de pérdida. El monitoreo y control de plagas y enfermedades que se presentaron fueron controladas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones fueron un factor limitante para el desarrollo adecuado del fruto de naranja y sus características, las temperaturas máximas presentadas en un periodo de un mes, que abarca del 10 de agosto al 9 de septiembre del 2022, fueron; 38.6° 38.7°,38.9°C. Aunado al estrés hídrico de la planta, debido a un problema de operación en la fuente de agua (pozo), lo que llevo a no tener riego en huerta por el periodo antes mencionado.

PORCENTAJE DE SOLIDOS SOLUBLES:

Para esta variable el análisis estadístico mostró diferencia significativa entre variedades y al realizar la separación de medias resulto superior la variedad Trovita al resto de genotipos con 9.4° Brix, seguida por Marrs con 8.6° que a su vez igual a Salustiana con 8.6°, superiores a Cadenera con valor de 7.8° e igual estadísticamente a Hamlin/V con valor de



7.4°, que a su vez es igual a Hamlin/C con valor de 7.2° Brix.

Fig. 1. PORCENTAJE DE SOLIDOS SOLUBLES (PSS) DE SEIS VARIEDADES NARANJA TEMPRANA EN EL SUR DE SONORA 2022.

CONCLUSIONES

La variedad que mantuvo los grados promedios a pesar de las condiciones presentadas fue Trovita, y la variedad con valores más bajos en grados Brix fue la variedad Hamlin/C.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 2010. Congreso Científico del INCA, XVII, San José de las Lajas, 22-26 nov. 2010.- 978-959-7023-48-7"

BARRETO LOOR (2013) El cultivo de la naranja. Consultado el 20 de diciembre del 2013. Disponible en http://repositorio.espam.edu.ec/handle/123456789/351

Pereira, F. F. S., Sánchez-Román, R. M., & Orellana González, A. M. G. (2017). Simulation model of the growth of sweet orange (Citrus sinensis L. Osbeck) cv. Natal in response to climate change. Climatic Change, 143(1), 101–113

Pérez-Pérez JG, Robles JM, Botía P.Influence of deficit irrigation in phase III of fruit growth on fruit quality in 'lane late' sweet orange.Agricultural Water Management, 2009; 96: 969-974.

Quiñones A, Martínez-Alcántara B, Legaz F. Influence of irrigationsystem and fertilization management on seasonal distribution of N in the soil profile and on N-uptake by citrus trees.Agriculture: Ecosystems and Environment, 2007;122: 399-409.

EVALUACIÓN DE UNA NUEVA VARIEDAD DE POLINIZACIÓN LIBRE DE SORGO BLANCO

Ulises Aranda Lara [1*], Jorge Elizondo Barrón [1], Héctor Williams Alanís [2], Leonardo García Lara [3], Rosendo Hernández Martínez[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. [2]Ex INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. [3]Instituto Tecnológico de Roque ubicado en carretera Celaya - Juventino Rosas. *aranda.ulises@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar mediante un ensayo de rendimiento una nueva variedad de polinización libre de sorgo blanco. El experimento se estableció bajo condiciones de temporal el 26 de enero de 2023, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2022/2023, en el municipio de Matamoros, Tamaulipas. El experimento incluyó dos variedades de polinización libre (RB-Williams del programa de mejoramiento genético de sorgo de Río Bravo INIFAP y RB-Paloma utilizo como testigo comercial). El manejo agronómico fue conforme al paquete para temporal recomendado por el INIFAP. Se empleó un diseño de bloques completos al azar. Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento. La variable evaluada fue rendimiento de grano. Los datos se efectuaron analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indican que, bajo condiciones de temporal; la mejor variedad fue la RB-Williams al obtener 1, 595 kg ha^{-1} más en rendimiento de grano que el testigo. La variedad RB-Williams mostró ser superior al testigo comercial

Palabras clave: Evaluar, Variedades de sorgo, Temporal.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate through a yield trial a new open pollinated variety of white sorghum. The experiment was established under rainfed conditions on January 26, 2023, in the fall-winter 2022/2023 agricultural cycle, in the municipality of Matamoros, Tamaulipas. The experiment included two open pollinated varieties (RB-Williams from the Rio Bravo INIFAP sorghum breeding program and RB-Paloma used as a commercial control). Agronomic management was in accordance with the rainfed package recommended by INIFAP. A randomized complete block design was used. Three

replications per treatment were used. The evaluated variable was grain yield. Data were analyzed by analysis of variance and comparison of means using Tukey's test ($P \leq 0.05$). The results indicate that, under rainfed conditions, the best variety was RB-Williams, obtaining 1,597 kg ha-1 more in grain yield than the control. The RB-Williams variety proved to be superior to the commercial control.

Keywords: Evaluate, Sorghum Varieties, Rainfed.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cereal que se usa tanto para el consumo humano como para la alimentación animal. El incremento de la población y la demanda de alimentos, en especial de alimentos de origen animal, crea oportunidad en el ambiente del desarrollo agrícola y la ganadería (FAO 2011). Por tal motivo es necesario la búsqueda de cultivos más eficientes en relación al requerimiento hídrico, el cultivo de sorgo tiene una necesidad de agua del 25 % menos en comparación con el maíz (Merrill *et al.,* 2007).

En México 10 entidades federativas participan en la producción nacional, de las cuales, tres de ellas presentan el mayor porcentaje del valor de la producción, en las que destaca Tamaulipas con 41.5 %, y Guanajuato con 22.2 % y Sinaloa con 7.1 %. En Tamaulipas, en el 20021, 34 municipios generaron la totalidad del valor de producción de sorgo grano con 9 mil 198 millones de pesos, que representan 41.5% del valor de la producción nacional del forraje. (Panorama Agroalimentario, 2022).

Una de las principales razones por las cuales existe una carencia de alimentos de origen animal, es el elevado costo de producción en el cultivo de sorgo, debido que la semilla disponible utilizada para siembra es de híbridos, por lo tanto, su precio es alto y la mayoría es importada de empresas transnacionales (Williams *et al.,* 2006; Williams *et al.,* 2021). Por lo anterior, generar variedades de polinización libre presenta una ventaja sobre la economía regional, ya que genera empleos directos e indirectos y disminuye los aranceles que ocasiona la importación de semilla de híbridos de sorgo; además de reducir los costos de producción del cultivo. La utilización de variedades de polinización libre, además de presentar una alternativa en reducir costos, en comparación a la producción de semilla de los híbridos, que facilita la multiplicación de la semilla (Flores *et al.,* 2012; Hernández y Moreno, 2014; Williams *et al.,* 2021). El objetivo del estudio fue evaluar mediante un ensayo

de rendimiento una nueva variedad de polinización libre de sorgo blanco en condiciones de temporal en el norte de Tamaulipas.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció bajo condiciones de temporal el 26 de enero de 2023, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2022/2023, con un agricultor cooperante del Rancho Olivares en el municipio de Matamoros, Tamaulipas, localizado en las coordenadas geográficas 25° 34' 57.3" latitud norte y 97° 36' 47.1" longitud oeste. El experimento incluyó dos variedades de polinización libre (la variedad experimental 196-2 (RB-Williams), del programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental Río Bravo-INIFAP y RB-Paloma, utilizada como testigo comercial). El manejo agronómico fue conforme al paquete para temporal recomendado por el INIFAP. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales consistieron de 8 surcos de 50 m de longitud y 0.9 m de separación. La siembra se realizó en suelo húmedo en doble hilera. La variable estimada fue rendimiento de grano en t ha^{-1} ajustado al 14 % de humedad. En cada repetición se seleccionaron dos surcos centrales y se cosecho el grano en 6 m lineales, evitando el efecto de la orilla. Los datos se analizaron con el programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016), mediante un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en la figura 1, donde se observa que la variable de respuesta rendimiento de grano en condiciones de temporal; se encontraron valores de 9.6 t ha^{-1} en la variedad RB-Williams, por otro lado, en la variedad testigo RB-Paloma se obtuvieron resultados de 8.0 t ha^{-1}. La media de rendimiento de grano fue de 8.8 t ha^{-1}. De acuerdo a los datos obtenidos en la figura 1 en la presente evaluación se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades de sorgo, hubo una diferencia numérica en el rendimiento de grano de 1,597 kg ha^{-1} a favor de la variedad RB-Williams. Resultados similares fueron encontrados por Williams *et al.,* 2021 en el sur de Tamaulipas, en donde obtuvieron rendimientos de 3.5 t ha^{-1} donde la variedad fue reportada como 196-2 la cual fue superior en rendimiento numéricamente al testigo RB-Paloma, además, se clasificó como estable y rendidora en las localidades de evaluación.

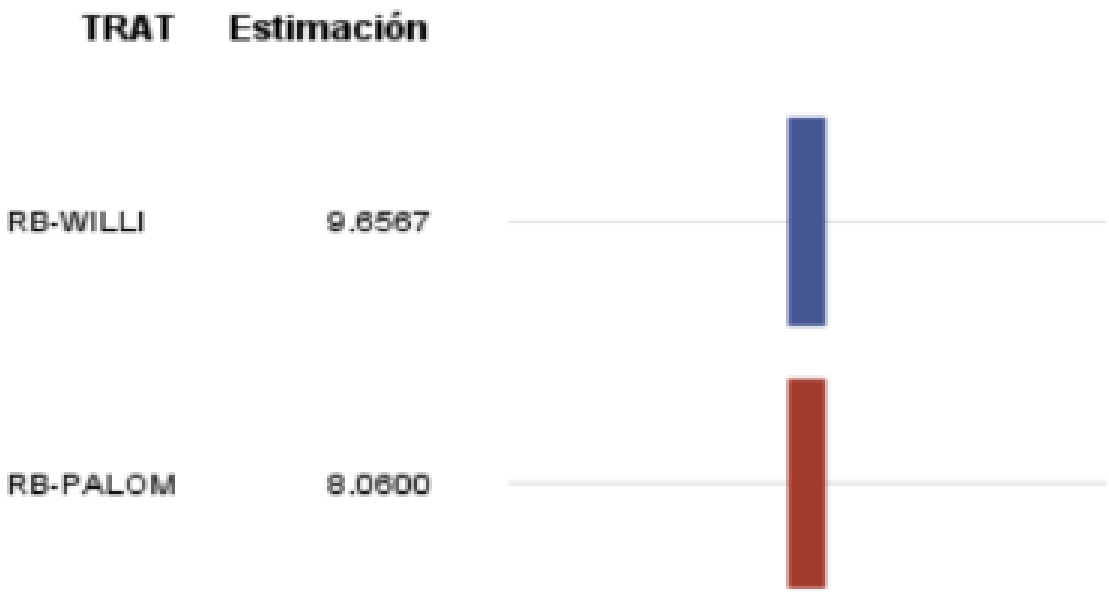


Figura 1. Rendimiento de grano de variedades de polinización libre de sorgo blanco en condiciones de temporal en Matamoros, Tamaulipas, ciclo Otoño-Invierno 2022/2023. TRAT: Variedades, Valores con diferentes colores son estadísticamente diferentes. Prueba de medias con Tukey ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

La variedad experimental RB-Williams mostró ser superior al testigo comercial (RB Paloma) en condiciones de temporal en el norte de Tamaulipas.

REFERENCIAS

Flores, N. A., Valdés, L. C. G. S., Rooney, W. L., Olivares, S. E., Zavala, G. F., Gutiérrez, D. A. y Vázquez, B. M. E. (2012). Rendimiento de grano en líneas de sorgo cultivadas bajo riego y riego limitado en Texas. Phyton (Buenos Aires), 81(1), 113-121.

Hernández, E. L. A. Moreno, G. T. (2014). Análisis de las generaciones F1 y F2 de híbridos experimentales y comerciales de sorgo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(1), 49-59.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). (2011). Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. Programa CE-FAO.

Merrill, S. D., Tanaka, D. L., Krupinsky, J. M., Liebig, M. A. and Hanson, J. D. (2007). Soil water depletion and recharge under ten crop species and applications to the principles of dynamic cropping systems. Agronomy journal, 99(4), 931-938.

Panorama Agroalimentario. (2022). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en https://www.gob.mx/siap/es/articulos/panorama-agroalimentario-2022

SAS Institute. 2016. SAS/STAT® 9.1 User'S Guide. Cary, NC: SAS lnstitute lnc. USA. 5121 p.

Williams, H., Montes, N. y Pecina, V. (2006). Sorgo. En: L.A. Rodríguez del Bosque, editor, 50 años de investigación agropecuaria en el norte de Tamaulipas, historia, logros y retos. Libro técnico No. 1. Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Río Bravo, Tam., México. p. 33-54.

Williams, A. H., Aranda, L. U., Arcos, C. G., Zavala, G. F., Rodríguez, V. M. D. C. y Olivares, S. E. (2021). Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. Nova scientia, 13(2):1-19.

EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO CERTIFICADO EN EL CULTIVO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez[1], Alma Angélica Ortiz Avalos[1], José Luis Félix Fuentes[1], Ivón Alejandra Rosas Jauregui[1]

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000,

Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos durante el ciclo otoño-invierno 2016-2017 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, CENEB-CIRNO-INIFAP. En un estudio, se aplicaron 1.357 t ha^{-1} de Nutripellet en banda en dos niveles de disponibilidad de fósforo en el suelo; 13.6 y 38 mg kg^{-1} y con 102 y 80 kg ha^{-1} de nitrógeno. Se sembró en suelo húmedo el 30 de noviembre de 2016 con la variedad CIRNO C2008 y 119 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio. No se aplicó nitrógeno ni fósforo. A los 41 días después de la siembra se analizó la concentración foliar de macro y micro elementos. En otro estudio, se evaluó la aplicación de 9.0 t ha^{-1} de Nutripellet aplicado al voleo antes de la siembra en seco, el 1 de diciembre de 2016 en labranza cero. Se sembró la variedad CIRNO C2008 con 158 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron 400 kg ha^{-1} de urea a voleo antes del segundo riego de auxilio. En este sistema se comparó un calendario de tres y cuatro riegos de auxilio. Para la siembra se utilizó una sembradora de trigo marca SEMEATO de fabricación brasileña. Se utilizó un diseño en franjas de 8 surcos de 110 m de largo (704 m^2). Se tomaron tres muestras en los dos surcos centrales de tres metros de largo (4.8 m^2) para evaluación del rendimiento de grano al 12% de humedad. Los resultados mostraron una mayor concentración de nitrógeno y fósforo en los tratamientos con Nutripellet en relación al testigo. El rendimiento de trigo fue de 4.598 y 5.637 en los tratamientos con cero y 1.357 t ha^{-1} de Nutripellet respectivamente. El rendimiento para 3 riegos de auxilio con y sin Nutripellet fue de 6.957 y 6.067 t ha^{-1} respectivamente y 8.655 t ha^{-1} para el tratamiento con Nutripellet y 4 riegos de auxilio. Se concluyó que la aplicación en banda de 1.357 t ha^{-1} de Nutripellet es una práctica rentable y se recomienda su uso en la producción de trigo orgánico en el Valle del Yaqui, Sonora.

Palabras clave: OMRI, fertilizantes orgánicos

ABSTRACT

Two trials were carried out during the autumn-winter 2016-2017 cycle at the Norman E. Borlaug Experimental Station, CENEB-CIRNO-INIFAP. In one trial, 1.357 t ha^{-1} of Nutripellet were applied in a band at two levels of phosphorus availability in the soil; 13.6 and 38 mg kg^{-1} and with 102 and 80 kg ha^{-1} of nitrogen. It was sown on wet soil on November 30, 2016 with the CIRNO C2008 variety and 119 kg ha^{-1} of seed. Four complementary irrigations were applied. No nitrogen or phosphorus was applied. At 41 days after sowing, the foliar concentration of macro and micro elements was analyzed. In another study, the application of 9.0 t ha^{-1} of Nutripellet applied by broadcast before dry sowing on December 1, 2016 in zero tillage was evaluated. The CIRNO C2008 variety was sown with 158 kg ha^{-1} of seed. 400 kg ha^{-1} of urea were applied broadcast before the second complementary irrigation. In this system, a schedule of three and four complementary irrigations was compared. For sowing, a wheat seeder equipment SEMEATO brand of Brazilian manufacture was used. A strip design of 8 rows of 110 m in length (704 m^2) was used. Three samples were taken in the two central rows of three meters in length (4.8 m^2), for grain yield evaluation at 12% humidity. The results showed a higher concentration of nitrogen and phosphorus in the Nutripellet treatments in relation to control. The wheat yield was 4.598 and 5.637 in the treatments with zero and 1.357 t ha^{-1} of Nutripellet respectively. The respective yield for 3 complementary irrigations with and without Nutripellet was 6.957 and 6.067 t ha^{-1} and 8.655 t ha^{-1} for the treatment with Nutripellet and 4 complementary irrigations. It was concluded that the band application of 1.357 t ha^{-1} of Nutripellet is a profitable practice and its use in organic wheat production is recommended in the Yaqui Valley, Sonora.

Key words: OMRI, organic fertilizers, phosphorus disponibility

INTRODUCCION

Según el SIAP, para 2022, en Sonora de la población total de cabezas de ganado, 15.221 millones correspondieron a aves para producción de carne y huevo; 1.652 millones a bovinos de carne y leche; 2.068 millones al sector porcino, mientras que los ovinos y caprinos totalizaron 105,739 cabezas. En el caso del ganado vacuno se estima una excreta diaria de 10 kg, 1.5 en cerdos, 0.1 en aves y 2.0 kg en ovinos (Martínez, 2007), con lo que se estima una producción diaria de 1,522 toneladas de gallinaza, 16,520 toneladas de estiércol bovino, 3,102 toneladas de estiércol porcino y 142 toneladas de estiércol ovino, para un total de 21,286 toneladas diarias y 7.769 millones de toneladas anuales. El uso de

abonos orgánicos en la agricultura, aumenta el rendimiento de los cultivos porque aportan todos los elementos esenciales que requieren los cultivos. Tienen un efecto residual mayor que los fertilizantes químicos, liberan los nutrientes de forma gradual, lo que favorece su disponibilidad durante el desarrollo del cultivo; mejoran la estructura del suelo, porosidad, aireación y capacidad de retención de agua; forman complejos orgánicos con los nutrientes manteniéndolos disponibles para las plantas; aumentan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, evitando que se pierdan nutrientes por lixiviación; liberan CO_2 durante su descomposición que forma ácido carbónico que solubiliza nutrientes de otras fuentes; suministran el carbono orgánico que se utiliza como fuente de energía para los organismos heterótrofos del suelo; aumenta la infiltración de agua, reduce la escorrentía superficial y la erosión del suelo; favorecen una mayor resistencia de los agregados del suelo a dispersarse por el impacto de las gotas de lluvia; los abonos permiten que el suelo sea más productivo, conserve su fertilidad y tenga un uso sostenible en el tiempo (Trinidad, 2007).

Los fertilizantes orgánicos se han utilizado desde la antigüedad y se ha demostrado su influencia en la fertilidad del suelo, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto sobre el suelo varían según su origen, edad, manejo y contenido de humedad. Los fertilizantes orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de los patógenos del suelo, además de servir como fertilizantes y mejoradores del suelo (Romero *et al.*, 2000). Una desventaja es que, al descomponerse en presencia de aire, la reacción que se produce es exotérmica por fermentación, el calor producido eleva la temperatura a su alrededor y es capaz de inhibir la germinación de la semilla, provocando daños en las plántulas, que es resultado de una incorrecta relación suelo/estiércol (Vera *et al*., 2014).

En los sistemas de producción orgánicos, la aplicación de fertilizantes orgánicos es una práctica que se ha extendido a nivel mundial, debido a la mínima contaminación del medio ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han encontrado; Esto ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los residuos orgánicos de la actividad agrícola, así como el uso de fertilizantes orgánicos, de tal forma que se reduce al mínimo indispensable el uso de fertilizantes sintéticos como medio de nutrición vegetal (Rodríguez *et al*., 2009). El aumento de la producción al aplicar fertilizantes orgánicos se explica porque el estiércol no solo retiene la humedad por más tiempo, sino que también es una fuente que libera nutrientes de manera gradual a lo largo del ciclo fenológico (Fortis *et al*., 2009).

En el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo 2016-2017 se establecieron 232,500 hectáreas con cultivos varios, tanto perennes como anuales (DDR, 2017). En esta región es factible aprovechar todo el estiércol que genera la actividad ganadera en el sur del estado. Cortés *et al*. (2004), reportaron aumentos en el rendimiento del trigo al aplicar 10 y 20 ton ha^{-1} de estiércol fresco y composteado. Estas aplicaciones aumentaron la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el suelo. Una dosis de 20 ton/ha de gallinaza fue mejor que el testigo con fertilización química desde el primer ciclo de evaluación. Sin embargo, actualmente existe actividad orgánica certificada en la región, y es necesario evaluar los productos aprobados por las empresas certificadoras. En Girasol, con aplicaciones al voleo, de 1.5 ton ha^{-1} del mismo fertilizante orgánico certificado que se evaluó en este estudio, se optimizó el rendimiento de grano (Ortiz *et al*., 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de un fertilizante orgánico con certificación OMRI en el cultivo de trigo.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron durante el ciclo otoño-invierno 2016-2017 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, CENEB-CIRNO-INIFAP, el cual está ubicado en la manzana 910 del Valle del Yaqui, Sonora, a 109°55´31.07" Oeste. y 27°22´06.41" Norte a una altura de 38 metros sobre el nivel del mar, en un suelo de textura arcillosa. Se aplicaron 1.357 t ha^{-1} de Nutripellet en banda a dos niveles de disponibilidad de fósforo en el suelo; 13.6 y 38 mg kg^{-1} y con 102 y 80 kg ha^{-1} de Nitrógeno. Se sembró en suelo húmedo el 30 de noviembre con la variedad CIRNO C2008 (Figueroa-López *et al*., 2010) y 119 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron tres riegos de auxilio a los 43-71-91 días después de la siembra. No se aplicó fertilización nitrogenada ni fosfatada. El 11 de enero, 41 días después de la siembra, se analizó la concentración foliar de macro y micro elementos. En otro estudio se evaluó la aplicación de 9.0 t ha^{-1} de Nutripellet al voleo antes de la siembra en seco el 1 de diciembre en un sistema de labranza cero. Se sembró la variedad CIRNO C2008 con 158 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron 400 kg ha^{-1} de urea a voleo antes del segundo riego de auxilio. En este sistema se comparó un calendario de tres y cuatro riegos de auxilio; 19 de enero, 21 de febrero y 9 de marzo; 12 de enero, 7 de febrero, 01 de marzo y 14 de marzo respectivamente. Para la labranza cero se utilizó una sembradora marca SEMEATO, de fabricación brasileña. Las características del fertilizante se describen en el Cuadro 1. Se utilizó un diseño en franjas de 8 surcos de 110 m de largo (704 m^2). Se tomaron tres

muestras en los dos surcos centrales de tres metros de largo (4.8 m^2), con lo cual se estimó el rendimiento de grano al 12% de humedad. Tanto los análisis de suelo como foliares se realizaron en el laboratorio del Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP.

Cuadro 1. Características de Nutripellet, fertilizante orgánico con certificación OMRI

Características	Valor	Características	Valor
pH (1:5 agua destilada)	6-7	Potasio (K_2O) %	2-3
C.E. dS/m 1:5 agua	10-12	Calcio %	11-16
Densidad g/cm	0.7-0.9	Sodio %	1.0-1.5
Humedad %	12-18	Magnesio %	1.0-1.6
Ceniza %	50-55	Fierro %	0.4-1.0
Relación C/N	11-13	Zinc mg/kg	400-700
Materia orgánica %	40-45	Cobre mg/kg	60-90
Nitrógeno total %	2-3	Manganeso mg/kg	450-800
Fósforo (P_2O_5) %	2.5-4.0	Boro mg/kg	40-100
Azufre (S-SO_4) %	0.5-1.5		

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó una mayor concentración de nitrógeno y fósforo en los tratamientos con Nutripellet en relación al testigo. Se obtuvo una mayor concentración foliar de fósforo en el suelo donde hubo mayor disponibilidad de este elemento (Cuadro 2). El rendimiento promedio de trigo fue de 4.598 y 5.637 en los tratamientos con cero y 1.357 t ha^{-1} de Nutripellet respectivamente, para un incremento de 1.039 t ha^{-1}. En el suelo con alta disponibilidad de fósforo se obtuvo un incremento de 1.003 t ha^{-1} al aplicar Nutripellet, mientras que en el suelo con baja disponibilidad de este elemento el incremento en la producción fue de 1.075 t ha^{-1}. Se destaca la diferencia entre alta y baja disponibilidad de fósforo en el suelo, que fue de 1.831 t ha^{-1} en los testigos sin fertilización orgánica y 1.759 t ha^{-1} con fertilización, para un promedio de 1.795 t ha^{-1} (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de Nutripellet y fósforo (P) disponible en el suelo sobre la concentración foliar de nutrimentos. Trigo variedad CIRNO C2008.

Nutrimento	13.6 mg kg^{-1} de fósforo		38 mg kg^{-1} de fósforo	
	Nutripellet	Testigo	Nutripellet	Testigo
	Concentración foliar de nutrimentos			
Nitratos ppm	7.544	6.317	7.499	6.049
Fósforo %	0.256	0.246	0.303	0.302
Potasio %	3.290	2.960	3.260	3.360
Calcio %	1.050	1.060	1.340	0.790
Magnesio %	0.194	0.189	0.235	0.181
Sodio %	0.790	0.760	0.750	0.750
Cobre ppm	8.20	7.80	8.10	8.30
Hierro ppm	129	148	114	156
Zinc ppm	47.1	47.3	44.7	36.9
Manganeso ppm	132	133	128	139

Cuadro 3. Nutripellet, disponibilidad de fósforo y rendimiento de trigo

Nutripellet ton ha^{-1}	Rendimiento de grano t ha^{-1}		
	13.6 ppm de P	38 ppm de P	Media
0	3.682	5.513	4.597
1.357	4.757	6.516	5.636
Media	4.219	6.015	

El rendimiento para 3 riegos de auxilio con y sin Nutripellet fue de 6.957 y 6.067 t ha^{-1} respectivamente y 8.655 t ha^{-1} para el tratamiento con Nutripellet y 4 riegos de auxilio.

Cuadro 4. Efecto de Nutripellet y 2 calendarios de riego sobre el rendimiento de trigo en un sistema de labranza cero. Variedad CIRNO C2008.

Tratamientos	Rendimiento de grano t ha^{-1}
0.0 ton ha^{-1} de Nutripellet con 3 riegos	6.067
9.0 ton ha^{-1} de Nutripellet con 3 riegos	6.957
9.0 ton ha^{-1} de Nutripellet con 4 riegos	8.655

La aplicación localizada de una cantidad relativamente pequeña de fertilizante orgánico promovió aumentos en el rendimiento de trigo superiores a los obtenidos con la aplicación al voleo de 9.0 t ha^{-1} del mismo Nutripellet en sistema de labranza cero. Este hecho, sumado al sistema de labranza en surcos, donde se reutiliza la misma cama de siembra de la cosecha anterior, permite acumular en pocos ciclos, las cantidades necesarias de nutrientes que maximizan el rendimiento y rentabilidad del trigo, al mismo tiempo que aumenta el contenido de materia orgánica y la calidad del suelo. Resaltó que además de los abonos orgánicos, la utilización de un calendario de cuatro riegos de auxilio promovió un aumento del rendimiento de 1.698 t ha^{-1}.

CONCLUSIONES

La aplicación en banda de 1.357 ton ha^{-1} de Nutripellet es una práctica rentable y se recomienda su uso en la producción de trigo orgánico en el Valle del Yaqui, Sonora.

REFERENCIAS

Cortés JJM, Ortiz EJE y Félix VP. 2004. Abonos orgánicos en la agricultura. Memoria del día de agricultor. Publicación especial No. 11. Campo Experimental Valle del Yaqui, INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. p. 9-13.

Distrito de Riego del Río Yaqui. 2017. Cédula de cultivos 2016-2017. http://drryaqui.org.mx/ceduladecultivos.html consultado el 30 de junio de 2017.

Figueroa-López P, Félix-Fuentes JL, Fuentes-Dávila G, Valenzuela-Herrera V, Chávez-Villalba G. y Mendoza-Lugo JA. 2010. CIRNO C2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(5):745-749

Fortis HM, Leos RJA, Preciado RP, Orona CI, García SJA, García HJL. y Orozco VJA. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana. volumen 27 número 4:329-336

Martínez MC. 2007. Volumen de biodigestores. Energía y tú. Disponible en: http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo04.htm.

Ortiz AAA, Cortés JJM, Zazueta EG y Rivera GM. 2016. Evaluación de dos genotipos de girasol y un fertilizante orgánico certificado en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. p. 201-206

Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Favela Ch E, Moreno RA, Márquez HC, Ochoa ME y Preciado RP. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana, 27(4): 319-327.

Romero LM del R, Trinidad SA, García ER y Ferrera CR. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia, 34(3):261-269

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Población avícola, porcina, ganadera, ovina y caprina del estado de Sonora. 2006-2015.

Trinidad SA. 2007. Utilización de estiércoles. Ficha técnica Núm. 7. SAGARPA, Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección general de apoyo para el desarrollo rural. Montecillo, Estado de México. 8 p.

Vera RI, Martínez RJ, Estrada JM. y Ortiz SA. 2014. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. Ingeniería Investigación y Tecnología, UNAM. 15(3): 429-436.

EVALUACIÓN DE UREA Y SULFATO DE AMONIO EN EL CULTIVO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez[1], Alma Angélica Ortiz Avalos[1], Ivón Alejandra Rosas Jauregui[1], José Luis Félix Fuentes[1],

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000,

Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de trigo fertilizado en banda con 245 kg ha^{-1} de nitrógeno en forma de urea y sulfato de amonio durante el ciclo otoño-invierno 2022-23. El estudio se realizó en un suelo arcilloso con pH de 7.5 y se encuentra ubicado en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, en el Valle del Yaqui, Sonora, México. La siembra fue el 2 de diciembre de 2022, con 100 kg ha^{-1} de semilla variedad Don Lupe 2020, en camas de 110 m separadas 80 cm y dos hileras de plantas separadas 30 cm. Los fertilizantes se aplicaron en las etapas de crecimiento 5 y 9 de Feeks, 53 y 47% de la dosis total respectivamente. Para determinar el rendimiento de grano, se cosecharon ocho repeticiones de 0.8 m^2. El rendimiento promedio de grano para urea y sulfato de amonio, fue 9.289 y 8.777 t ha^{-1} respectivamente. El porcentaje de proteína en grano, en base seca para urea y sulfato de amonio fue de 13.02 y 12.93 por ciento respectivamente. Se concluyó que, en el cultivo de trigo, la urea es una mejor fuente de nitrógeno que el sulfato de amonio, bajo las condiciones específicas de suelo, clima y manejo en que se realizó el ensayo.

Palabras clave: fertilización, fertilizantes químicos, proteína

ABSTRACT

The wheat yield fertilized in band with 245 kg ha^{-1} of nitrogen in form of urea and ammonium sulphate was evaluated during the 2022–23 autumn–winter crop season. Trial was carried out in a clay soil with pH of 7.5 at the Norman E. Borlaug Experimental Station, located in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Sowing was on December 2, 2022, using 100 kg ha^{-1} of seed variety Don Lupe 2020, in 110 m beds separated 80 cm and two plant rows 30 cm apart. Fertilizers were applied at Feeks growth stage 5 and 9, 53 y 47% of total dose respectively. To determine grain yield, eight replications of 0.8 m^2 were harvested. The

average grain yields were 9.289 and 8.777 t ha^{-1} respectively. Protein content in grain on a dry basis for urea and ammonium sulfate was 13.02 and 12.93 percent, respectively. It was concluded that, in the wheat crop, urea is a better source of nitrogen than ammonium sulfate, under the specific conditions of soil, climate and management in which the test was carried out.

Key words: fertilization, chemical fertilizers, protein

INTRODUCCION

En el año 2022 en el Valle del Yaqui, Sonora se cosecharon 152,409 hectáreas de trigo. Mientras que, en el sur de Sonora, se cosecharon 269,502 ha (SIAP, 2023). Se aplicó un promedio de 300 kg ha^{-1} de nitrógeno, lo que representó 80,850 ton de nitrógeno aplicadas en esta área. Las principales fuentes de nitrógeno son el amoníaco anhidro y la urea. En el mundo, la urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado, con un aumento proyectado en la demanda anual de 1.5% en los próximos años. Después de su aplicación al suelo, la urea se hidroliza a través de la enzima ureasa, provocando aumentos en el pH del suelo en el área circundante de los gránulos y resultando en pérdidas de NH_3 que promedian el 16% del N aplicado en todo el mundo y pueden alcanzar el 40% o más en climas cálidos y húmedos (Cantarella *et al*., 2018). Las emisiones antropogénicas de NH_3, principalmente de la agricultura, han provocado daños significativos a la salud humana y los ecosistemas. En la Unión Europea (UE), la Directiva de Limites Nacionales de Emisión 2016/2284/EU, establece objetivos ambiciosos de reducción de más del 30% para algunos países para 2030 en comparación con los niveles de 2005 (Hu y Schmidhalter, 2021). En alineación con la legislación de la Unión Europea sobre la regulación de las emisiones de amoníaco de los fertilizantes minerales después de 2030, se permitirá que fertilizantes como la urea con emisiones de amoníaco reducidas en al menos un 30% sigan en uso (Klimczyk *et al*., 2021).

En el Reino Unido, el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) es responsable de mejorar y proteger el medio ambiente, hacer crecer la economía verde, mantener comunidades rurales prósperas y apoyar industrias alimentarias, agrícolas y pesqueras de clase mundial. Trabajan en estrecha colaboración con 33 agencias y organismos independientes en el objetivo de hacer que su aire sea más puro, su agua más limpia, su tierra más verde y su comida más sostenible. Su misión es restaurar y mejorar el medio ambiente para la próxima generación, y dejar el medio

ambiente en un mejor estado de como lo encontramos. Del 3 de noviembre de 2020 al 26 de enero de 2021, DEFRA consultó sobre las siguientes 3 opciones regulatorias (solo en Inglaterra) para reducir las emisiones de amoníaco de los fertilizantes sólidos de urea: 1) una prohibición; 2) un requisito para tratar la urea sólida con inhibidores de la ureasa (UI); y 3) una restricción del uso de urea sólida (permitida solo del 15 de enero al 31 de marzo). La escasez mundial de fertilizantes y los aumentos de precios han generado preocupaciones importantes sobre el costo de los alimentos y, a su vez, sobre el costo de vida. Por lo tanto, se consideró inviable la prohibición de los fertilizantes sólidos de urea (Opción 1). Además, la evidencia presentada a través de la consulta indicó que los costos para los agricultores de prohibir la urea sólida serían sustancialmente mayores y la reducción de las emisiones de amoníaco sería menor de lo esperado anteriormente. Los plazos para implementar una prohibición serían más largos de lo estimado anteriormente debido a los cambios necesarios en la infraestructura para manejar y almacenar mayores volúmenes de nitrato de amonio (DEFRA, 2022).

El sulfato de amonio se usa ampliamente como fertilizante de azufre (S), y constituye aproximadamente el 50% del uso mundial de S. Para muchos tipos de suelos y ambientes, el sulfato de amonio es una fuente de S en gran medida satisfactoria y tiene la ventaja de suministrar simultáneamente parte del requerimiento de N del cultivo, pero es altamente indeseable usarlo en suelos con pH>7.0, o incluso un poco más bajo. El riesgo de volatilización de NH_3 de los fertilizantes a base de amonio se ha reconocido durante mucho tiempo en el contexto del uso de fertilizantes nitrogenados (Powlson y Dawson, 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la urea y el sulfato de amonio en el rendimiento y la calidad de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. México.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación del efecto de la urea y el sulfato de amonio en el rendimiento y la calidad de trigo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2022-23 en un suelo arcilloso con un valor de pH de 7.5 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) en el Valle del Yaqui, Sonora, México (27°22'4.9''N latitud y 109°55'36.86'W longitud, 40 msnm). Esta región presenta un clima cálido (BW(h)) y calor extremo según la clasificación de Koppen, modificada por García (1988). La fecha de siembra fue el 2 de diciembre de 2022, utilizando 100 kg ha^{-1} de semilla variedad Don Lupe Oro 2020 (Borbón-Gracia et al., 2022). No se aplicaron fertilizantes en presiembra ni a la siembra. Se aplicó un riego de presiembra

y tres riegos de auxilio. Para el estudio se utilizaron cuatro surcos de 110 metros de largo, separados a 80 cm (352 m^2), con dos hileras de plantas separadas a 30 cm. Se evaluaron dos tratamientos; 53% del nitrógeno en forma de urea y sulfato de amonio se aplicó antes del primer riego de auxilio en la etapa 5 de Feeks. Posteriormente, en la etapa 9 de Feeks, se aplicó el 47% del nitrógeno solo con urea. En ambas etapas, los fertilizantes se aplicaron en banda e incorporados a 3 cm por debajo de la superficie del suelo y enseguida se aplicó el riego. La dosis total de nitrógeno fue de 245 unidades por hectárea. Para determinar el rendimiento de grano se cosecharon manualmente con hoz ocho repeticiones de 0.8 m^2. La estadística descriptiva del rendimiento y la calidad de trigo se realizó en Microsoft Excel 2016, se obtuvo el valor máximo y mínimo, el rango, el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de grano promedio para urea y sulfato de amonio (SAM) fueron 9.289 y 8.777 t ha^{-1} respectivamente. El resto de variables analizadas se reporta en el Cuadro 1. En 2022 el rendimiento de trigo en el Valle del Yaqui fue de 7.54 t ha^{-1} (SIAP, 2023).

Cuadro 1. Estadística descriptiva del efecto de la urea y sulfato de amonio (SAM), sobre el rendimiento y el contenido de proteína en trigo variedad Don Lupe 2020.

Variable	Rendimiento de grano t ha^{-1}		Proteína en base seca %	
	Urea	SAM	Urea	SAM
Media	9.29	8.78	13.02	12.93
Máximo	10.406	9.469	13.52	13.79
Mínimo	7.72	7.75	12.62	12.44
Rango	2.69	1.719	0.90	1.35
Desviación std	0.78	0.69	0.35	0.41
C.V. %	8.39	7.83	2.70	3.18

Con respecto al contenido de proteína en grano, los resultados obtenidos con urea y SAM fueron en promedio 13.02 y 12.93 por ciento respectivamente. Durante los últimos 20 años, el sulfato de amonio tuvo un costo por unidad de nitrógeno más alto que el fertilizante granulado de urea. El 14 de junio de 2023, el costo por unidad de nitrógeno del sulfato de amonio era 78.9 por ciento superior al de la urea. Por esta razón, la respuesta en rendimiento o calidad de trigo del sulfato de amonio debe ser mayor que la obtenida con la urea.

La urea ($CO(NH_2)_2$) es el fertilizante nitrogenado mineral más utilizado en todo el mundo y representa alrededor de la mitad de todo el nitrógeno mineral aplicado. Es el fertilizante mineral con el mayor contenido de nitrógeno, aproximadamente un 46 %, está ampliamente disponible, es asequible y seguro de usar y transportar. Esto significa que juega un papel muy importante en la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. El problema cuando se aplica urea al suelo en presencia de agua y enzimas de ureasa, el dióxido de carbono que se fijó en la molécula de urea durante la fabricación se libera por hidrólisis. Estas emisiones son intrínsecas a la estructura química de la urea y son inevitables (IFA, 2022).

Para cumplir con los requisitos impuestos en condiciones de campo, además se deben considerar factores como: dosis y fecha de aplicación, método de aplicación, tipo de suelo de cultivo, tipo y pH del mismo y condiciones atmosféricas (Klimczyk *et al*., 2021).

CONCLUSIONES

Se concluyó que, en el cultivo de trigo, la urea es una mejor fuente de nitrógeno que el sulfato de amonio, bajo las condiciones específicas de suelo, clima y manejo en que se realizó el ensayo.

REFERENCIAS

Borbón-Gracia A, Díaz-Ceniceros HL, Chávez-Villalba G, Ammar K, Fuentes-Dávila G, Alvarado-Padilla JI and Huerta-Espino J. 2022. DON LUPE ORO C2020: Nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 45 (3):413-416.

Cantarella H. Otto R., Rodrigues S.J., Gomes de Brito S.A. 2018. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. Journal of Advanced Research 13 (2018) 19–27. https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.05.008

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 2022. Consultation on reducing ammonia emissions from solid urea fertilizers. Government response. 37 p. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1068182/Reducing_ammonia_emissions_from_solid_urea_fertilisers_government_response.pdf

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 pp.

Hu Y. and Schmidhalter U. 2021. Urease inhibitors: opportunities for meeting EU national obligations to reduce ammonia emission ceilings by 2030 in EU countries. Environ. Res. Lett. 16 (2021) 084047. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac16fe

IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER ASOCIATION). 2022. Reducing emissions from fertilizer use. Helping to feed the world sustainably. 86 p. https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/11/Fertilizer_Report_Executive_Summary_Final.pdf

Klimczyk M., Siczek A. Schimmelpfennig L. 2021. Improving the efficiency of urea-based fertilization leading to reduction in ammonia emission. Science of the Total Environment 771 (2021) 145483.

Powlson S. and Dawson Chris J. 2022. Use of ammonium sulphate as a sulphur fertilizer: Implications for ammonia volatilization. Soil Use Manage. 2022; 38:622–634.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ Consultado mayo 26, 2023.

EVALUACIÓN EN CAMPO DE VARIABLES AGRONÓMICAS EN SORGO PARA DETERMINACIÓN DE TOLERANCIA AL PULGÓN AMARILLO

Flores-Naveda, Antonio[1]*; Álvarez-Vázquez, Perpetuo[1]; Camposeco-Montejo, Neymar[1]; García-López, Josué Israel[1]; Ruelas-Chacón, Xochitl[1]

[1] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Autor para correspondencia: * naveda0826@gmail.com

RESUMEN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), es un cultivo multipropósito ya que se utiliza como alimento para consumo humano, animal y biocombustibles. Es el quinto cereal más importante del mundo. Es una planta anual C_4 la cual se adapta a altas temperaturas y a condiciones de sequía. El pulgón amarillo es una de las principales plagas que atacan al sorgo en diversas regiones de nuestro país. El objetivo de esta investigación fue evaluar variables agronómicas de líneas experimentales de sorgo, bajo infestación natural en su respuesta de tolerancia o susceptibilidad al pulgón amarillo en la región sureste de Coahuila. Se evaluaron variables agronómicas, numero de pulgones por planta, rendimiento de grano y análisis de componentes principales. En los resultados de la investigación, los genotipos de sorgo G6 (LES-267), G1 (LES-285) y G2 (LES-86) presentaron altos rendimientos y tolerancia al ataque del pulgón amarillo. El análisis de componentes principales mostró que con dos componentes se explicó el 83% de la variación total de los datos. En los dos primeros componentes principales se identificaron las variables rendimiento y grados Brix como las de mayor importancia.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *Melanaphis sacchari*, rendimiento.

ABSTRACT

Sorghum bicolor (L.) Moench is multipurpose crop which is utilized as food, feed and biofuel. It is a widely cultivated crop and ranks among the five top cereal crops in the world. It is an annual C_4 plant that is adapted to high temperatures and dry conditions. The sugarcane aphid is a key pest on sorghum in many areas of our country. The objective of this research was to analyze the agronomic variables of sorghum experimental lines under natural infestation of susceptibility or tolerance to sugarcane aphid in the southeast of Coahuila.

Agronomic variables, number of aphids per plant, grain yield and principal components analysis were evaluated. In the results of the research, the genotypes of sorghum G6 (LES-267), G1 (LES-285) and G2 (LES-86) presented high yield and tolerance to the attack of sugarcane aphid. Principal component analysis showed that 83% of the total variation in the data was explained with two components. In the first two main components, the variables yield and Brix degrees were identified as the most important.

Key words: *Sorghum bicolor* (L.) Moech, *Melanaphis sacchari*, yield.

INTRODUCCIÓN

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], es una planta originaria de Etiopía y Sudán, se adapta a climas cálidos áridos y semiáridos. El cultivo de sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada (FAO, 2017).

El sorgo tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional y se utiliza como forraje para la alimentación de millones de animales que proporcionan leche y carne a las personas. Según, Ruz-Reyes *et al*., (2018) mencionan que algunos cultivares de sorgo, pueden aprovecharse para obtener combustible, como el etanol, y en algunos lugares se usa en la producción de bebidas alcohólicas.

En la actualidad, una de las principales plagas que limita la producción de sorgo en México es el pulgón amarillo, (*Melanaphis sacchari*) la cual se detectó por primera vez en nuestro país en el mes de octubre del año 2013, desde entonces, esta plaga ha adquirido gran importancia económica y agrícola, por las grandes pérdidas que ha ocasionado en el cultivo del sorgo (INTAGRI, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presenta trabajo de investigación se utilizaron líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) del Programa de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 1. Genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) evaluados en la presente investigación.

Número de identificación	Genotipos	Número de identificación	Genotipos
1	LES 285	4	LES 118
2	LES 86	5	LES 188
3	LES 28	6	LES 267

Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, de acuerdo a Condo y Pazmiño (2015) este diseño es el más utilizado tanto por su flexibilidad, así como en su análisis estadístico. Se utilizaron seis líneas experimentales de sorgo con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de tres surcos de 6 m de largo, con una distancia de 0.80 m entre surcos y de 0.10 entre plantas.

Variables evaluadas

Se seleccionaron tres plantas al azar en competencia completa de cada línea experimental, para el registro de datos en las siguientes variables: **Días a floración (DF), Altura de planta (AP**), Longitud de excersión (LE), Longitud de panícula (LP), Índice de daño por aves (IDA), Índice de enfermedades foliares (IEF), Grados Brix (GB), Número de pulgones amarillos por planta (NPP) y Rendimiento de grano en g/planta (RGP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) es la principal plaga del cultivo de sorgo en México, ya que produce daños directos como insecto chupador e indirectos por la producción de mielecilla que propicia la presencia de fumagina (Pecina *et al*., 2021). En la presente investigación para la variable número de pulgones por planta (NPP) en los seis genotipos evaluados se detectaron diferencias significativas entre genotipos ($p<0.05$) en donde se estimó un rango de infestación de 11 a 44 pulgones por planta (Figura 1), la medición de la presencia de pulgones en la planta se efectuó en la etapa final del llenado de grano.

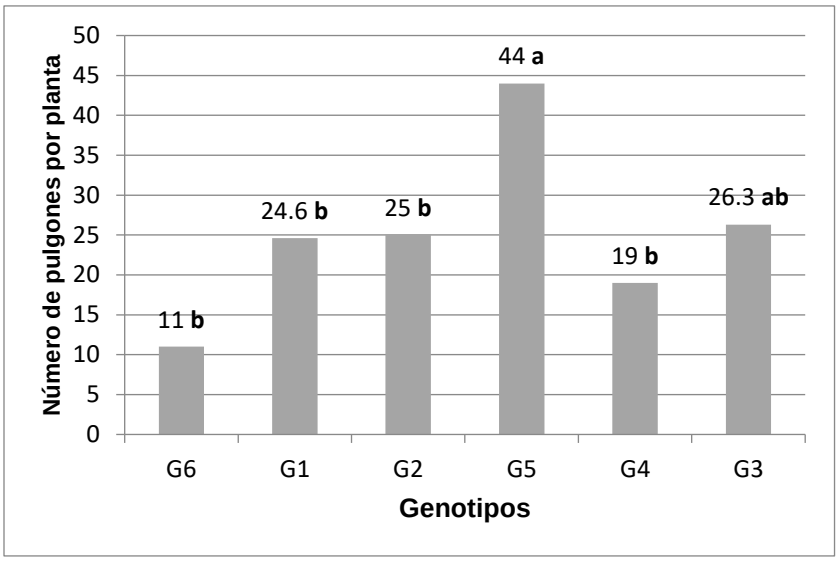


Figura 1. Promedio del número de pulgones por planta (NPP) en genotipos de sorgo bajo condiciones de infestación natural de campo.

Estos promedios de infestación, no superaron el umbral del daño económico producido por el pulgón amarillo que incluye un número de 50 a 125 pulgones por hoja (Perales, 2019). El G6 destacó por su mayor tolerancia al ataque del pulgón registrando 11 pulgones por planta, este genotipo presentó la mayor altura de planta (252.3 cm).

Un alto rendimiento de grano por planta (REN) es una característica que indica tolerancia al pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, entre los genotipos evaluados en el presente trabajo destacan: G6; LES 267 (112.6 g), G1; LES 285 (78.8 g) y G2; LES 86 (75.5 g) por su alto rendimiento de grano por planta Figura 2.

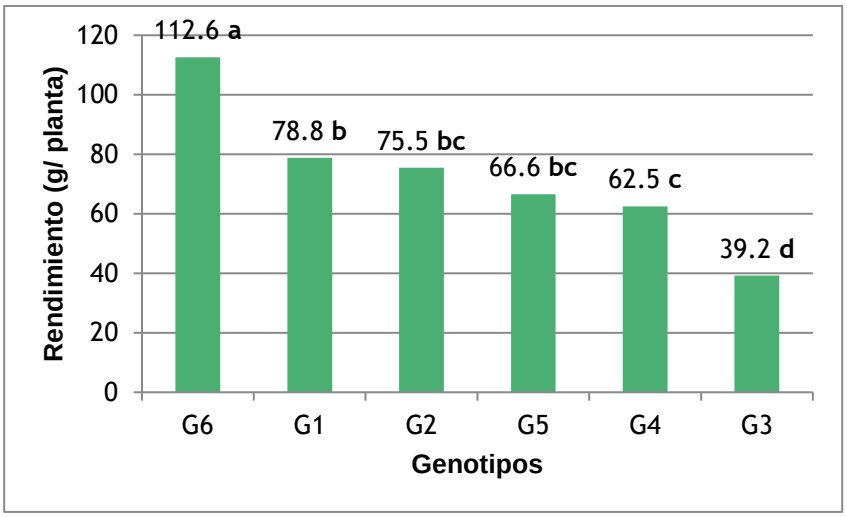


Figura 2. Promedios de rendimiento de seis genotipos de sorgo evaluados en el año 2021, en Buenavista, Coahuila.

Análisis componentes principales (ACP)

En el primer componente principal (CP1) sobresalen las variables REN, IDA y EF por tener una mayor influencia en la distribución de los genotipos. En el segundo componente principal (CP2) las variables de mayor peso incluyen GB, DF y LE.

La gráfica biplot Figura 3 conformada por los dos primeros componentes explican el 83.0% de la variación total de los datos. Este resultado es suficiente para representar confiablemente la relación entre las variables y los genotipos (Arroyo *et al*., 2005). Con respecto a la ubicación de los genotipos en la gráfica, en el lado derecho del Primer componente se sitúan los genotipos G6 (112.6 g/planta) y G1 (78.8 g/planta) los cuales representan los más altos promedios para rendimiento (REN), en contraste el G3 (39.2 g/planta) situado en el lado izquierdo de la gráfica obtuvo el más bajo rendimiento. En el segundo componente los genotipos G5 (13.6 ºBrix), G4 (14.3 ºBrix) y G2 (11.2 ºBrix) situados en la parte superior de la gráfica presentaron los mayores promedios de contenido de azucares superando a los genotipos G6 (9.4 ºBrix) y G1 (9.1 ºBrix) ubicados en la parte inferior de la gráfica.

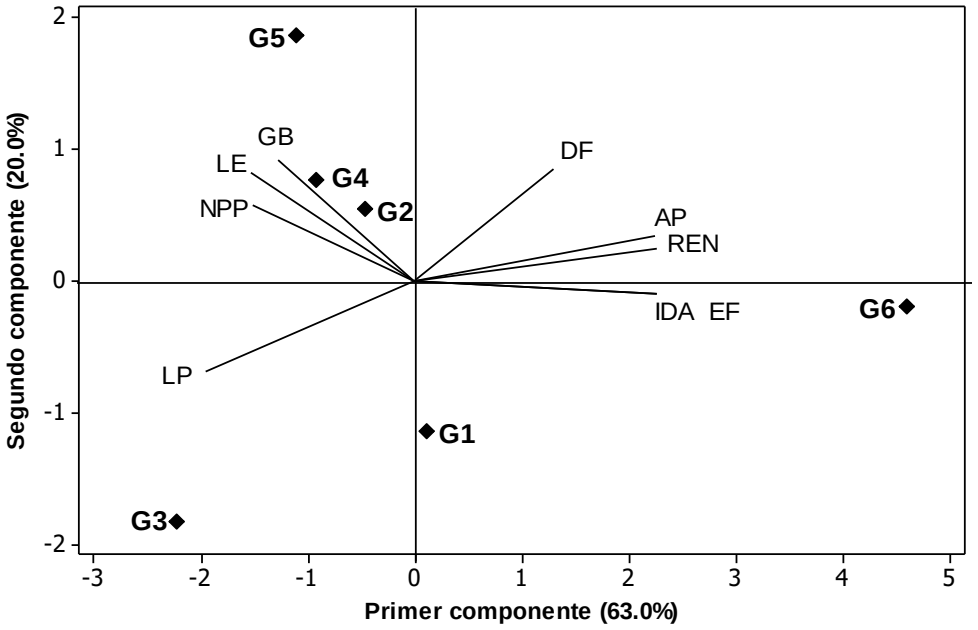


Figura 3. Gráfica biplot que muestra las variables-vector y la distribución de los seis genotipos de sorgo, en base a los dos primeros componentes principales.

DF= días a floración, AP= altura de planta, LE= longitud de excersión, LP= longitud de panícula, IDA= incidencia de daño por aves, EF= incidencia de enfermedades, GB= grados Brix, NPP= número de pulgones amarillos por planta, REN= rendimiento; G*n*= genotipos.

La variable REN se correlacionó negativamente con NPP (r= -0.502), donde los genotipos de mayor rendimiento G6 y G1, tuvieron una baja presencia de pulgones por planta (Figura 3).

CONCLUSIONES

Los genotipos de sorgo G6 (LES-267), G1 (LES-285) y G2 (LES-86) presentaron altos rendimientos y tolerancia al ataque del pulgón amarillo.

El primer componente principal determinó que la variable REN fue la de mayor importancia y en el segundo componente las de mayor importancia fueron GB y LE. La variable REN se correlacionó positivamente con DF y AP y negativamente con NPP. El contenido de grados Brix se relacionó positivamente con LE y NPP.

REFERENCIAS

Arroyo, A., Balzarini M., Bruno C. y Di Rienzo J. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. Interciencia. 30: 550-554.

Condo, L.A. y J.M. Pazmiño. 2015. Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento de las ciencias agropecuarias. Aval ESPOCH, Riobamba, Ecuador.P. 21.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSTAT. Prod Stat data base, yearly production. Consultado diciembre 2021. Disponible en http://www.faostat.fao.org

INTAGRI S.C, 2014. La Situación Actual del Pulgón Amarillo del Sorgo en México Extraído de: https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-situacion-actual-del-pulgon-amarillo-del-sorgo-en-mexico

Pecina, V., R.Bújanos, C.A. Núñez, J.Á. Quijano, N. Montes, A. Pecina, y T.O. Martínez. 2021. Tolerancia de Híbridos de Sorgo al Pulgón Amarillo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), en México. Southwestern Entomologist. 45: 937-948, (consultado: febrero de 2022).

Perales, D. 2019. Caracterización del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari sorghi)* Zehntner, en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, en el estado de Morelos. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 79 p.

Ruz-Reyes, R., Escalona-Peña A. y Romero-Arias A. 2018. Evaluación de tres cultivares de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para la alimentación animal. Pastos y Forrajes. 41: 93-96.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA AUTOPOLINIZACIÓN DE PALMA DE COCO HÍBRIDO CHACTEMAL

Herrera-Cool Gilbert José[1], Cortazar-Ríos Matilde[1], Ramos-Hernández Eder[2], Silverio-Gómez María del Carmen[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal, km 25 carretera Chetumal-Bacalar, Othón P. Blanco, C.P. 77900, Quintana Roo, México. [2]Campo Experimental Huimanguillo, Km. 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas. 86400 Huimanguillo, Tabasco.

Correo: herrera.gilbert@inifap.gob.mx

RESUMEN

La biología reproductiva implica el conocimiento de los aspectos morfológicos, fisiológicos y genéticos que determinan el comportamiento reproductivo sexual de una especie vegetal, permitiendo determinar la estructura floral, hábitos de polinización y comportamiento de la especie como autógama o alógama. En híbridos de palma de coco, existe poca información sobre el proceso de polinización y fecundación para obtener un buen amarre de frutos, es por ello que el presente trabajo tuvo el objetivo de realizar una evaluación preliminar del proceso de autopolinización con el fin de obtener el mayor número de amarre de frutos. Para ello, se realizó un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos, los cuales fueron inflorescencias polinizadas manualmente e inflorescencias autopolinizadas. Se realizaron dos experimentos, el primero fue en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar (S1) y el segundo fue en el Campo Experimental Chetumal (S2) ambos pertenecientes al INIFAP. En el S1 se observó diferencias estadísticas significativas ($p<0.5$), ya que las inflorescencias que se polinizaron manualmente lograron 19.2±7.8 frutos amarrados, mientras que en autopolinización solo se obtuvo 12.4±8.9 frutos amarrados. En el S2, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Como datos preliminares los frutos presentan buen desarrollo, a pesar de que en algunos se detectó la presencia de daño por ácaro, además, el presente trabajo es el antecedente para realizar estudios morfológicos y moleculares futuros en los frutos obtenidos en esta primera etapa.

Palabras clave: *Cocos nucifera*, mejoramiento genético, semilla F2 pura.

ABSTRACT

Reproductive biology involves knowledge of the morphological, physiological and genetic aspects that determine the sexual reproductive behavior of a plant species, allowing the determination of the floral structure, pollination habits and behavior of the species as autogamous or allogamous. In coconut palm hybrids, exists a few information about the pollination and fecundation process to obtain a good set of fruits, which is why the present work had the objective of carrying out a preliminary evaluation of the self-pollination process in order to obtain the highest number of fruit set. For this, a completely randomized experimental design was carried out with two treatments, which were manually pollinated inflorescences and self-pollinated inflorescences. Two experiments were carried out, the first was at the San Felipe Bacalar Experimental Site (S1) and the second was at the Chetumal Experimental Field (S2), both belonging to INIFAP. In S1 significant statistical differences were observed ($p<0.5$), since the inflorescences that were manually pollinated achieved 19.2±7.8 set fruits while in self-pollination only 12.4±8.9 set fruits were obtained. In S2, no significant statistical differences were found. As preliminary data, the fruits showed good development, despite the fact that in some the presence of mite damage was detected, in addition, the present work is the antecedent to carry out future morphological and molecular studies on the fruits obtained in this first stage.

Key words: *Cocos nucifera*, plant breeding, pure F2 seed.

INTRODUCCION

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es un cultivo de importancia económica mundial debido a la cantidad de subproductos que se pueden obtener a partir de ésta, entre los que destacan el agua, aceite, azúcar, leche, fibra, entre otros. La superficie global cultivada con cocotero es de cerca de 12 millones de hectáreas (Rethinam, 2019; Pham, 2016). México es el séptimo productor mundial de copra y coco y el volumen de exportación en 2020 fue de 25 mil 9 toneladas (SAGARPA, 2023). Debido a la importancia antes mencionada, el estudio de variedades altamente productivas a través del mejoramiento genético, sigue siendo prioridad en diversas partes del mundo. El mejoramiento genético es una técnica que ha permitido la producción de cocoteros híbridos, con el fin de expresar las características más deseables en el cultivo, como son: la precocidad y la alta productividad. En la práctica, las progenies híbridas se identifican, evalúan y seleccionan en cuanto a sus

características deseables en la generación F1, esto es, los frutos obtenidos de la cruza de dos variedades de cocotero, también se le llama la primera generación, esto limita una exploración completa de la posible recombinación poligénica de un cruce. Con respecto a la segunda generación (F2), la cual se obtiene de la autofecundación de la F1, llamada también la primera generación segregante, puede afectar directamente el rendimiento y calidad de frutos. Esto puede deberse a que la palma de coco es una especie con alta variabilidad genética, por lo que existe un alto porcentaje de segregación en la generación F2. Para poder desarrollar estudios relacionados con la generación de semilla F2 pura, es necesario tener éxito en el proceso de autopolinización, Yao *et al*. (2022) mencionan que el método de polinización controlada garantiza conservación significativa de la expresión de la mayoría de los rasgos agromorfológicos, además de que la propagación de semillas puras es el único método de propagación viable y que requiere polinización controlada para obtener el material deseado (Chandrika *et al*., 2021). Debido a lo anteriormente mencionado, el presente documento presenta la evaluación preliminar de la autopolinización de palma de coco híbrido Chactemal para la obtención de semilla F2 pura.

MATERIALES Y METODOS

Durante los meses de abril a julio de 2023, se realizó el monitoreo de las inflorescencias en un total de 25 plantas de cocotero Híbrido Chactemal, las cuales son producto de la cruza entre la variedad Enano Amarillo Acapulco con el Criollo Alto del Pacífico Felicitos, 16 están ubicadas en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar (S1) y 9 en el Campo Experimental Chetumal (S2), de 10 y 27 años, respectivamente. Se registraron datos de apertura de la inflorescencia, a partir de esa fecha, se monitoreó el avance de la fase masculina, cuyo indicador fue el porcentaje de flor caída, cuando se llegaba al 50% se procedía a embolsarla. El total de inflorescencias embolsadas fueron 71 para el S1 y 44 para el S2.

Inducción de autopolinización en inflorescencias: El proceso de embolsado consistió en subir con escalera hasta la inflorescencia, numerarla, cortarle el exceso de raquídeos que ya no tenían flores masculinas y cubrirla con bolsas de 60 x 80 o de 90 x 120 cm, finalmente se amarró en la base de la inflorescencia con hilo rafia abrazando toda la tela para evitar la introducción de insectos que pudieran llevar polen de otras flores. El objetivo del cubrimiento de las inflorescencias fue para propiciar la autopolinización.

Proceso de polinización manual controlada: Esta actividad se realizó para reforzar la autopolinización en este tratamiento. Previo a la polinización manual se tuvo que obtener el polen, para lo cual se realizó el acopio de raquídeos con flores masculinas en 1

inflorescencia de cada palma seleccionada al azar tanto para el S1 como para el S2, posteriormente de manera separada, la flor se desgranó, maceró y secó naturalmente (al sol) y artificialmente (con lámparas incandescentes). Una vez seca la flor, se tamizó para la obtención del polen, el cual se envasó en frascos de vidrio de 25 mL, rotulados con el número de palma y sitio (S1 o S2), después se conservó bajo condiciones de congelación a -8 °C para su uso posterior. Cada inflorescencia cubierta, se monitoreó para detectar el inicio de la fase femenina, lo que ocurre cuando abre el estigma y entonces la flor está receptiva, así que al destapar la inflorescencia y detectar flores receptivas, se procedió a polinizarlas manualmente con su polen correspondiente y con ayuda de un pincel, posteriormente se volvía a cubrir la inflorescencia.

Diseño experimental: El trabajo se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos, los cuales fueron inflorescencias autopolinizadas con el apoyo de la polinización manual e inflorescencias autopolinizadas sin apoyo de polinización manual. El diseño experimental fue desbalanceado, ya que para el Sitio Experimental San Felipe Bacalar (S1), las inflorescencias polinizadas manualmente fueron 25 y las autopolinizadas fueron 46. En el caso del C.E. Chetumal (S2), fueron 20 las inflorescencias polinizadas manualmente y 24 las autopolinizadas. La unidad experimental fue el total de inflorescencias por palma y la variable evaluada fue el número de flores fecundadas y amarradas presentes al momento de destapar la inflorescencia.

Desembolsado y conteo de flores fecundadas: Cuando se estimaba que ya había ocurrido la fecundación, se procedió a realizar el desembolsado de las inflorescencias a los 15 días promedio en que fueron embolsadas, se les aplicó el producto denominado Biogib® (Ácido Giberélico) preparado a razón de 1g·L-1 (w/v), asperjando uniformemente con un atomizador todas las flores femeninas en crecimiento y desarrollo presentes con el fin de mejorar su amarre. Además, como ensayo preliminar, se realizó el seguimiento fotográfico del desarrollo del fruto cada 30 días aproximadamente de una inflorescencia, a partir de la fecha de desembolsado que fue el 28 de abril del 2023 y registrando la última toma el 14 de julio de 2023.

RESULTADOS Y DISCUSION

Amarre inicial de flores femeninas: En el Sitio 1, se encontró diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), pudiéndose observar que en el polinizado manualmente se obtuvo 19.2±7.8 frutos amarrados, mientras que en autopolinización se obtuvo 12.4±8.9 (Tabla 1). La polinización manual se utiliza en la producción agrícola como técnica para polinizar

manualmente los cultivos (Wurz *et al*., 2021), en cocotero se utiliza básicamente para la formación de híbridos. Adkins *et al*. (2020), mencionan que, durante un proceso de polinización manual, los tipos enanos permanecen fácilmente fertilizados por el polen. Algunas de las ventajas de la polinización manual son que mejora el amarre de frutos limitado, se puede llevar el control del origen y la cantidad de polen, así como el tiempo, frecuencia de polinización y la independencia del entorno que pudiese afectar el aborto (Tscharntke, 2021).

Tabla 1. Resultado del amarre inicial de flores femeninas autopolinizadas y polinizadas manualmente en cocotero Híbrido Chactemal.

Tratamiento	**Amarre S1**	**Amarre S2**
Polinizado manualmente	19.2±7.8[a]	41.6±26.7[a]
Autopolinización	12.4±8.9[b]	32.6±25.3[a]

Diferente letra corresponde a tratamientos estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$). S1: Sitio Experimental San Felipe Bacalar, S2: Campo Experimental Chetumal.

En cuanto al Sitio 2, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, en el proceso de polinizado manualmente se encontraron valores más altos que con el autopolinizado. Quizás la baja respuesta en el autopolinizado, se debió a que el embolsado no permitió la entrada de polinizadores naturales, ya que, en el coco, los insectos como las hormigas y las abejas son los principales polinizadores (Thomas y Josephrajkumar, 2022). Otro motivo por el cual pudo obtenerse menor número de frutos amarrados tanto en el S1 como en el S2, fue porque la fase masculina ya no alcanzó a cubrir a toda la fase femenina.

Crecimiento de frutos amarrados: Se realizó el registro fotográfico de frutos desde los 36 hasta los 115 días, iniciando con la primera fotografía a partir del día en que se desembolsó la inflorescencia. En general, los frutos presentan buen desarrollo, a pesar de que en algunos se detectó la presencia de daño por ácaro (Figura 1). Es importante considerar que el fruto de coco, tarda entre 330 a 420 días en desarrollarse después de la polinización (Beveridge *et al*., 2022) y que el mayor porcentaje de aborto ocurre los primeros 60 días después de la fecundación, por eso es importante realizar el monitoreo del número de frutos amarrados al menos a los 3 y 6 meses.



Figura 1. Monitoreo fotográfico del desarrollo de los frutos F2 del cocotero Híbrido Chactemal. a) fruto con 36 días de desarrollo, b) fruto con 54 días de desarrollo, c) fruto con 85 días de desarrollo y d) fruto con 115 días de desarrollo.

CONCLUSIONES

La polinización manual como refuerzo a la autopolinización en cocotero coadyuvó a la obtención de un mayor número de flores fecundadas. En el sitio 1, la polinización manual ayudó a obtener hasta un 54% más en el amarre inicial de frutos, mientras que en el sitio 2 el incremento fue de un 27%. El número final de frutos amarrados se podrá conocer a los 6 meses después de la fecundación, por lo que durante ese periodo se deben realizar actividades como la nutrición de las palmas y el control fitosanitario para evitar el aborto de los frutos en crecimiento y desarrollo. El presente trabajo es parte de una etapa inicial para la obtención de frutos F2 puros del Híbrido Chactemal, por lo que se seguirán realizando evaluaciones morfológicas y moleculares.

REFERENCIAS

Adkins, S. W., Biddle, J., Nguyen, Q. T., & Foale, M. (2020). *Cocos nucifera* coconut. In Biotechnology of fruit and nut crops (pp. 79-91). Wallingford UK: CAB International.

Beveridge, F. C., Kalaipandian, S., Yang, C., & Adkins, S. W. (2022). Fruit Biology of Coconut (Cocos nucifera L.). *Plants*, *11*(23), 3293.

Chandrika, S. A., Perera, N., & Dissanayaka, A. C. (2021). Genetic improvement of the coconut palm and mass propagation of improved cultivars. *The coconut palm (Cocos nucifera)*, 27.

Pham, L. J. (2016). Coconut (*Cocos nucifera*). In *Industrial oil crops* (pp. 231-242). AOCS Press.

Rethinam, P. (2019). International scenario of coconut sector. In *The Coconut Palm (Cocos nucifera L.)-Research and Development Perspectives* (pp. 21-56). Singapore: Springer Singapore.

SAGARPA (2023). Producción de copra y coco en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-de-copra-y-coco-en-mexico?idiom=es#:~:text= M%C3%A9xico%20es%20el%207%C2%B0% 20productor%20mundial%20de%20copra%20y%20coco. Fecha de consulta: 3 de agosto de 2023.

Thomas, R. J., & Josephrajkumar, A. (2022). Pollination Services in Coconut Plantations. *Ecosystem service analysis: concepts and*.

Tscharntke, T. (2021). Disrupting plant-pollinator systems endangers food security. One Earth, 4(9), 1217-1219.

Wurz, A., Grass, I., & Tscharntke, T. (2021). Hand pollination of global crops–A systematic review. Basic and Applied Ecology, 56, 299-321.

Yao, S. D. M., Daramcoum, W. A. M. P., Koffi, E. B. Z., Konan, K. J. L., Diarrassouba, N., Roland, B., ... & Bi, I. A. Z. (2022). Biometric Analysis on Genetic Divergence between Parental and Regenerated Accessions in Tall Coconut Palms (*Cocos nucifera* L.) from International Genebank for Africa and the Indian Ocean. *Open Journal of Genetics*, *12*(2), 11-23.

EVALUACIÓN de VARIEDADES DE Frijol EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Navejas Jiménez Jesús[1], Padilla Valenzuela Isidoro[1], Cota Barreras Carlos Ivan[1], Loya Ramírez José Guadalupe[2], Mercado Mancera Gustavo[3].

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP[1]

E-mail:navejasjesus@hotmail.com

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS[2]

Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México[3]

RESUMEN

El cultivo del frijol es importante en la economía agrícola del país, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. El presente trabajo se estableció con el objetivo de evaluar variedades de frijol con características de aceptación en el mercado nacional y adaptadas a las condiciones de agua, clima y suelo de Baja California Sur. por lo que se evaluaron 14 variedades de frijol: Pinto Saltillo, Pinto Durango, Pinto Centauro, Pinto Salinas, Raramuri, P-14036, Max, Chasse, San Rafael, Bill-z, Az. Regional 33, Az. Regional 87, Az. Higuera y Aluyori. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar. Se encontró diferencia no significativa entre tratamientos o variedades ($p \geq 0.05$). Los mayores rendimientos fueron: 2.273, 2.215, 2.100, 2.018,1.973 y 1.936 t ha^{-1}, obtenidos con las variedades Max, Bill-z, San Rafael, Az Regional 87, Az Higuera y Pinto Saltillo, respectivamente. Las variedades Raramuri y P-14036, resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 1.665 y 1.647 t ha^{-1}, respectivamente. Se encontró diferencia significativa entre variedades ($p \leq 0.05$), acorde al análisis de varianza (ANOVA), por lo que su comportamiento fue diferente en peso específico. Resultaron con mayor peso específico las variedades, Az Regional 87, Az Regional 33, y Pinto Salinas, con 86.1, 81.4 y 81.1 kg hL^{-1} respectivamente. La comparación productiva mostró en rendimiento una brecha potencial de 50 %, la desviación en la relación b/c fue de 41 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 7.11 \$ m^{-3} y 0.699 kg m^{-3} de agua con la variedad Max; lo que representa una desviación de 163 % con respecto a la media regional.

Palabras Clave. Frijol*, variedades, manejo.*

ABSTRACT

Bean cultivation is important in the country's agricultural economy, both because of the area allocated to it, and because of the economic benefits it generates. The present work was established with the objective of evaluating bean varieties with characteristics of acceptance in the national market and adapted to the water, climate and soil conditions of Baja California Sur. Therefore, 14 bean varieties were evaluated; Pinto Saltillo, Pinto Durango, Pinto Centauro, Pinto Salinas, Raramuri, P-14036, Max, Chasse, San Rafael, Bill-z, Az. Regional 33, Az. Regional 87, Az. Fig tree and Aluyori, a randomized block experimental design was used without significant difference was found between treatments or varieties ($p \geq 0.05$). The highest yields were; 2,273, 2,215, 2,100, 2,018, 1,973 and 1,936 t ha^{-1}, obtained with the Max, Bill-z, San Rafael, Az Regional 87, Az Higuera and Pinto Saltillo varieties, respectively. The Raramuri and P-14036 varieties had the lowest yield, obtaining 1,665 and 1,647 t ha^{-1}, respectively, significant difference were found between varieties ($p \leq 0.05$). According to the analysis of variance (ANOVA), so their behavior was different in specific weight. The varieties, Az Regional 87, Az Regional 33, and Pinto Salinas, with 86.1, 81.4 and 81.1 kg hL^{-1}, respectively, had the highest specific weight. The productive comparison showed a potential gap of 50 % in yield, the deviation in the b/c ratio was 41 % and in productivity in relation to the water used, indices of 7.11 $ m-3 and 0.699 kg m-3 were achieved. Of water with the variety Max; which represents a deviation of 163 % with respect to the regional average

Keywords. Bean*, varieties, manegement.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola del país, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. En conjunto con el maíz constituyen la dieta básica del pueblo mexicano y en consecuencia son los productos de mayor importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por la cantidad consumida per cápita. La importancia del frijol en la dieta humana radica en su contenido de proteína (22-28%), su aporte calórico (341 cal/100 g), fibra, hierro, zinc, potasio, vitamina B6 y ácido fólico, entre otros elementos esenciales (Piza, 2012). Ahora es conocido que el grano de frijol posee muchos compuestos con actividad biológica funcional relacionada con la salud, particularmente en el control de enfermedades crónico-

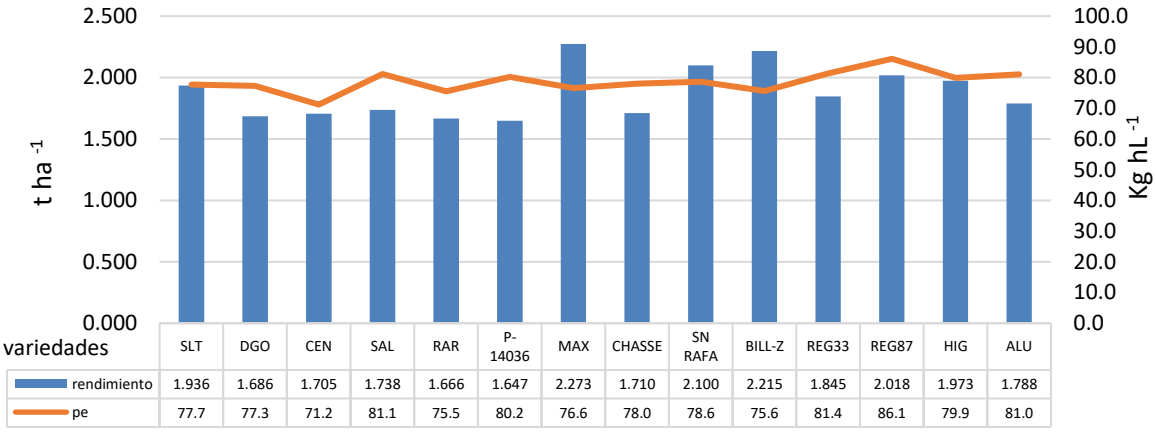
degenerativas. Sin embargo, la disponibilidad de este grano se ha visto limitada en los últimos años por factores climáticos adversos en las diversas regiones productoras. Ahora es conocido que el grano de frijol posee muchos compuestos con actividad biológica funcional relacionada con la salud, particularmente en el control de enfermedades crónico-degenerativas. Sin embargo, la disponibilidad de este grano se ha visto limitada en los últimos años por factores climáticos adversos en las diversas regiones productoras. En los últimos cinco ciclos, en B. C. S. se han establecido un promedio de 357 ha donde se han cosechado 464 t con un rendimiento promedio de 1.299 t/ha (SIAP, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el año 2022, en INIFAP, Campo Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona, con ubicación geográfica en las coordenadas 24º 30’ latitud norte y 111º 41’ longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para la siembra, considerándose como labranza mínima. Se evaluaron 14 variedades de frijol, se sembró el 10 de febrero de 2022, en seco, manualmente dejando 20 semillas por metro lineal, con camas de 1.60 metros de ancho, con dos hileras separadas a 0.3 m entre ellas, Se usaron 60 kg ha^{-1} de semilla. La fertilización se efectuó con 90 kg ha^{-1} de nitrógeno y 20 kg ha^{-1} de fósforo aplicándose después de la germinación; el fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado en tres ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual, sin aplicación, de herbicida. Se realizaron tres aplicaciones de agua jabonosa + 1.0 L de algas marinas y dos aplicaciones de insecticida Imidacloprid y fungicida biológico con trichoderma en dosis de 1.0 + 2.0 L ha^{-1}, para el control de mosquita blanca y complejo de chupadores. Asimismo, se realizaron 15 riegos frecuentes mediante cinta de goteo 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 32.5 cm. Se evaluaron las variables agronómicas de la planta, como peso de 100 semillas, peso específico, número de vainas, granos por vaina, altura de planta y rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos de variedades de frijol, acorde al análisis de varianza ANOVA mostraron diferencia no significativa (Cuadro 1). Se comportaron de manera similar al considerar el rendimiento obtenido por genotipo ($p \geq 0.05$), los valores más altos fueron: 2.273, 2.215, 2.100, 2.018,1.973 y 1.936 t ha^{-1}, obtenidos con los genotipos Max (7), Bill-z (10), San Rafael (9), Az Regional 87 (12), Az Higuera (13) y Pinto Saltillo (1), respectivamente. Las variedades Raramuri (5) y P-14036 (6), resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 1.665 y 1.647 t ha^{-1}, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre variedades ($p \leq 0.05$), acorde al análisis de varianza (ANOVA), por lo que su comportamiento fue diferente en peso específico. Resultaron con mayor peso específico las variedades Az Regional 87 (12), Az Regional 33 (11), y Pinto Salinas (4), con 86.1, 81.4 y 81.1 kg hL^{-1} respectivamente (Figura 1).



variedades	SLT	DGO	CEN	SAL	RAR	P-14036	MAX	CHASSE	SN RAFA	BILL-Z	REG33	REG87	HIG	ALU
rendimiento	1.936	1.686	1.705	1.738	1.666	1.647	2.273	1.710	2.100	2.215	1.845	2.018	1.973	1.788
pe	77.7	77.3	71.2	81.1	75.5	80.2	76.6	78.0	78.6	75.6	81.4	86.1	79.9	81.0

Figura 1. Rendimiento de 14 variedades de frijol en B.C.S. INIFAP 2022

Las características del suelo utilizado para la evaluación de las variedades de frijol con riego por goteo fueron: textura media franco arcillo arenosa, cc: 33.0, pmp: 13.3, da: 1.25, PH: 8.26, CE: 1.25 dS m^{-1}, y MO: 0.67 %. resultaron con concentración regular de nitrógeno en el suelo 42 mg Mg^{-1}, el potasio alto 150 mg Mg^{-1}, el pH medianamente alcalino 8.26 y la conductividad eléctrica 1.25 dS·m^{-1}, denotan condición muy ligeramente salina en la parcela. Llevar a cabo análisis de suelo consecutivos conforme a los ciclos productivos permite saber el aprovechamiento de nutrimentos en suelos con condiciones de aridez, reconocer las condiciones edáficas y predecir la capacidad de respuesta productiva según

el nivel tecnológico que se implementa. El frijol requiere de 56 kg ha^{-1} de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo 2.0 t ha^{-1} de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 112 kg de N ha^{-1} para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de frijol en el Valle de Santo Domingo bajo condiciones de riego es 90-20-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente. Dicha práctica fue generada para variedades de ciclo intermedio y precoz; sin embargo, para variedades más tardías, se esperaría una variación en los requerimientos de elementos nutricionales. Por tanto, es necesario generar nuevas fórmulas de fertilización que en caso de ser mayor la demanda de fertilizante repercutiría en la contaminación de mantos acuíferos, en los costos de producción, en la rentabilidad del cultivo, y en el tamaño y calidad del grano. La planta de frijol demanda mayor cantidad de nitrógeno que de otros nutrimentos, ya que éste interviene en la formación de las proteínas que contiene la semilla (20 a 22%) y los requerimientos del nitrógeno aumentan durante las fases de formación y llenado de vainas, además de ser considerado el nutrimento que tiene mayor movilidad en el suelo y alta solubilidad. Pruebas de aplicaciones fraccionadas de este elemento realizadas por estos autores indican que es mejor aplicarlo todo a la siembra. Diversos estudios han demostrado que con la fertilización nitrogenada se puede incrementar el rendimiento del frijol (Padilla et al, 2009).

El empleo de las variedades con mayor rendimiento, Max (7), Bill-z (10), San Rafael (9), Az Regional 87 (12), Az Higuera (13) y Pinto Saltillo (1) comparadas con el rendimiento medio regional, significa una brecha de 50 %, la desviación de 41 % en la relación beneficio-costo (b/c), en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 7.11 \$ m^{3-} y 0.699 kg m^{3-} de agua con el genotipo (7) Max lo que representa desviaciones de 163 % con respecto a estos índices (Cuadro 1).

Cuadro 1. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego del genotipo de frijol sobresaliente (INIFAP, 2022).

Tratamiento	Indices Productivos								
	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	t ha^{-1}	\$ t^{-1}	\$ ha^{-1}	\$ ha^{-1}		\$ ha^{-1}	m^3	\$ m^{3-}	kg m^{3-}
Max	2.273	26000	59098	35978	1.64	23120	3250	7.11	0.699
Media DDr	1.510	26000	39260	33905	1.16	5355	5700	0.94	0.265
Desviación %	50		50		41				163

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, frijol 12 % hum.

Los índices de productividad económica y los índices de uso del agua resultaron bajos. Por lo que, se debe continuar la validación de variedades in situ con productores. Sin embargo, las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles (FAO, 2002).

CONCLUSIONES

Las variedades sobresalientes fueron: Max, Bill-z, San Rafael, Az Regional 87, Az Higuera y Pinto Saltillo. La comparación productiva mostró que el rendimiento con la mejor variedad, significa una brecha potencial de 50 %, la desviación en la relación b/c fue de 41 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 7.11 \$ m^{-3} y 0.699 kg m^{-3} de agua con la variedad Max; lo que representa una desviación de 50 % con respecto al rendimiento medio regional. Para mejorar la capacidad productiva del frijol en condiciones de aridez, resulta recomendable un paquete tecnológico de menor costo, superar el límite de 2.0 t ha^{-1}, contar con el apoyo para el empleo de variedades de alto rendimiento y promoción de la cadena sistema producto.

REFERENCIAS

FAO.2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. disponible en: www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage. Consultado el 15 de agosto de 2021.

IPNI. 2007. Informaciones agronómicas del cono sur, No 33. Requerimientos nutricionales. absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico 11:13-16. Padilla V, I., Castillo T, N., Ramírez A, J.A., Armenta C, I. Cabrera C, F., Madrid C, M., Ortiz E, J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto técnico 69. CEVY-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Son. Méx. 122 p.

Padilla V, I., Castillo T, N., Ramírez A, J.A., Armenta C, I. Cabrera C, F., Madrid C, M., Ortiz E, J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto técnico 69. CEVY-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Son. Méx. 122 p.

Piza E. M. 2012. Las legumbres y sus beneficios. Centro Médico Nutricional. San José de Costa Rica. Disponible en: http://www.perder-peso-ya.com/Laslegumbres-y-sus-beneficios.html

SIAP, 2021. Producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria. https://nube.siap.gob.mx › cierreagricol. Consulta el 24 de mayo de 2021.

FERTILIZACIÓN QUÍMICA, BIOINSUMOS Y ABONOS VERDES EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Patishtan-Pérez Juan[1*], Barrón-Bravo Oscar G[1] y Vicente-Hernández Zeferino[2]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Huastecas, carretera Tampico-Mante, km 55. C.P. 89610. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. [2]Prestador de servicio profesional en el INIFAP-Las Huastecas.

*patishtan.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de la fertilización química (FQ), bioinsumos y abonos verdes en el crecimiento y desarrollo de la variedad CP 72-2086. El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental Ébano-INIFAP en San Luis Potosí, los datos fueron sometidos a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial, así como la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se registraron diferencias significativas entre FQ, bioinsumos y abonos verdes para los rasgos morfológicos evaluados. A un umbral de FQ-75%, se obtuvo peso de tallos superiores con la especie Canavalia asociada con la caña de azúcar. En general, se cuantificaron asociación significativa entre longitud, diámetro y peso de tallos molederos de caña de azúcar a una edad de seis meses. En práctica, combinar fertilización química/orgánica y abonos verdes podría optimizar el rendimiento y desarrollo de la caña de azúcar. Sin embargo, es necesario realizar investigación en las distintas fases (germinación, amacollamiento, crecimiento rápido y maduración), ciclos del cultivo (planta, soca y resoca), así como en diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, nutrición vegetal, bioinsumos, abonos verdes.

ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the effects of chemical fertilisation (CF), biofertilisers (bio-stimulants) and nitrogen-fixing crops on the growth and development of the sugarcane CP 72-2086 variety. The experiment was conducted at the Ébano-INIFAP Experimental Site in San Luis Potosí. The data were then submitted to a completely randomised design with a factorial arrangement, as well as Tukey's test ($P \leq 0.05$). Significant

differences were recorded between CF, bio-stimulants, and nitrogen-fixing crops for morphological traits. At a CF threshold of 75%, higher stem weights were recorded for Canavalia species associated with sugarcane. Overall, a significant association was quantified between length, diameter, and stalk weights of sugarcane at six months old. In practice, combining chemical/organic fertilisation and nitrogen-fixing crops could optimise the yield and development of sugarcane. However, further research is needed at plant phases such as germination, tillering, grand growth, and maturation, crop cycles (plant, ratoon, and so on), as well as under different environmental conditions and production systems.

Key words: *Saccharum officinarum*, plant nutrition, biofertilisers, nitrogen-fixing crops.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo esencial en México por su alta producción de sacarosa, pero su continua explotación agota minerales del suelo debido al monocultivo, reducida fertilización química/orgánica y quema de residuos de cosecha. Las dosis de fertilizantes varían según región, productor y ciclo del cultivo (planta, soca y resoca). Además, la quema de residuos y la remoción con arado ha disminuido la materia orgánica, aumentado la erosión del suelo y disminuido la eficiencia del uso del agua y nutrientes.

Por otra parte, los abonos orgánicos (bioinsumos), como lixiviados de composta/vermicomposta, biofertilizantes y microorganismos (hongos y bacterias benéficas), complementan la fertilización química (FQ), y mejoran las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo (Khandagave, 2023). Mientras que los cultivos asociados (abonos verdes) como la canavalia (*Canavalia ensiformis*; (Duarte Júnior and Coelho, 2008)), clitoria (*Clitoria ternatea* (Hutasoit *et al.*, 2018)) y crotalaria (*Crotalaria juncea* (Bokhtiar et al., 2003)) pueden mejorar el suelo. Estas leguminosas fijan nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias en las raíces, enriqueciendo el suelo para otros cultivos. Además, las raíces de estas especies modifican la estructura del suelo, promoviendo una mejor porosidad y la capacidad de infiltración hídrica (Ramos *et al.*, 2023). Los residuos vegetales de estas especies también aumentan la materia orgánica (MO), mejorando la textura y capacidad de intercambio catiónico del suelo, lo que contribuye a una mejor salud del suelo. En regiones cañeras, el monocultivo ha prevalecido por décadas por lo que establecer cultivos asociados se puede cambiar el monocultivismo y mejorar las

propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de bioinsumos y abonos verdes en el crecimiento y desarrollo de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad y tratamientos de fertilización química/orgánica

En el Sitio Experimental Ébano-INIFAP, situado en el oriente de San Luis Potosí, se establecieron parcelas experimentales con el propósito de analizar los efectos nutricionales de bioinsumos y abonos verdes en la caña de azúcar, variedad CP 72-2086. La ubicación geográfica del experimento es la siguiente: coordenadas 22º10'01.2" de latitud norte y 98º28'07.2" de longitud oeste. La altitud en este Sitio Experimental es de 55 msnm, con un rango de temperatura entre 22-26°C y una precipitación anual de 900 a 1100 mm. El clima en esta área es caracterizado como cálido subhúmedo con lluvias predominantes en el verano, presentando menor humedad relativa (INEGI, 2010).

El experimento incluyó cinco niveles de fertilización química (FQ): 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la dosis recomendada de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en proporciones de 180-60-120, respectivamente. La aplicación de nitrógeno se realizó en tres etapas: 30% en pre-siembra, 30% en el primer cultivo y 40% en la fase de crecimiento rápido. El fósforo se aplicó la dosis completa en la etapa de pre-siembra, mientras que el potasio se incorporó a partir de la fase de crecimiento rápido.

En cada nivel de FQ, se llevaron a cabo dos aplicaciones de Lixiviados de composta a una dosis de 200 litros por hectárea (L ha^{-1}), con una conductividad eléctrica de 22 decisiemens por metro (dS/m). Además, se aplicó productos Plantifor, compuesto por 200 kg de harina de rocas en pre-siembra, seguido de dos aplicaciones en drench de 3.7 L de Descompak, 1 L de Plantifor-líquido y 700 g ha^{-1} de Micro-For (*Rhizophagus irregulari* y *Glomus fasciculatum*). En otras parcelas se hicieron dos aplicaciones de E-Microzyme, con una dosis de 3 L ha^{-1} en cada aplicación. Esta mezcla contenía microorganismos como *Azotobacter vinelandii*, *Clostridium pasteurianum*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacter*, *Thermoactinomyces*, *Actinomyces*, *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium* y citoquininas extraídas de algas. El abono orgánico Eco composta Gusi, en cantidad de 250 kg ha^{-1} aplicada en pre-siembra y primer cultivo. Este bioinsumo consiste en un abono orgánico de

sangre/estiércol de bovino, paja de pasto, y rumen con 1.29, 0.74, y 1.73%, NPK, respectivamente. Más aún, se establecieron parcelas con productos de Agripintech: 4 litros de FosfoPower (8-24-7), 6 litros de Structurador (ácido fúlvico al 18%) en aplicación de drench, y 3 litros en aplicación foliar.

En parcelas adicionales, se establecieron los mismos cinco niveles de FQ (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), y se realizaron siembras intercaladas de Clitoria, Crotalaria y Canavalia entre los surcos de la caña de azúcar. La densidad de población de estas especies fue de 22, 24 y 7 por metro lineal, respectivamente, y se llevaron a cabo después del segundo cultivo.

Evaluación de rasgos morfológicos y análisis estadísticos

Para cuantificar el efecto de la FQ, los bioinsumos y los abonos verdes en la fase de crecimiento rápido de la caña de azúcar, se midieron el número, la longitud, el diámetro y el peso de los tallos molederos, así como los canutos dañados por el barrenador de tallos. Los datos fueron sometidos a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial y se llevaron a cabo pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$) para comparar las medias cuando se encontró significancia en los valores promedio. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software SAS versión 9.4 (SAS, 2013). Estas evaluaciones se continuarán a los 9 y 12 meses de edad en los ciclos planta, soca y resoca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos realizados permitieron cuantificar diferencias significativas entre los grupos de abonos orgánicos, los niveles de fertilización química (FQ) y su interacción, para la variable peso de tallos (**Cuadro 1**). A FQ-0% con bioinsumos o abonos verdes, se registraron pesos de tallos inferiores a 1kg. Los análisis demostraron que existen diferencias significativas entre la FQ, los bioinsumos y los abonos verdes en relación con los pesos de los tallos (**Figura 1A-D**). En condiciones de 25%, 50% y 100% de la FQ, los tallos presentaron pesos de aproximadamente 0.7 a 1 kg. No obstante, al fijar un umbral económico de FQ-75%, con bioinsumos o abonos verdes, la especie Canavalia mostró valores superiores en el peso de los tallos molederos (**Figura 2**).

El número de canutos, la población de tallos y la altura de las cañas molederas fueron considerablemente mayores en los tratamientos de FQ en comparación con aquellos que utilizaron bioinsumos y abonos verdes. Sin embargo, los valores de diámetro de los tallos

fueron superiores en condiciones de FQ con bioinsumos y abonos verdes (P<0.05). En otras palabras, los bioinsumos y abonos verdes tuvieron un impacto positivo en el diámetro de los tallos, mientras que la fertilización química tradicional con NPK resultó en un menor diámetro. En términos generales, el peso promedio de los tallos varió entre 800 y 940 gramos a una edad de seis meses. Es importante señalar que, a esta etapa de desarrollo, las cañas presentaron un crecimiento relativamente óptimo.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el peso de los tallos, sometido a un diseño completamente al azar con un arreglo factorial.

Fuente	GL	ANVA	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Nivel de FQ	4	0.107	0.026	4.21	0.0036**
Abonos Orgánicos	8	0.375	0.047	7.40	< 0.0001**
Nivel de FQ - Abonos orgánicos	32	0.649	0.020	3.19	< 0.000*

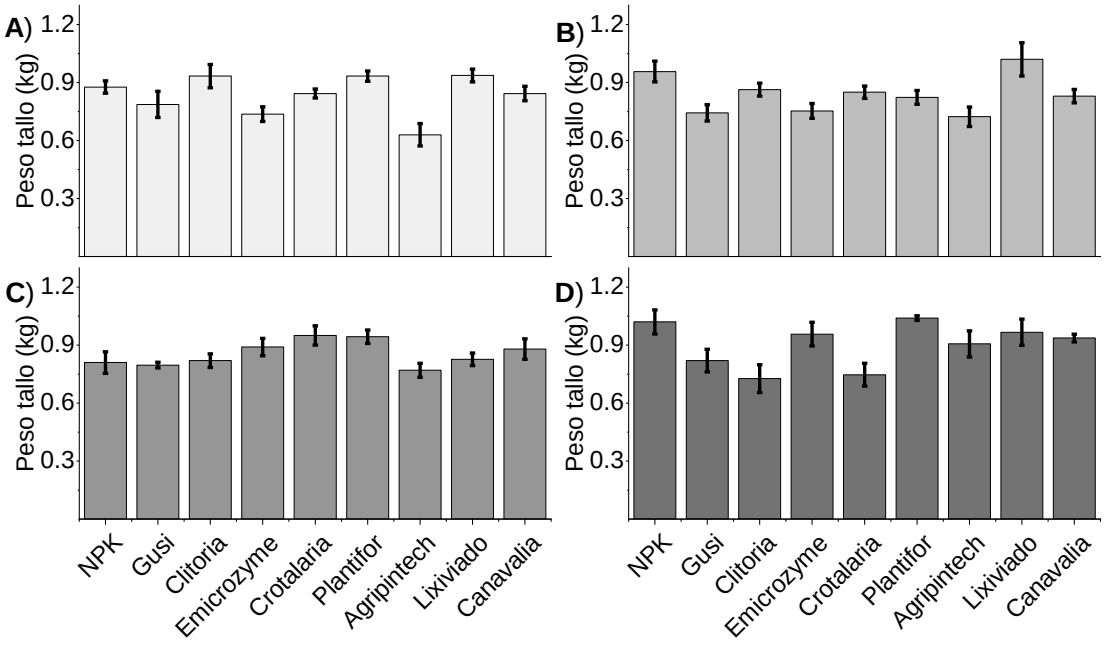


Figura 1. Peso individual de los tallos molederos de caña de azúcar expuestos a distintos porcentajes de fertilización química en conjunto con bioinsumos/abonos verdes. Las barras de las gráficas representan los valores promedio ± error estándar de tres repeticiones.

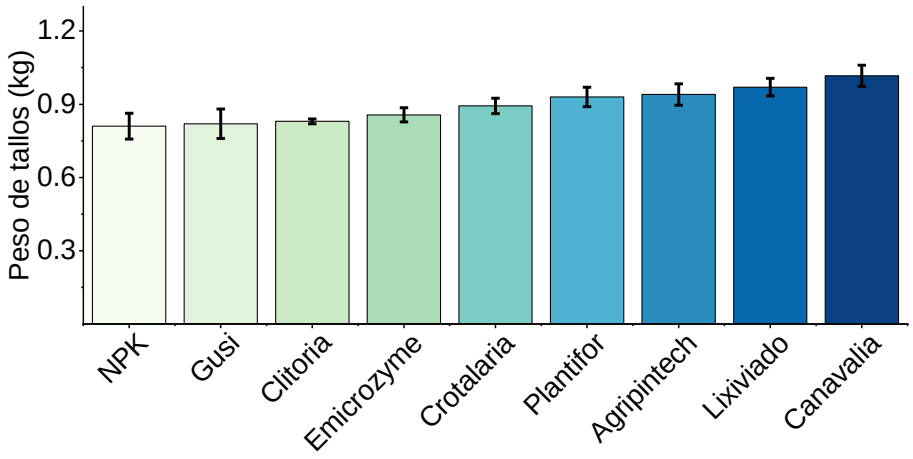


Figura 2. Peso individual de los tallos molederos de caña de azúcar en tratamientos de FQ-NPK, FQ-bioinsumos y FQ-abonos verdes. Las barras de las gráficas reflejan los valores promedio ± error estándar de tres repeticiones.

Pesos de tallos en distintos niveles de fertilización química

Los análisis revelaron una tendencia positiva entre el incremento en la dosis de FQ y el peso de los tallos molederos. Esta tendencia podría ser aún más notoria a largo plazo, dado que el cultivo continuará extrayendo los elementos químicos disponibles en el suelo (**Figura 3A**). Una alternativa en el manejo agronómico es el uso de bioinsumos, derivados de residuos orgánicos como compostas o vermicompostas, los cuales se utilizan como una opción sostenible para la fertilización de la caña de azúcar.

Correlaciones entre rasgos morfológicos y daños por gusano barrenador

Los análisis demostraron una correlación positiva entre la altura, el diámetro y el peso de los tallos molederos de la caña de azúcar (**Figura 3B-C**). Los beneficios nutricionales de los lixiviados también han sido observados en otras especies vegetales, lo que concuerda con nuestros resultados a corto plazo. En cuanto a los daños causados por el gusano barrenador, se obtuvo un promedio global de 14.5%. A un nivel de FQ del 75%, se cuantificó una diferencia significativa ($P<0.05$) entre los grupos de NPK (27%), bioinsumos (9.5%) y abonos verdes (7%). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de NPK, bioinsumos y abonos verdes para la variable peso de tallos (**Figura 4A-B**).

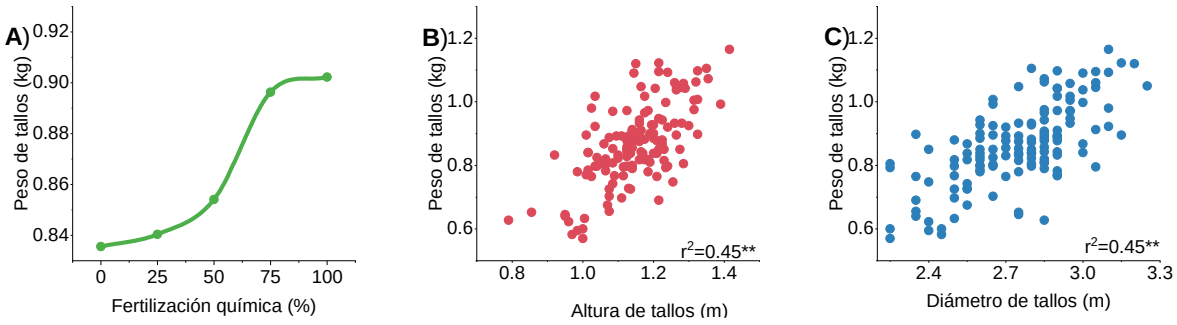


Figura 3. Peso individual de los tallos molederos de caña de azúcar a diferentes porcentajes de fertilización química (**A**). Regresiones entre la altura y los pesos de los tallos (**B**), y entre el diámetro y el peso de los tallos individuales (**C**) de la caña de azúcar a una edad de seis meses.

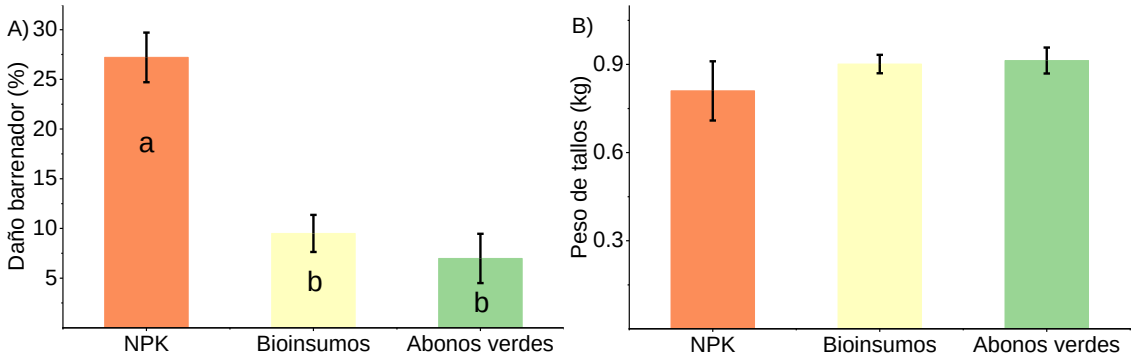


Figura 4. Porcentaje de daño causado por el gusano barrenador de los géneros *Diatraea* y *Eoreuma* en los grupos de NPK, bioinsumos y abonos verdes a un nivel de FQ del 75%. Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias significativas (P<0.05).

CONCLUSIONES

En conclusión, este estudio reveló diferencias significativas entre bioinsumos/abonos - verdes, niveles de FQ y su interacción en el peso de tallos de caña de azúcar. La FQ-0% con bioinsumos o abonos verdes mostró tallos de menor peso (< 1 kg). La FQ, bioinsumos y abonos verdes influyeron en los pesos de tallos. A FQ-75%, se obtuvo pesos de tallos molederos altos con Canavalia. A niveles de FQ superiores resultaron en mayor población de tallos y altura en cañas molederas, mientras que los bioinsumos y abonos verdes contribuyeron a diámetros más grueso. La combinación de fertilización química/orgánica en el cultivo de caña de azúcar puede optimizar el rendimiento y desarrollo de la planta.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los técnicos del INIFAP y a los estudiantes del Instituto Tecnológico de Altamira por su valiosa contribución durante sus estancias de verano en el año 2023.

REFERENCIAS

INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ebano, San Luis Potosí. Clave geoestadística 24016.

Bokhtiar, S., Gafur, M. & Rahman, A. (2003). Effects of Crotalaria and Sesbania aculeata green manures and N fertilizer on soil fertility and the productivity of sugarcane. *The Journal of Agricultural Science* 140(3): 305-309.

Duarte Júnior, J. B. & Coelho, F. C. (2008). Sugarcane in a no-tillage system compared to the conventional system with, and without, manuring. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12: 576-583.

Hutasoit, R., Sirait, J., Tarigan, A. & Ratih, D. (2018). Evaluation of four pasture legumes species as forages and cover crops in oil palm plantation. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 22(3): 124-134.

Khandagave, R. (2023). Organic Farming for Sustainable Production of Sugarcane. *Organic Crop Production Management: Focus on India, with Global Implications*.

Ramos, M. M., Hidalgo-Moreno, C. I., Fuentes, M., Martínez, J. D. & Barra, J. D. E. (2023). Potencial de especies de leguminosas mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 14(4): 531-541.

SAS (2013).SAS Institute Inc. 2013. SAS® 9.4 Statements: Reference. Cary, NC: SAS Institute Inc.

FUENTE Y DOSIS DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS DE CEBADA

Miguel Angel Avila Perches[1*], Alfredo Josué Gámez Vázquez[1], Mauro Refugio Zamora Díaz[2], Francisco Paúl Gámez Vázquez[1], José Roberto Augusto Dorantes González[1].

[1]INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. [2]INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México.

***avila.miguel@inifap.gob.mx**

RESUMEN

En Roque, Celaya, Guanajuato se estableció un ensayo bajo condiciones de riego, para evaluar el efecto de dos tipos de urea (convencional y de liberación controlada) y tres dosis de nitrógeno (90, 180 y 270 unidades por ha) en el comportamiento agronómico de cuatro variedades de cebada. Se detectó que no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de urea utilizados y que no se justifica la aplicación de 270 unidades de nitrógeno. Además de que la variedad de cebada fue el factor que más influyó en la manifestación de la mayoría de los caracteres evaluados.

Palabras clave: Calidad física, contenido de proteína, correlaciones

ABSTRACT

In Roque, Celaya, Guanajuato, a trial under irrigation conditions was established to evaluate the effect of two types of urea (conventional and controlled release) and three doses of nitrogen (90, 180 and 270 units per hectare) on agronomic performance. of four varieties of barley. It was detected that there was no significant difference between the two types of urea used and that the application of 270 nitrogen units is not justified. In addition to the fact that the barley variety was the factor that most influenced the manifestation of most of the evaluated agronomic traits.

Key words: Physical quality, protein content, correlations

INTRODUCCIÓN

La cebada es el cuarto cereal más importante a nivel internacional, se siembran poco más de 49 millones de ha y se cosechan cerca de 148 millones de t, los principales países productores son: la Federación Rusa, Australia, Francia, Alemania, Ucrania, España y Gran Bretaña que obtienen el 54% de la producción mundial (FAO, 2023).

En nuestro país durante el 2022, se establecieron cerca de 346,000 ha con cebada y se cosecharon más de 1, 000,000 de t, de las cuales el 53 % se obtienen en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen en riego en el otoño-invierno. Los principales estados productores son Guanajuato e Hidalgo, que cosechan el 52% de la producción nacional (SIAP, 2022).

Actualmente, la rentabilidad en la producción de granos en El Bajío de Guanajuato, ha sido impactada por el aumento excesivo en el precio de los fertilizantes químicos y otros insumos agrícolas, por el deterioro del suelo y por el abatimiento de los mantos freáticos (Báez *et al*., 2012).

La agricultura en la región de El Bajío de Guanajuato, se caracteriza por la rotación cereal-cereal, incorporación de altas dosis de fertilización nitrogenada (FN) y grandes láminas de riego en el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I), para cosechar alto rendimiento de grano. Este sistema de producción se ha relacionado con el descenso del contenido de materia orgánica del suelo. El cultivo de cebada para malta es una opción de producción para el ciclo agrícola O-I, ya que requiere dosis de FN menores para satisfacer los estándares que establece la industria maltera y un menor número de riegos por la precocidad de su ciclo de producción (Vera *et al.*, 2002).

El nitrógeno (N) es el elemento más restringe la producción de cereales, en la cebada la disponibilidad de N es importante, sobre todo en las etapas de mayor demanda que son el ahijamiento y el encañe. Una adecuada disponibilidad de N puede incrementar no sólo la calidad del grano, en especial el contenido de proteína, sino también el nivel de producción, aunque la industria cervecera prefiere variedades de cebada con contenidos de proteína menores al 14 % y alto contenido de almidón (Lema *et al.*, 2017)

Hasta hace pocos años, en México se realizaba la producción de malta para cerveza, con cebada de seis hileras en la espiga, porque la investigación en mejoramiento genético generó las variedades aptas para muchas regiones con distintas condiciones climáticas y resistencia a plagas y enfermedades y además con un alto potencial enzimático. No obstante en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras para elaborar una mejor cerveza, esto, porque presentan granos más gruesos y uniformes, así como una cáscara más fina que la cebada de seis hileras (Navarrete, 2015).

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue determinar el efecto de dos fuentes y tres dosis de fertilizante nitrogenado en las características agronómicas de cuatro variedades de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno de 2019-2020, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar.

El ensayo se estableció con un arreglo en parcelas subdivididas en un diseño experimental de bloques al azar, en la parcela mayor se ubicaron dos fuentes de nitrógeno (N): urea convencional (UC) y de liberación controlada (ULC), mientras que en la parcela mediana se colocaron tres dosis de N (DN): 90, 180 y 270 unidades ha^{-1}, en tanto que en la parcela chica se sembraron cuatro genotipos de cebada: Alina, Estelar, Explorer y Metcalfe, las dos primeras fueron formadas por el INIFAP y son de seis hileras en la espiga, en tanto que las dos últimas son variedades extranjeras con dos hileras en la espiga. El experimento se sembró el 26 de diciembre de 2019, con una densidad de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, mientras que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3m. Se realizó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días. Además del nitrógeno, en todas las unidades experimentales se incorporaron 60 unidades de P_2O_5 ha^{-1}, para lo cual se utilizó

superfosfato de calcio triple, todo el fertilizante se aplicó en la siembra. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes características: Rendimiento de grano (RG), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS), contenido de proteína (CP), número de espigas m^{-2} (Em^2) y número de semillas por espiga (SE). Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además se realizó un análisis de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cinco de las características evaluadas, los análisis de varianza (Cuadro 1 Y 2) detectaron diferencias significativas sólo en variedades (V), en tipo de urea (TU) y dosis de nitrógeno (DN) y en las diferentes interacciones, no hubo diferencias significativas, únicamente en contenido de proteína fue significativa la dosis de nitrógeno, lo anterior resalta la importancia de la variedad que se establece y la falta de respuesta en los demás factores de estudio pudo ser ocasionada porque el suelo donde se estableció el experimento, presentaba un buen nivel de nitrógeno en forma natural. La falta de significancia por el tipo de urea utilizado en cebada, también fue reportado por Lema *et al*. (2017). Es importante resaltar los valores de los coeficientes de variación, que se ubicaron en menos del 17 %, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza del rendimiento y calidad física de semilla de genotipos de cebada sembrados con diferentes fuentes y dosis de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	**Rendimiento de grano**	**Peso volumétrico**	**Peso de mil semillas**
Tipo de urea (TU)	25088.0NS	9.53NS	4.94NS
Dosis de nitrógeno (DN)	2023790.22NS	3.85NS	3.66NS
Variedad (V)	4745770.67*	77.04*	32.11**
TU X DN	151562.66NS	0.56NS	2.45NS
TU X V	3593737.48NS	4.26NS	1.50NS
DN X V	1389877.33NS	7.70NS	7.57NS

TU X DN X V	792169.48NS	1.15NS	3.18NS
C. V. (%) [1]	16.76	2.15	3.93

[1]C. V.: Coeficiente de variación.

[2]NS: No significativo.

* y **:Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza de tres características agronómicas de genotipos de cebada sembrados con diferentes fuentes y dosis de fertilización nitrogenada.

Fuente de variación	**Contenido de proteína**	**Espigas m^{-2}**	**Semillas por espiga**
Tipo de urea (TU)	0.14NS	86.68NS	21.13NS
Dosis de nitrógeno (DN)	0.35**	11551.84NS	60.26NS
Variedad (V)	0.05NS	188418.68**	3623.81**
TU X DN	0.21NS	2693.18NS	3.67NS
TU X V	0.12NS	6893.82NS	32.63NS
DN X V	0.01NS	8836.62NS	25.45NS
TU X DN X V	0.03NS	7283.32NS	27.81NS
C. V. (%) [1]	3.02	16.42	16.40

[1]C. V.: Coeficiente de variación.

[2]NS: No significativo.

* y **:Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Aunque no hubo diferencias significativas, el RG fue mayor con 270 unidades de N (UN), no obstante éste superó sólo por 159.4 kg ha^{-1}, el valor de 180 UN, la dosis de 90 UN presentó el menor promedio con una producción menor a 6,700 kg ha^{-1}. Lo anterior, coincide con Báez *et al*. (2012) en el sentido de que aplicar una dosis mayor a 180 UN es innecesario y además aumenta los costos de producción. Por último, es importante destacar que Alina mostró el RG más alto con un valor de 7,700.44 kg ha^{-1}, ésta misma variedad sobresalió en PV con un promedio superior a 67.7 kg hL^{-1} (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento y calidad física de semilla de genotipos de cebada sembrados con diferentes fuentes y dosis de fertilización nitrogenada.

Factor de studio	**Rendimiento de grano (kg ha^{-1})**	**Peso volumétrico kg hL^{-1}**	**Peso de mil semillas (g)**
Tipo de urea			
Convencional	7,024.44	66.72	43,10
Liberación controlada	6,987.11	65.99	42,58
DMS[1]	2,038.5	0.24	2.37
Dosis de nitrógeno[2]			
90	6,683.33	66.18	43.29
180	7,087.33	66.81	42.64
270	7,246.67	66.07	42.58
DMS[1]	814.59	0.81	0.81
Variedad			
Alina	7,700.44	67.75	41.36
Estelar	6,912.00	66.57	43.39
Explorer	6,461.33	63.36	44.41
Metcalfe	6.949.33	67.75	42.20
DMS[1]	794.11	0.96	1.13

[1]DMS: Diferencia mínima significativa

[2]Dosis de nitrógeno: Unidades por ha.

Al aumentar la dosis de nitrógeno se incrementa también el contenido de proteína, lo que significa que los valores más altos en esta característica se observaron al aplicar 270 unidades de N. En éste mismo carácter, la variedad Estelar presentó el menor valor con un promedio ligeramente menor a 10%, lo cual está dentro de las especificaciones de la cebada para producir malta para cerveza. Es importante destacar que las variedades de dos hileras en la espiga, presentaron un mayor valor en espigas m^{-2}, mientras que las de seis hileras fueron superiores en semillas por espiga (Cuadro 4).

El análisis de correlación detectó que el rendimiento de grano se relaciona en forma positiva con peso volumétrico, espigas m^{-2} y semillas por espiga (Cuadro 5)

Cuadro 4. Características agronómicas de genotipos de cebada sembrados con diferentes fuentes y dosis de fertilización nitrogenada.

Factor de studio	**Contenido de proteína (%)**	**Espigas m^{-2}**	**Semillas por espiga**
Tipo de urea			
Convencional	10.58	426.61	37.51
Liberación controlada	10.04	424.42	36.28
DMS[1]	0.25	171.95	7.09
Dosis de nitrógeno[2]			
90	9.62	400.58	35.10
180	10.24	441.88	38.07
270	11.09	434.08	37.53
DMS[1]	0.11	54.37	5.40
Variedad			
Alina	10.10	369.28	49.41
Estelar	9.98	309.72	48.96
Explorer	10.44	515.78	24.42
Metcalfe	10.72	507.28	24.81
DMS[1]	0.06	47.25	4.09

[1]DMS: Diferencia minima significativa

[2]Dosis de nitrógeno: Unidades por ha.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables evaluadas.

	RG	PMS	PV	CP	Em^2	SE
RG		-0.180	0.573**	0.102	0.389**	0.276**
PMS	-0.180		-0.138	-0.284**	-0.053	0.203
PV	0.573**	-0.138		-0.233	-0.002	0.356**
CP	0.102	-0.284	-0.233		0.360**	-0.259

Em^2	0.389**	-0.053	-0.002	0.360**		-0.522**
SE	0.276	-0.203	0.356	-0.259	0.522**	

CONCLUSIONES

-No hubo diferencia significativa entre los dos tipos de urea utilizados.

-De acuerdo con el comportamiento agronómico de las variedades evaluadas, no se justifica la aplicación de 270 unidades de nitrógeno.

-El genotipo de cebada fue el factor que más influyó en la manifestación de la mayoría de los caracteres evaluados.

-La variedad Alina, se destacó en rendimiento y peso volumétrico de grano.

REFERENCIAS

Báez P. A., J. M. Arreola T., B. Triomphe, A. Bautista C. y P. de J. Licea M. 2012. Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(8): 1509-1519.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2023. Consultado en: www.fao.org/faostat

Lema A. A. C., E. R. Basantes M. y J. L. Pantoja G. 2017. Producción de cebada (Hordeum vulgare L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. Agron. Mesoam. 28(1): 97-112.

Navarrete R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (Hordeum distichum L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Consultado en: www.gob.mx/siap

Vera N. J. A., O. A. Grageda C., M. A. Vuelvas C. y J. J. Peña C. 2002. Absorción de nitrógeno (15N) por el cultivo de cebada en relación con la disponibilidad de agua en “El Bajío”, Guanajuato, México. Terra 20: 57-64.

FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA AGRICULTURA: EL CASO DEL TRIGO

WATER PRODUCTION FUNCTIONS IN AGRICULTURE: THE CASE OF WHEAT

Alejandro Rodríguez Guillén[1*], Salvador Villalobos Reyes[2], Pedro Antonio Dávalos González[3].

alejandrorodriguezguillen1@gmail.com

[1,2,3]**Investigador en suelos, horticultura protegida y mejoramiento genético, respectivamente. Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Km 6.5 carr. Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto.**

RESUMEN

A nivel mundial, la disponibilidad efectiva del agua se encuentra en un punto crítico ya que está íntimamente vinculada al desarrollo socioeconómico de todas las naciones, por lo que la adopción de medidas para realizar un uso adecuado y eficiente de los recursos hídricos se ha vuelto una prioridad impostergable y, con ello, alcanzar un manejo integral y sostenido del agua. La agricultura es, por mucho, el sector usuario de agua más grande, no sólo en México sino en la mayoría de los países. Durante mucho tiempo se ha intentado optimizar el uso de agua utilizando modelos matemáticos y metodologías econométricas con el propósito de realizar un aprovechamiento más eficiente de este recurso. Entre ellas se encuentra el uso de funciones de producción de agua, la programación matemática de diversos tipos, métodos econométricos, estimaciones de valoraciones de agua a partir de datos contables, análisis basado en precios de la tierra, etc. La relación entre la producción de los cultivos y el régimen de humedad del suelo conocida como función de producción del agua de riego, es fundamental para la planificación integral del agua en la agricultura. Esta función de producción es resultado de un análisis empírico que permite maximizar el rendimiento de los cultivos con la aplicación óptima del agua de riego. Cuando no es posible aplicar la lámina de riego óptima se maximiza la productividad media del agua con una lámina de riego restringida. De manera general, una función de producción es la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan en su obtención. En este caso particular, las funciones de producción de agua se refieren a la relación que existe entre producir un producto agrícola (trigo) y la combinación de los

factores usados para ello. En México, en la mayoría de la superficie agrícola que se riega con agua del subsuelo, los agricultores operan en los polos del espectro de la irrigación. Algunos de ellos aplican una gran cantidad de riegos para asegurarse en contra de pérdidas en la producción debido a deficiencias de agua, mientras que otros productores aplican menos agua de la que se requiere para obtener una producción agrícola adecuada. Este exceso o falta de agua es un reflejo de la mala planeación en la distribución (y administración) del recurso hídrico debido al desconocimiento que se tiene de la respuesta de los cultivos a diferentes niveles de consumo de agua.

Palabras clave: modelos matemáticos, respuesta al riego, trigo, escasez de agua.

ABSTRACT

Worldwide, the effective availability of water is at a critical point since it is closely linked to the socioeconomic development of all nations, so the adoption of measures to make adequate and efficient use of water resources has become a priority that cannot be postponed and, with it, achieve comprehensive and sustained water management. Agriculture is by far the largest water user sector, not only in Mexico but in most countries. For a long time, attempts have been made to optimize the use of water using mathematical models and econometric methodologies in order to make more efficient use of this resource. Among them is the use of water production functions, mathematical programming of various types, econometric methods, estimates of water valuations from accounting data, analysis based on land prices, etc. The relationship between crop production and the soil moisture regime, known as the irrigation water production function, is essential for comprehensive water planning in agriculture. This production function is the result of an empirical analysis that allows maximizing crop yield with the optimal application of irrigation water. When it is not possible to apply the optimal irrigation sheet, the average water productivity is maximized with a restricted irrigation sheet. In general, a production function is the relationship between the product obtained and the combination of factors used to obtain it. In this particular case, the water production functions refer to the relationship that exists between producing an agricultural product (wheat) and the combination of factors used for it. In Mexico, in most of the agricultural area that is irrigated with groundwater, farmers operate at the poles of the irrigation spectrum. Some of them apply a large amount of

irrigation to insure against production losses due to water deficiencies, while other producers apply less water than is required to obtain adequate agricultural production. This excess or lack of water is a reflection of poor planning in the distribution (and administration) of the water resource due to the lack of knowledge of the response of crops to different levels of water consumption.

Keywords: mathematical models, crop response to irrigation, wheat, water scarcity.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la disponibilidad efectiva del agua se encuentra en un punto crítico ya que está íntimamente vinculada al desarrollo socioeconómico de todas las naciones, por lo que la adopción de medidas para realizar un uso adecuado y eficiente de los recursos hídricos se ha vuelto una prioridad impostergable y, con ello, alcanzar un manejo integral y sostenido del agua. Además, el manejo de los recursos hídricos puede mejorarse tanto desde el lado de la oferta como de la demanda. Por el lado de la demanda, los directores de política se enfrentan a la toma de decisiones acerca de los instrumentos económicos que aplicarán para cambiar la conducta de los usuarios. Por el lado de la oferta, los creadores de políticas pueden mejorar el sistema de distribución y riego, así como la forma de reutilizar el agua. México enfrenta problemas muy severos de escasez, ineficiencia y contaminación del agua. Respecto al primer problema, éste se ha manejado tradicionalmente por el lado de la oferta; es decir, mediante la construcción de la infraestructura hidráulica, lo cual ha permitido, al menos temporalmente, satisfacer las crecientes demandas de agua de los diferentes sectores de usuarios: agrícola, industrial, doméstico y generación de energía eléctrica, entre otros. Desde que se inició el primer Plan Nacional Hidráulico en 1985 hasta el día de hoy, se ha insistido en ejercer un mayor control de la demanda de agua a través del uso de instrumentos económicos para lograr su aprovechamiento eficiente.

La agricultura es, por mucho, el sector usuario de agua más grande, no sólo en México sino en la mayoría de los países. A pesar de ello y de que cada vez se pone mayor énfasis en la utilización de los mecanismos económicos para racionalizar la demanda de agua, existen pocos estudios econométricos enfocados en la estimación de la función de demanda de

agua para uso agrícola y la respuesta de ésta ante las modificaciones de los precios. Durante mucho tiempo se ha intentado optimizar el uso de agua utilizando modelos matemáticos y metodologías econométricas con el propósito de realizar un aprovechamiento más eficiente de este recurso. Entre ellas se encuentra el uso de funciones de producción de agua, la programación matemática de diversos tipos, métodos econométricos, estimaciones de valoraciones de agua a partir de datos contables, análisis basado en precios de la tierra, etc.

La relación entre la producción de los cultivos y el régimen de humedad del suelo conocida como función de producción del agua de riego, es fundamental para la planificación integral del agua en la agricultura. Esta función de producción es resultado de un análisis empírico que permite maximizar el rendimiento de los cultivos con la aplicación óptima del agua de riego. Cuando no es posible aplicar la lámina de riego óptima se maximiza la productividad media del agua con una lámina de riego restringida (Kirkegaard *et al*., 2007).

Dado el estado de la tecnología en un momento dado del tiempo, la función de producción nos indica que la cantidad de producto Q que una empresa puede obtener es función de las cantidades de capital (K), trabajo (L), tierra (T) e iniciativa empresarial (H). Cada tipo de actividad empresarial, industrial, o simplemente cualquier actividad productiva (aquella que combina los factores de la producción con el objetivo de obtener un resultado materializado en un bien, o en la prestación de un servicio) tendrá una función de producción diferente.

En lo que respecta a otro tipo de metodologías para determinar la demanda de agua para riego, tales como los modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Utilidad Multicriterio, donde Madueño *et al*. (2000) estiman la curva de demanda de agua de riego, para lo cual obtienen la función de utilidad que los agricultores tratan de optimizar, la que engloba más de un objetivo simultáneamente (maximización del beneficio y minimización del riesgo).

De manera general, una función de producción es la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de factores que se utilizan en su obtención. En este caso particular, las funciones de producción de agua se refieren a la relación que existe entre producir un producto agrícola (trigo) y la combinación de los factores usados para ello.

De esta forma se puede pensar en diferentes ejemplos de funciones de producción. Supongamos un agricultor que se dedica al cultivo del trigo. Este empresario utilizará la tierra de que dispone, las semillas, trabajo, maquinaria, fertilizantes, tecnología de riego, etc. La función de producción le indicará a nuestro agricultor cuáles son los niveles de producción, cantidad de trigo, que alcanzará mediante la combinación de todos los factores de la producción que tiene a su disponibilidad en ese momento. En esto último es importante la dimensión temporal. Con esto se quiere decir que la función de producción hace referencia a un momento del tiempo en que la tecnología está dada, si ocurre una innovación o retroceso tecnológico, es decir, si ocurre un cambio en la tecnología, entonces cambiará la función de producción.

Se han obtenido modelos de funciones de producción del agua de riego que han permitido optimizar la producción regional con base en el manejo eficiente del agua. Sarwar y Bastiaanssen (2001) aplicaron el modelo SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant, Kroes *et al*., 2000), para investigar cómo reducir las aplicaciones de agua al trigo cuando los mantos freáticos son someros y en donde se requiere conservar el suelo en buenas condiciones hídricas (oxigenación adecuada) para que no afecte el rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que esto fue posible, al aplicar solo 19.5 y 32.5 cm de agua, de buena y mala calidad (3 dS m^{-1}), respectivamente.

Estas funciones de producción o modelos relacionan variables climatológicas (temperatura y radiación) además del suelo (humedad), planta (etapas fenológicas) y manejo del agua (cantidad y oportunidad del riego), que son básicas para modelar la producción de cultivos. Al respecto, Irmak *et al*. (2000) y Oweis *et al*. (2000) sugirieron calcular el índice de tensión diaria, mientras que Badaruddin *et al*. (1999) propusieron la variable días críticos, que considera el período durante el cual el cultivo está sujeto a tensiones de humedad mayores

que cierto valor. Así mismo, Rajput y Singh (1986) e Inzunza *et al*. (2007) utilizaron solo polinomios cuadráticos para relacionar el rendimiento observado del cultivo con el nivel de humedad al que están sujetas las plantas en cada etapa de su desarrollo.

Con base en este enfoque, Chen *et al*. (2003) y López *et al*. (2007) resumieron los resultados del efecto del déficit hídrico en las etapas fenológicas del trigo: a) el cultivo es sensible al déficit hídrico durante la formación de los órganos reproductivos y durante la floración; b) el déficit de agua en esta etapa del crecimiento reduce considerablemente el rendimiento de grano debido a la disminución en el número de granos por espiga; y, c) los tejidos de los órganos reproductivos son susceptibles al daño por falta de agua, por lo que afecta la formación de polen y en consecuencia, la fecundación.

En este sentido, Li *et al*. (2010), reportaron que se obtuvo el mayor rendimiento de grano de trigo cuando se aplicó riego en floración y en la formación del grano. En las regiones trigueras de México, la limitante no es la superficie a sembrar, sino la disponibilidad del agua de riego, por lo que se buscan tecnologías de riego que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua. Con este fin, Oweis *et al*. (2000), estudiaron el efecto del riego como suplemento al agua de lluvia, en la producción de grano de trigo y la eficiencia del uso de agua; concluyeron que la producción de grano se incrementó de 2.4 a 4.2 t ha^{-1} y la eficiencia de uso del agua de 0.77 a 0.92 kg m^{-3} al aplicar $^{2}/_{3}$ del total de requerimiento del riego suplementario con respecto al agua de lluvia. Sadras y Angus (2006) encontraron que la eficiencia en el uso de agua en un cultivo en Australia fue 1 kg m^{-3} en promedio. López *et al*. (2007) obtuvieron una eficiencia en el uso del agua de 1.37 kg m^{-3} en un cultivo de trigo fertilizado con 100 kg N ha^{-1}.

Inzunza *et al*. (2010) realizaron un estudio sobre un modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento, cuyo objetivo fue encontrar un modelo de respuesta del trigo al agua de riego el cual permita maximizar el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua. Encontraron que los modelos que representaron la respuesta del trigo al régimen de humedad edáfico y a la evapotranspiración fueron funciones cuadráticas, y se observó que el rendimiento de grano disminuyó bajo condiciones de humedad en el

suelo, tanto deficientes como excesivas. Con la función que relaciona la producción de grano con el agua de riego, se obtuvo que el trigo alcanza el rendimiento de grano máximo (7.1 t ha^{-1}), cuando evapotranspira 33.1 cm durante la etapa vegetativa y 42.1 cm en la etapa reproductiva, lo que indica mayor sensibilidad al estrés hídrico en esta última etapa fenológica.

En general, los avances de la productividad agrícola han estado basados en la aparente alta disponibilidad y el subestimado bajo costo de los recursos naturales que están disponibles en el medio ambiente. Sin embargo, debido al incremento exponencial de la población humana, a las diversas actividades económicas y socio-políticas, así como a los cambios provocados por el calentamiento global con el consecuente cambio climático, en la actualidad esa abundancia se ha reducido significativamente y en el futuro inmediato cada vez será menor, especialmente en lo que se refiere a los recursos hídricos. No solo existe mucho menor disponibilidad de agua de alta calidad, sino que los costos de energía para su extracción son y serán mucho más altos. Debido a ello, el manejo integral del agua ocupa el centro de atención de muchas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (Boyer, 1986).

Para el caso de México, Guzmán *et al*. (2006) determinaron los factores que afectan, entre otras, a la demanda de agua en los sectores agrícola de riego por bombeo y por gravedad, así como pecuario en la Comarca Lagunera (México), donde se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto de cinco ecuaciones de demanda y seis identidades. Los resultados muestran que la cantidad demandada de agua respondió de manera inelástica a cambios en el precio. Dichas elasticidades indicaron que una disminución en 1% en la cantidad consumida de la agricultura de riego por bombeo y la agricultura de riego por gravedad podría lograrse aumentando el precio del agua en 9.3 y 43.9 veces, respectivamente.

Así mismo, Guzmán *et al*. (2013) estimaron los factores que afectan al consumo de agua subterránea en los sectores agrícola de riego y pecuario en el estado de Guanajuato, mediante un modelo de ecuaciones simultáneas, utilizando información estadística anual

de 1980 a 2007. Los resultados encontrados mostraron que la cantidad consumida de agua respondió de manera inelástica a cambios en el precio. Esto indica que en el sector pecuario el consumo de agua es más insensible a cambios en el precio, en comparación a la agricultura de riego y, por ende, las políticas de administración del consumo deberán considerar aumentos en el precio del agua en este sector.

En México, en la mayoría de la superficie agrícola que se riega con agua del subsuelo, los agricultores operan en los polos del espectro de la irrigación. Algunos de ellos aplican una gran cantidad de riegos para asegurarse en contra de pérdidas en la producción debido a deficiencias de agua, mientras que otros productores aplican menos agua de la que se requiere para obtener una producción agrícola adecuada (Fernández, 1988).

Este exceso o falta de agua es un reflejo de la mala planeación en la distribución (y administración) del recurso hídrico debido al desconocimiento que se tiene de la respuesta de los cultivos a diferentes niveles de consumo de agua. Debido a ello, la necesidad de mayores producciones y un uso más eficiente del agua en todos los cultivos hacen necesario que las relaciones entre la evapotranspiración real (ETr) y la producción de biomasa (kilogramos de la parte económica, como fibra, granos, frutos, materia seca, etc.) sean conocidas en una forma más objetiva y cuantitativa. Lo anterior se puede lograr obteniendo información sobre las funciones de producción del cultivo con respecto al agua, las cuales relacionan condiciones climáticas, edáficas, fisiológicas y del riego y, además, proporcionan datos básicos sobre las cuales se puede construir modelos reales de producción de los cultivos. Dichos modelos pueden ser usados para encausar múltiples preguntas vitales para la planeación y manejo del agua y, probablemente, proporcionen información con buena precisión, que sea extrapolable a diversas localidades de México y del mundo (Mejía-Hernández, 1990). Las determinaciones de las funciones de producción ya habían sido abordadas por otros investigadores desde hace muchos años, principalmente biólogos y economistas, cuyo objetivo era obtener estimaciones empíricas del rendimiento como una función de fertilizantes, alimento en animales, etc. Sin embargo, poco había sido lo realizado tan detalladamente sobre la respuesta en rendimiento de las plantas a diferentes consumos de agua por estrés pues las teorías biológicas existentes no proporcionaban información sobre la naturaleza real de las funciones de producción de

agua. Palacios (1975) señaló la necesidad de obtener estas funciones de producción debido a que se requería una supuesta estimación del conocimiento de la forma paramétrica de la función. Varios estudios en la materia señalaban que las funciones de producción eran una herramienta valiosa para contestar el cuándo y el cuánto regar, aspectos básicos para la planeación y distribución del recurso hídrico en los Distritos de Riego. Como antecedente, ya desde 1978-79 se realizaron estudios de investigación con trigo, melón, garbanzo y soya en el Distrito de Riego No. 85 La Begoña, de Guanajuato, donde se evaluaron cuatro niveles de humedad residual (10, 20, 30 y 40% de humedad aprovechable en la capa de 0 a 30 cm) y tres métodos de riego (surcos, camas meloneras y melgas) con el propósito de demostrar cómo obtener la función de producción de agua y las condiciones que se deben cubrir para maximizar el rendimiento de estos cultivos.

Debido a la escasez del agua y la competencia por este recurso en la Región de El Bajío guanajuatense, Magaña-Zamora *et al*. (2016) realizaron un estudio aplicando una metodología para estimar la eficiencia del agua en actividades agrícolas. El objetivo fue determinar los criterios económicos del uso eficiente del agua en el Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Gto., que es el más grande de los nueve distritos que integran la cuenca Lerma-Chapala (una de las más competidas y explotadas en México, con amplia variación espacial y temporal en la disponibilidad de agua). El DR011 posee una extensión de 114,002 ha, de las cuales 109,417 ha son regables y benefician a 25,430 usuarios. Se encuentra ubicado sobre nueve acuíferos de los 18 que cuenta esta entidad, de los cuales la totalidad se encuentra en déficit hídrico. El 79% de la superficie con derecho a riego se abastece con agua superficial (presas de almacenamiento) y el 21% restante con agua subterránea (pozos profundos). La escasez del agua ha creado una compleja red de intereses sobre los recursos hídricos en términos de calidad y cantidad durante períodos de estiaje prolongado ante un crecimiento continuo de la demanda. Se crea un ambiente de competencia por estos recursos que acentúa los conflictos entre usuarios y autoridades de la región. La superficie regada por gravedad en esta zona ocupa el 90.7% de la superficie con derecho a riego dentro del DR011, la cual es de 109,417 ha. La superficie regada por gravedad ha variado en cada uno de los años agrícolas que comprende el período histórico analizado, que fue 2008 a 2014. Se determinaron las funciones de producción de los cultivos de los ocho módulos que integran la zona de estudio, donde se ejemplifica el de trigo producido con riego superficial. El total de demanda excedente en la Cuenca de

Salamanca es 65,884.9 Mm^3, por lo que, aún con precios positivos para el agua, el problema de presiones de la demanda hídrica para la Conagua prevalece: Decide disminuir los volúmenes asignados para los módulos con exceso de demanda negativo e incrementar los volúmenes asignados para los módulos con exceso de demanda positivo o diseña una estrategia de cooperación con las autoridades de los módulos para que juntos adopten políticas de uso eficiente del agua al interior, tanto del Distrito de Riego como de los módulos.

Cuando se cuenta con información suficiente y de calidad, las estimaciones serán precisas y, con una buena base de datos, se podrá desagregar el análisis hasta niveles microeconómicos de la empresa o el agricultor individual. Lo anterior en beneficio no solo del uso eficiente en sí mismo sino de evitar la extracción innecesaria y la explotación de los cuerpos de agua superficial y de los acuíferos a favor no sólo de las generaciones actuales sino, sobre todo, de las futuras, que no tienen por qué sufragar el costo de las ineficiencias y de la toma de decisiones equivocadas en el pasado y en el presente.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta permite mostrar la manera en que el uso de ciertos instrumentos económicos puede coadyuvar a la toma de decisiones respecto tanto a las políticas de asignación de volúmenes de agua cuando ésta se usa como insumo para la producción en la agricultura, como a la administración óptima del riego al cultivo.

Es conveniente comparar los resultados obtenidos con otros modelos matemáticos y metodologías econométricas para ahondar en la investigación sobre funciones de producción y que que se planteen nuevas interrogantes dirigidas al aprovechamiento eficiente del agua de riego bajo diversas condiciones de producción agrícola.

REFERENCIAS

Badaruddin, M.; Reynolds, M. P., and Ageeb, O. A. A. 1999. Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. Agron. J. 91:975-983.

Boyer, J. S. 1986. Ambiente y productividad. Agricultura de las Américas. 28-32 p.

Fernández C., L.H. 1988. Portainjertos utilizados en los viñedos destinados a la producción de vinos. Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura. SARH. INIFAP. 1-25 p.

Guzmán S., E.; García S., J. A.; Mora F., J. S.; Fortis H., M.; Valdivia A., R., y Portillo V., M. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia 40:793-804.

Guzmán S., E.; De la Garza, M.; Rebollar S.; Hernández, J., y Terrones, A. 2013. Modelo econométrico del consumo urbano e industrial de agua subterránea en Guanajuato, México: 1980-2011. Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. IV, Núm. 3, 187-193 pp.

Inzunza I., M. A.; Mendoza M., F.; Villa C., M. M.; Catalán V., E. A., y Román L., A. 2007. Rendimiento de grano del trigo a condiciones restringidas de humedad del suelo. Agrofaz 7:25-31.

Inzunza I., M. A.; Catalán V., E. A.; Sánchez C., I.; Villa C., M., y Román L., A. 2010. Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. Terra Latinoam. Chapingo. Vol. 28, No.4 Pp.

Kirkegaard, J. A.; Lilley, J. M.; Howe, G. N., and Graham, J. M. 2007. Impact of subsoil water use on wheat yield. Aust. J. Agric. Res. 58:303-315.

Madueño, J. C.; Baldovín, M. J. L., y Rodríguez, J. A. G. L. 2000. Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros. No. 188, 67-92 pp.

Magaña Z., J. D.; Cruz Gutiérrez, F. V., y Hernández G., J. 2016. Metodología para estimar el uso eficiente del agua en actividades agrícolas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Mejía-Hernández, H. J. 1990. Funciones de producción de agua y sus usos en la agricultura. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Irrigación en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coah. 58 pp.

Palacios V., E. 1975. Productividad, ingreso y eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego de México: Problemas principales y posibles soluciones. Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. 95 p

FORMACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CON INFORMACIÓN MOLECULAR DE SUS PROGENITORES

Rosendo Hernández Martínez[1]*, César Augusto Reyes Méndez[1], Santiago Ruíz Ramírez[2], Ulises Aranda Lara[1], Liliana Guadalupe Alfaro Martínez[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [2]INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida Biodiversidad #2470, A.P. 56. Municipio Tepatitlán de Morelos, Jalisco. [3]Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco km 38.5. CP 56230 Texcoco, Estado de México.

*Autor de correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La divergencia genética de los parentales para la formación de híbridos es importante para expresar el vigor hacia su progenie. El objetivo del estudio fue evaluar híbridos simples de maíz predichos a través de sus distancias genéticas con ayuda de marcadores moleculares de tipo microsátelite. El trabajo de investigación consistió en dos etapas. Fase de laboratorio: Consistió en la extracción de ADN genómico, se utilizaron 22 microsatélites para el genotipeo de las líneas, una reacción en cadena de la polimerasa (PCR), los productos de PCR se evaluaron por electroforesis vertical y el análisis de la información molecular mediante el programa computacional NTSYS. Fase campo: Se formaron un total de 46 híbridos simples con información molecular de sus parentales. La evaluación de los híbridos se realizó en el ciclo otoño-invierno de 2019 - 2020 en dos ambientes, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se estimó rendimiento de grano (REND) ajustado al 14 % de humedad, diámetro y longitud de mazorca (DMZ y LMZ). Para el análisis estadístico de esta etapa se utilizó el programa estadístico de SAS® versión 9.3. En la fase de laboratorio los análisis revelaron una distancia genética de 0.465 a 0.771. Se formaron un total de seis grupos, de los cuales, las líneas del INIFAP se ubicaron en los grupos 1, 2, 3, 4 y los genotipos provenientes de la UAAAN se distribuyeron en 5 y 6. Los pares de líneas con mayor distancia genética fueron LEARB11 × UAY111, LEARB9 × UAY111, LEARB9 × UAY113 y LEARB11 × LEARB7, con valores de 0.771, 0.767, 0.767 y 0.762, respectivamente. En cuanto a la fase de campo el análisis de varianza arrojó diferencias ($P \leq 0.01$) en genotipos, localidades e interacción genotipo × localidad para todas las variables de estudio. Los rendimientos de los genotipos oscilaron entre 3.2 y 9.1 t ha^{-1}, al sobresalir de manera notoria los híbridos LEARB9 × UAY113, LEARB3 × UAY101

y LEARB9 × UAY111, cruzas en pares de líneas predichas con mayores distancias genéticas. Los microsátelites son una herramienta eficaz para la predicción de híbridos de maíz.

Palabras claves: Híbridos simples, microsátelites, maíz.

ABSTRACT

Genetic divergence of parents for hybrid formation is important for expressing vigor towards their progeny. The objective of the study was to evaluate single maize hybrids predicted through their genetic distances using microsatellite-type molecular markers. The research work consisted of two stages. Laboratory phase: Consisted of genomic DNA extraction, 22 microsatellites were used for genotyping the lines, a polymerase chain reaction (PCR), the PCR products were evaluated by vertical electrophoresis and the molecular information was analyzed using the NTSYS computer program. Field phase: A total of 46 single hybrids were formed with molecular information of their parents. Hybrids were evaluated in the fall-winter cycle of 2019 - 2020 in two environments, under a randomized complete block design with three replications. Grain yield (REND) adjusted to 14 % moisture, ear diameter and ear length (DMZ and LMZ) were estimated. For the statistical analysis of this stage, the statistical program SAS® version 9.3 was used. In the laboratory phase, the analyses revealed a genetic distance of 0.465 to 0.771. A total of six groups were formed, of which the INIFAP lines were placed in groups 1, 2, 3, 4 and the genotypes from UAAAN were distributed in groups 5 and 6. The pairs of lines with the highest genetic distance were LEARB11 × UAY111, LEARB9 × UAY111, LEARB9 × UAY113 and LEARB11 × LEARB7, with values of 0.771, 0.767, 0.767 and 0.762, respectively. As for the field phase, the analysis of variance showed differences (P ≤ 0.01) in genotypes, locations and genotype × location interaction for all study variables. Genotype yields ranged from 3.2 to 9.1 t ha-1, with the LEARB9 × UAY113, LEARB3 × UAY101 and LEARB9 × UAY111 hybrids, crosses in predicted line pairs with greater genetic distances, standing out conspicuously. Microsatellites are an effective tool for maize hybrid prediction.

Key words: Simple hybrids, microsatellites, corn.

INTRODUCCIÓN

El programa de mejoramiento genético del INIFAP - Campo Experimental Río Bravo, a lo largo de 80 años ha liberado variedades de polinización libre e híbridos adaptados a la región noreste de México. Una forma viable para la formación de estos materiales es por hibridación, lo anterior, consiste en el aprovechamiento de la heterosis de su progenie F_1, lo cual, provienen de la cruza entre dos o más progenitores (Márquez, 1988). El mejoramiento clásico o tradicional se auxilia principalmente en dos métodos genotécnicos por su buen comportamiento *per se* de las líneas y pruebas de mestizos o por su aptitud combinatoria general (ACG) (Lobato-Ortiz *et al*., 2010), sin embargo, estas técnicas representan un gran trabajo y esfuerzo que le consume al genetista la mayor parte de su tiempo, además de un alto costo en la evaluación del desempeño de las líneas e híbridos. Una herramienta útil dentro de los programas de mejoramiento genético es el uso de los marcadores moleculares de tipo microsátelites o SSRs (secuencias simples repetidas), con ellas se pueden determinar las divergencias genética de sus parentales y delimitar grupos heteróticos del germoplasma de interés. (Walburton *et al*., 2002). Los microsátelites se caracterizan por su alto nivel de polimorfismo, se distribuyen a lo largo del genoma, de herencia mendeliana y son codominates (Ni *et al*., 2002). Existen diversos trabajos que sustentan el uso eficiente de los marcadores SSRs en el cultivo de maíz, lo anterior, ha ayudado a los genetistas en predecir las mejores combinaciones en pares de líneas en la formación de híbridos para rendimiento y sus componentes (Ghosh *et al*., 2018; Tomkowiak *et al*., 2020); sin embargo, en México los estudios son escasos y poco concluyentes. En ese contexto, el objetivo del estudio fue evaluar híbridos simples de maíz predichos a través de sus distancias genéticas con ayuda de marcadores moleculares de tipo microsátelite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético. Se utilizaron un total de 37 líneas de grano amarillo, de los cuales 27 líneas son del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo y 10 líneas la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las líneas del INIFAP se les asigno una clave de LEARB1 a LEARB27 y los materiales de la UAAAN como UAY101, UAY103, UAY104, UAY105, UAY106, UAY108, UAY110, UAY111, UAY113 y UAY114. El trabajo de investigación consistió en dos fases del cual se describe a continuación.

Fase de laboratorio

Extracción de ADN genómico. Se realizó a partir de 100 mg de tejido del mesocótilo y coleóptilo de tres plántulas individuales de ocho días de edad por línea, mediante un kit comercial para extracción de ADN (ChargeSwitch g DNA Plant Kit, Invitrogen®), con un robot de extracción KingFisher Flex (Thermo Scientific, Waltham, Maryland, USA), de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Genotipeo de las líneas con microsatélites. Se analizaron tres individuos de cada una de las líneas mediante 22 *loci* de secuencias simples repetidas de ADN. Los microsatélites utilizados se encuentran en la base de datos Maize Genetics and Genomics Database (http://www.maizegdb.org/ssr.php).

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se llevó a cabo en un termociclador (Gene AMP PCR® System 9700, Singapur). La amplificación consistió en una desnaturalización inicial de 4 min a 95 °C, seguida de 24 ciclos de 1 min a 95 °C (desnaturalización), 2 min a 55 °C (alineación) y 2 min a 95 °C (extensión), y una extensión final de 1 h a 72 °C. Cada reacción individual consistió de 2 µL de 10X Buffer PCR (500 mM KCl, 100 mM Tris-HCl, pH 9.0 at 25 °C), 0.4 µL de 10mM dNTPs (2.5 mM cada uno dNTP), 1.2 µL de 25 mM MgCl2, 0.2 µL de Taq DNA polimerasa (1 unidad total), 2.5 µL de ADN molde (10 ng μL^{-1}), 2.0 µl de 4 pM de cada par de iniciadores (1µL de cada uno, adelante y reversa) y 11.7 µL de agua destilada dos veces.

Electroforesis y análisis de fragmentos. Los productos de PCR se evaluaron por electroforesis vertical (MG33-1063, C.B.S. Scientific® Del Mar California, EUA). Se emplearon geles de acrilamida al 8 % (CIMMYT, 2006), la separación de fragmentos de menor peso molecular (75-278 pb) se llevó a cabo durante 180 min a 250 volts, mientras que para fragmentos con mayor peso molecular (105-376 pb) la separación de fragmentos se efectuó durante 240 min a 250 volts. El revelado se hizo con $AgNO_3$ (Sigma®, EUA) de acuerdo con la metodología de CIMMYT (2006). Los geles se fotodocumentaron con un transluminador MiniBis Pro 16 mm (Bio Imaging Systems®, Jerusalén, Israel).

Análisis de la información molecular. se generó un perfil alélico para cada una de las líneas y con esta información se generó una matriz de distancias genéticas de Rogers modificadas por Wright (1978) mediante el programa computacional NTSYS (Rohlf, 2009) y se realizó

un análisis de conglomerados con base en las distancias genéticas mediante el método de agrupamiento UPGMA.

Fase de campo

La generación de los híbridos se realizó en el ciclo primavera-verano de 2018 en el INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas. Se formaron un total de 46 híbridos simples (20 con alta divergencia genética, 10 con divergencia intermedia y 16 con baja divergencia) con información molecular de sus progenitores a través de cruzas dirigidas.

Diseño y unidad experimental. La evaluación de los híbridos se realizó en el ciclo otoño-invierno de 2019 - 2020 en dos ambientes (Río Bravo y Díaz Ordaz, Tamaulipas). Los ensayos se establecieron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada ambiente. El tamaño de la parcela fue de 2 surcos de 5 m de largo con una separación entre surco de 0.82 m, con una densidad de población de 65,000 plantas ha^{-1}. Al momento de la cosecha se muestrearon 40 plantas con competencia completa por parcela para estimar el rendimiento y sus componentes.

Variable evaluada. Se cuantificaron la variable de rendimiento de grano (REND) ajustado al 14 % de humedad en t ha^{-1}, diámetro y longitud de mazorca en cm (DMZ/LMZ).

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).) para las variables en estudio. Para la ejecución de estos análisis se utilizó el programa estadístico de SAS® versión 9.3. (SAS Institute Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de laboratorio. Las distancias genéticas observadas entre los pares de líneas oscilaron de 0.465 hasta 0.771. Los genotipos de INIFAP y de la UAAAN se concentraron en grupos diferentes; 27 líneas del INIFAP se ubicaron en los grupos 1, 2, 3, 4 y los genotipos provenientes de la UAAAN se distribuyeron en los grupos 5 y 6, lo que indica que las líneas poseen diferente fondo genético (Figura 1). Los pares de líneas con mayor distancia genética fueron LEARB11 × UAY111, LEARB9 × UAY111, LEARB9 × UAY113 y LEARB11 × LEARB7, con valores de 0.771, 0.767, 0.767 y 0.762, respectivamente. Los híbridos con menor divergencia genética fueron LEARB16 × LEARB15, LEARB17 × LEARB16, LEARB28 × LEARB29, UAY101 × UAY103, con valores de 0.465, 0.507, 0.533

y 0.539. Al respecto Filho *et al*. (2008) mencionan que la divergencia genética evaluada sobre la base de distancias genéticas entre poblaciones es un parámetro de predicción con alta probabilidad de éxito que permite identificar cruzas que optimizarán la heterosis, así mismo, evita características indeseables.

Fase de campo. El análisis de varianza arrojó diferencias ($P \leq 0.01$) entre genotipos para rendimiento (REND), diámetro y longitud de mazorca (DMZ y LMZ), lo anterior indica, que la divergencia genética encontrada entre las líneas parentales involucradas en la formación de los híbridos jugó un papel importante (Cuadro 1). Existe una relación positiva entre la heterosis de un híbrido y las distancias genéticas de sus padres (Falconer y Mackay, 1996). En cuanto a localidades presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en todas las variables de estudio. Los resultados encontrados se deben, a la participación de parentales de diferentes fondos genéticos, a las condiciones ambientales y físico-químicas del suelo de cada localidad. En relación con la interacción genotipo × localidad, se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) en rendimiento, diámetro y en longitud de mazorca se encontró diferencias (($P \leq 0.05$). Estos resultados concuerdan con los de Ghosh *et al*. (2014) quienes encontraron que los componentes de rendimiento en maíz varían entre genotipos y localidades, por lo que es complicado la selección de genotipos con adaptación a las condiciones ambientales en diversas localidades.

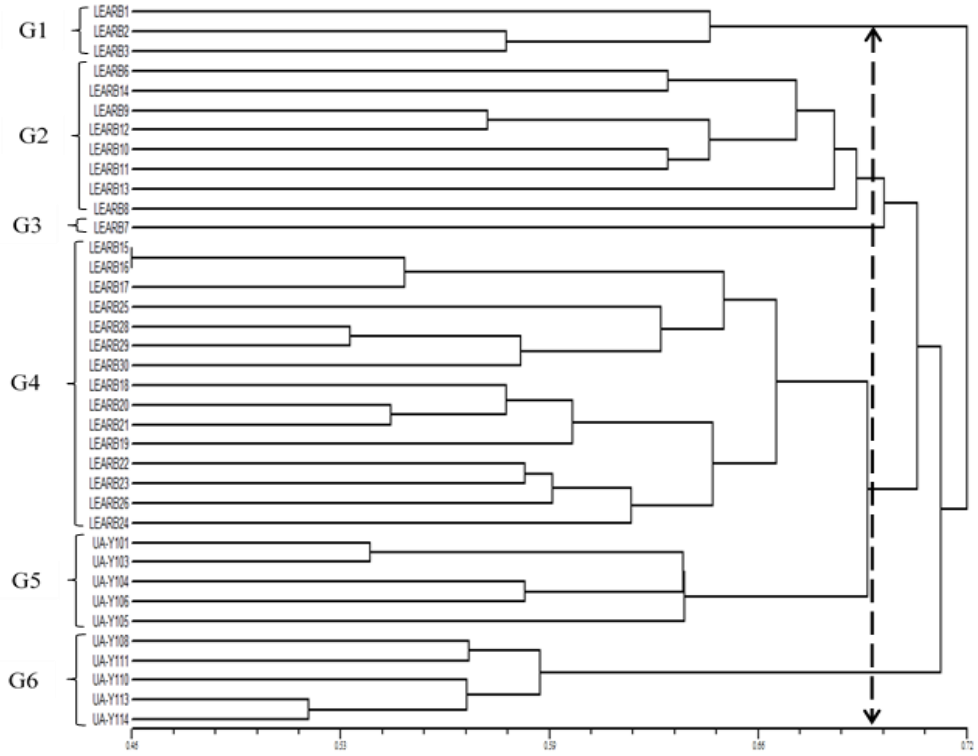


Figura 1. Agrupamiento de 37 líneas de maíz en grupos de similitud de acuerdo con las distancias genéticas modificadas de Rogers.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de 46 híbridos de cruzas simples de maíz amarillo con información molecular.

F.V	GL	REND	DMZ	LMZ
Localidades (L)	1	901.0**	24.4**	133.2**
Repeticiones/L	2	8.3**	0.1**	22.5**
Genotipos (G)	45	7.6**	0.3**	8.9**
G × L	45	1.0**	0.0**	1.4*
Error	180	0.6	0.0	0.9
C.V. (%)		13.4	3.0	6.5
Media		5.8	4.2	14.6

*, **: Diferentes a P ≤ 0.05 y 0.01, respectivamente. F.V: fuentes de variación, GL: grados de libertad, REND: rendimiento de grano, DMZ: diámetro de mazorca, LMZ: longitud de mazorca, C.V.: coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se presentan la media de diez híbridos, de los cuales, cinco corresponden con mayor distancia genética y cinco con menor distancia genética. Los rendimientos de los genotipos oscilaron entre 3.2 y 9.1 t ha^{-1}, al sobresalir de manera notoria los híbridos LEARB9 × UAY113, LEARB3 × UAY101 y LEARB9 × UAY111, cruzas en pares de líneas predichas con mayores distancias genéticas. Así mismo, los híbridos del 6 al 10 son los que presentaron inferioridad en sus componentes de rendimiento, ya que sus progenitores provienen de cruzas con distancias genéticas bajas. Se observa una asociación positiva, donde la divergencia parental y distancias genéticas altas tienden a producir híbridos con altos rendimientos, por otro lado, los híbridos predichos con menores distancias genéticas tienden a tener de manera general una reducción en sus componentes de rendimiento, debido al nivel de coancestría involucrado en las combinaciones de pares de líneas. Estos datos concuerdan con Ghosh *et al*. (2018) observaron que al cruzar líneas con divergencia genética intermedia producen genotipos con rendimiento superiores a sus progenitores.

Cuadro 2. Medias de diez híbridos (H) de maíz con mayor (H 1-5) y menor (H 6-10) con relación a sus distancias genéticas en Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas, México.

No.	Híbridos	REND	DM	LM
1	LEARB9 × UAY113	9.1 a	4.6 a-e	16.2 a-d
2	LEARB3 × UAY101	8.2 ab	4.5 a-h	16.3 abc
3	LEARB9 × UAY111	7.9 abc	4.7 a-d	16.3 abc
4	UAY103 × UAY104	7.4 a-d	4.5 a-g	15.0 b-j
5	UAY104 × LEARB1	7.3 a-e	4.3 e-l	14.6 b-k
6	LEARB28 × LEARB29	4.6 j-m	4.0 nop	18.1 a
7	LEARB16 × LEARB11	4.2 klm	4.1 j-n	13.5 f-k
8	LEARB16 × LEARB15	4.1 ml	4.0 nop	13.9 e-k
9	UAY113 × UAY108	3.3 m	4.1 j-n	12.8 jk
10	LEARB17 × LEARB16	3.2 m	3.7 p	13.1 ijk
	Media general	5.8	4.2	14.6
	DSH (0.05) de Tukey	1.80	0.2	2.2

REND: rendimiento de grano en t ha^{-1}, DMZ: diámetro de mazorca, LMZ: longitud de mazorca, DSH: diferencia significativa honesta.

CONCLUSIONES

La efectividad en la predicción de híbridos sobresalientes de cruzas simples de maíz amarillo, con base en las distancias genéticas de sus progenitores, depende de la variable de interés. Se identificaron tres híbridos sobresalientes en rendimiento y sus componentes, que combinaron pares de líneas con las mayores distancias genéticas. Los microsátelites son una herramienta eficaz para la predicción de híbridos de maíz.

REFERENCIAS

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2006. Protocolos de Laboratorio. Laboratorio de Genética Molecular Aplicada. Tercera edición. CIMMYT. México D. F. 92 p.

Falconer DS, Mackay TFC. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Longman. Essex, England. 464 p.

Filho AC, Ribeiro ND, Reis RCP, Souza JR, Jost E. 2008. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. Ciência Rural 38:2138-2145.

Ghosh A, Das PK, Ghosh A, Kundagrami S. 2018. Heterosis, potence ratio and genetic distance for yield and yield contributing traits in single cross maize hybrids. Maydica 63(1):1-9.

Ghosh A, Subbar V, Roy A, Ghosh A, Kundagrami S. 2014. Genetic variability and character association of grain yield components in some inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology and Natural Resource Management 12:34-39.

Lobato-Ortiz R, Molina-Galán JD, López-Reynoso JJ, Mejía-Contreras JA, Reyes-López D. 2010. Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. Agrociencia 44(1):17-30.

Márquez SF. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, Teoría, Resultados. Tomo II. A.G.T. Eds. S.A. México, D, F. 665 p.

Ni J, Colowit PM, Mackill DJ. 2002. Evaluation of genetic diversity in rice subspecies using microsatellite markers. Crop Science 42(2):601-607.

Rohlf FJ. 2009. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System. Ver. 2.21c. Exeter Software: Setauket: New York.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.

Tomkowiak A, Bocianowski J, Kwiatek BM, Kowalczewski, PL. 2020. Dependence of the heterosis effect on genetic distance, determined using various molecular markers, Open Life Sciences 15(1)*:*1-11.

Warburton ML, Xianchun X, Crossa J, Franco J, Melchinger AE, Frisch M, Bohn M, Hoisington D. 2002. Genetic characterization of CIMMYT inbred maize lines and open pollinated populations using large scale fingerprinting methods. Crop Science 42(6):1832-1840. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1832.

.

GENOTIPOS para la producciòn DE CÁrtamo EN Baja California sur

Navejas Jiménez Jesús[1], Montoya Coronado Lope[1], Ochoa Xochitl Militza[1], Loya Ramírez José Guadalupe[2], Mercado Mancera Gustavo[3].

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP[1]

E-mail:navejasjesus@hotmail.com

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS[2]

Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México[3]

RESUMEN

En las zonas áridas, los sistemas socioeconómicos se relacionan al uso sostenible de los recursos naturales, entonces la búsqueda de alternativas agrícolas productivas como el cártamo, representa un valor económico importante para la industria aceitera y gran adaptabilidad a dichas condiciones. Así, los factores limitantes pueden ser evaluados a través de ensayos de genotipos en diferentes localidades. El objetivo del presente trabajo fue conocer la producción y determinar el potencial de rendimiento con el uso de nuevos materiales genéticos de cártamo. Sé evaluaron 11 genotipos de cártamo, en condiciones de riego por goteo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos (P≥0.05). Los mayores rendimientos fueron: 3.680, 3.555, 3.317, 3.101, y 3.059 t ha^{-1}, obtenidos con M-CW-3268, S-323, C 63-OY, HUATSON OL y C 45-2 MOC, respectivamente. Los genotipos C 63-1-MOC y CHEY-OL, resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 2.811 y 2.593 t ha^{-1}, respectivamente. La comparación productiva mostró que el rendimiento mayor significa una brecha potencial de 164 %, la desviación en la relación b/c fue de 133% y en la productividad con relación al agua utilizada, se obtuvieron índices de 6.92 $ m^{3-} y 1.036 kg m^{3-} de agua, lo que representa una desviación de 134% con el genotipo M-CW-3268.

Palabras Clave. *Cártamo, genotipos, producción.*

ABSTRACT

In arid zones, socioeconomic systems are related to the sustainable use of natural resources, so the search for productive agricultural alternatives such as safflower represents an important economic value for the oil industry and great adaptability to such conditions. Thus, the limiting factors can be evaluated through genotype trials in different locations. The

objective of this work was to know the production and determine the yield potential with the use of new genetic materials of safflower. 11 safflower genotypes were evaluated under drip irrigation conditions. A randomized block experimental design was used. No significant difference was found between treatments (P≥0.05). The highest yields were: 3,680, 3,555, 3,317, 3,101, and 3,059 t ha^{-1}, obtained with M-CW-3268, S-323, C 63-OY, HUATSON OL, and C 45-2 MOC, respectively. The C 63-1-MOC and CHEY-OL genotypes had the lowest yield, obtaining 2,811 and 2,593 t ha^{-1}, respectively. The productive comparison showed that the highest yield means a potential gap of 164 %, the deviation in the b/c ratio was 133% and in the productivity in relation to the water used, indices of 6.92 $ m^{3-} and 1,036 kg m^{3--} of water, were obtained. which represents a deviation of 134% with the genotype M-CW-3268.

Keywords. Safflower*, genotypes, production.*

INTRODUCCIÓN

La principal problemática hídrica en zonas áridas está relacionada con el abasto de agua, calidad y su disponibilidad para necesidades humanas y productivas. En las zonas áridas, los sistemas socioeconómicos han estado siempre estrechamente ligados a un uso inteligente y sostenible de los recursos naturales, especialmente del agua. La escasez natural del agua ha limitado la explotación intensiva del territorio a la vez que ha dado lugar a ecosistemas propios que suelen albergar una biodiversidad singular de gran interés. De la misma forma, en las zonas áridas se han desarrollado históricamente formas tradicionales de aprovechamiento del agua muy sofisticadas y adaptadas a las condiciones específicas, dando lugar a una cultura del agua muy rica, especializada y de gran valor. Prácticamente cada zona árida y semiárida ha desarrollado sus propios sistemas tradicionales de aprovechamiento del agua (Martínez, 2012), Los factores ambientales la intrusión salina y la baja precipitación en el valle de Santo Domingo en Baja California Sur, así como las condiciones mundiales de cambio climático y el escenario socioeconómico, han provocado cambios en proporción directa hacia la búsqueda de alternativas agrícolas productivas. Tal es el caso de las especies oleaginosas como el cártamo, cultivo que tiene un valor económico importante para la industria aceitera y gran adaptabilidad a dichas condiciones (Navejas *et al*., 2022). Los factores económicos, de adaptación y los agroecológicos (interacción suelo-planta-atmósfera), hacen del cultivo de cártamo un producto sumamente interesante y atractivo para los productores, los industriales y los

consumidores de la región noroeste de México (Sotelo *et al*., 2011). En México existe un déficit de más de 5.0 millones de toneladas en la producción de oleaginosas, el rendimiento medio de la producción de cártamo en Baja California Sur, en el último año fue de 1.390 t ha^{-1} (SIAP, 2018). En el Valle de Santo Domingo la superficie establecida con cártamo en los últimos ciclos ha disminuido con preferencia por cultivos altamente remunerativos como el espárrago y la papa. Sin embargo, representa una alternativa ante la emergencia de escasez de agua por sequía excepcional declarada para la región; donde esquemas alternativos de producción deben considerar sistemas apropiados hacia la sostenibilidad hidro-social (Troyo *et al*., 2010). Puesto que, el desarrollo rural no planificado ha utilizado extensivamente los recursos naturales con la concepción de que son ilimitadamente renovables. (Carabias, 2017). El objetivo del presente trabajo fue el de conocer la producción y determinar el potencial de rendimiento que puede existir con el uso de nuevos materiales genéticos de cártamo provenientes del programa de mejoramiento genético del INIFAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo O-I 2022-23, en INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona; con ubicación geográfica en las coordenadas 24º 30’ latitud norte y 111º 41’ longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para la siembra, considerándose como labranza mínima. Se sembró el 10 de enero de 2023, en seco, manualmente dejando 20 semillas por metro lineal, con surcos de 0.80 metros de ancho. Se usaron 15 kg ha^{-1} de semilla. La fertilización se efectuó con 120 kg ha^{-1} de nitrógeno y 40 kg ha^{-1} de fósforo aplicándose después de la germinación; el fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado en cuatro ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual. No se aplicaron insecticidas. Se realizaron 18 riegos frecuentes mediante cinta de goteo calibre 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 35.5 cm. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, parcelas de cuatro surcos de 0.8 m y 4 m de longitud, equivalente a 12.8 m^2 y dos surcos con 2 m de longitud como parcela útil con 3.2 m^2. Se analizó mediante un ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genotipos de cártamo evaluados, con base en el análisis de varianza ANOVA no mostraron diferencia significativa en el rendimiento obtenido (P≥0.05), los valores más altos obtenidos fueron: 3.680, 3.555, 3.317, 3.101, y 3.059 t ha^{-1}, con los genotipos M-CW-3268, S-323, C 63-OY, HUATSON OL y C 45-2 MOC, respectivamente. Los valores más bajos obtenidos fueron 2.811 y 2.593 t ha^{-1} con los genotipos C 63-1-MOC y CHEY-OL, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de 11 genotipos de cártamo en B.C.S. INIFAP 2023.

	Genotipo	Rendimiento (t ha^{-1})
1	M-CW-3268	3.680
2	S-323	3.555
3	C 63-OY	3.317
4	HUATSON OL	3.101
5	C 45-2 MOC	3.059
6	CCC 1651-1-1-1-2-OY	2.997
7	SEMAY-OL	2.880
8	PALO ROJO	2.879
9	C-62-MOC	2.851
10	C 63-1-MOC	2.811
11	CHEY-OL	2.593

CV= 19.6% *NS*

Llevar a cabo análisis de suelo consecutivos conforme a los ciclos productivos permite saber el aprovechamiento de nutrimentos en suelos con condiciones de aridez, además de reconocer las condiciones edáficas y predecir la capacidad de respuesta productiva según

el nivel tecnológico que se implementa. El cártamo requiere de 27 a 35 kg ha^{-1} de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo 3.0 t ha^{-1} de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 81 a 105 kg de N ha^{-1} para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de cártamo en el Valle de Santo Domingo bajo condiciones de riego es 100-40-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente.

El empleo de los genotipos con mayor rendimiento, M-CW-3268, S-323, C 63-OY, HUATSON OL y C 45-2 MOC, comparado con el testigo DDR, significa una brecha de 164%. La desviación en la relación beneficio-costo (b/c) fue de 133%; en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 6.92 \$ m^{3-} y 1.036 kg m^{3-} de agua con el genotipo M-CW-3268, lo que representa desviación de 134% con respecto a estos índices (Cuadro 2).

Cuadro 2. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego con genotipo sobresaliente de cártamo (INIFAP, 2023).

Tratamiento	Índices Productivos								
	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	t ha^{-1}	\$ t^{-1}	\$ ha^{-1}	\$ ha^{-1}		\$ ha^{-1}	m^3	\$ m^{3-}	kg m^{3-}
M-CW-3268	3.680	11500	42320	17745	2.38	24575	3550	6.92	1.036
Testigo DDR	1.390	11500	15985	15657	1.02	328	3400	0.10	0.441
Desviación %	164		164		133				134

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, cártamo 6 % humedad,

Los índices de productividad económica y de uso del agua resultaron bajos en la condición testigo. Por lo que, se debe continuar la validación de variedades in situ con productores. Sin embargo, las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles (FAO, 2002).

CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo con genotipos sobresalientes como: M-CW-3268, S-323, C 63-OY, HUATSON OL y C 45-2 MOC, mostraron desviaciones significativas. Lo que permite considerar la tendencia positiva del comportamiento productivo del cultivo de cártamo en la región. Resulta recomendable el paquete tecnológico productivo que supere el límite de 3.0 t ha^{-1}, con el empleo de los nuevos genotipos.

REFERENCIAS

Carabias, J. (2017). Conservación de los ecosistemas y el desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/363/cap11.html. (Consulta 07-07-2022).

FAO.2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. disponible en: www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage. (Consulta 15 de agosto de 2021).

IPNI. 2007. Informaciones agronómicas del cono sur, No 33. Requerimientos nutricionales. absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico 11:13-16.

Martínez F, J. 2012. Agua y sostenibilidad: algunas claves desde los sistemas áridos. http://journals.openedition.org/polis/5096

Navejas J, J., C.I. Cota B., Montoya C, L., S. Zamora S., G. Mercado M. 2022. Ensayo con genotipos de cártamo en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. In memoria XXXIV Semana internacional de Agronomía. 07 y 09 de septiembre de 2022. Gómez Palacio, Durango, México. 828-833.

SIAP, 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. http://www.siap.gob.mx. (Consulta 05-07-2023).

Sotelo, N. E. O., R. Vargas M., G. Mercado M., E.Troyo D., J. Navejas J. 2011. Evaluación agroecológica del cultivo de cártamo en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur. In memoria XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 21 al 25 de noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

Troyo D, E., Cruz F, A., Norzagaray C, M., Beltrán M, L. F., Murillo A, B., Beltrán M, F. A., García H, J. L., Valdez C, R. D. 2010. Agotamiento hidro-agrícola a partir de la

Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. Estudios Sociales, vol. 18, núm. 36, 78-201.

HERBICIDAS SINTÉTICOS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Ma. Eugenia Cisneros López[1], Martín Espinosa Ramírez[1], Miguel Ángel Valdez Hernández[1]; Rosendo Hernández Martinez[1] y Enrique Rosales Robles[2]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. [2]Ex investigador del INIFAP. *cisneros.maria@inifap.gob.mx; espinosa.martin@inifap.gob.mx; valdez.miguel@inifap.gob.mx; hernadez.rosendo@inifap.gob.mx; enrique_77840@yahoo.com

RESUMEN

El Glifosato es un herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro que se utiliza para el control de malezas en presiembra en sorgo, en el Norte de Tamaulipas. El objetivo de la evaluación fue probar herbicidas sintéticos alternativos al Glifosato para el control de malezas. Bajo condiciones de temporal en presiembra se estableció una parcela de validación en el lote E2 del CERIB-CIRNE. Los tratamientos fueron: Glifosato (726 g i.a), Glifosato+2,4-D (300+479 g i.a); Glufosinato de amonio (300 g i.a); Glufosinato de amonio+2,4-D (300+429 g. i.a), Paraquat (400 g i.a), Paraquat+2,4-D (200+479 g i.a), Saflufenaci (40 g i.a), Picloran+2,4-D (64+240 g i.a), Dicamba+2,4-D (120+240 g i.a) y el testigo absoluto sin herbicida. La aplicación fue el 22/junio/2022 con aspersora montoda al tractor en franjas de 10 m x 150 m por tratamiento. Se hicieron evaluaciones a los 7, 14 y 21 DDA. El control con herbicidas sintéticos después de 21 DDA, en zacate espiga (*P. fasciculatum*); quelite (*A. palmeri*) y hierba blanca (*B. erecta*); polocote (*H. annuus*) se observaron tratamientos alternativos al Glifosato, con Paraquat y Glufosinato de amonio, con una efectividad de 85 % y 77 % respectivamente, aunque para algunas especies los resultados fueron estadísticamente similares, estos herbicidas fueron 56 % y 46 %, más económicos en comparación al Glifosato, por lo tanto, se consideraron una alternativa para su uso, por el bajo costo.

Palabras clave: contacto, hoja angosta, ancha, sistémico, sorgo

ABSTRACT

Glyphosate is a broad-spectrum non-selective systemic herbicide that is used to control pre-planting weeds in sorghum in northern Tamaulipas. The objective of the evaluation was to test alternative chemical herbicides to glyphosate for the control of spike grass (Panicum fasciculatum SW) and associated weeds. In pre-planting under rainfed conditions, a

validation plot is established in plot E2 of CERIB-CIRNE. The treatments were: Glyphosate (726 g a.i.), Glyphosate+2,4-D (300+479 g a.i.); Glufosinate ammonium (300 g a.i.); Glufosinate ammonium+2,4-D (300+429 g a.i.), Paraquat (400 g a.i.), Paraquat+2,4-D (200+479 g a.i.), Saflufenacil (40 g a.i.), Picloran+2,4-D (64+240 g a.i.), Dicamba+2,4-D (120+240 g a.i.) and the absolute control without herbicide. The application was on June 22, 2022 with a sprinkler mounted to the tractor in strips of 10 m x 150 m per treatment. Evaluations were at 7, 14 and 21DAA. Control with synthetic herbicides after 21 DAA, in spike grass (*P. fasciculatum*); quelite (*A. palmeri*) and white grass (*B. erecta*); polocote (*H. annuus*) alternative treatments to Glyphosate were observed, with Paraquat and Glufosinate ammonium, with an effectiveness of 85 % and 77 % respectively, although for some species the results were statistically similar, these herbicides were 56 % and 46 % cheaper compared to Glyphosate, therefore , it is considered an alternative, for it use due to the low cost.

Keywords: contact, narrow, broad leaf, systemic, sorghum

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas a base de Glifosato se encuentran actualmente entre los productos químicos agrícolas más utilizados en todo el mundo (Kraehmer *et al*., 2014). El impacto de esta clase de herbicidas en las prácticas agrícolas modernas es innegable (Gianessi, 2013). Los herbicidas a base de glifosato están entre los productos químicos agrícolas más importantes, debido a la combinación de amplio espectro y el desarrollo de variedades de cultivos resistentes a este herbicida (Martins *et al*., 2022). El modo de acción del Glifosato en las plantas interrumpe la vía del ácido shikímico mediante la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato (EPSP) sintasa; la deficiencia resultante en la producción de EPSP conduce a reducciones en los aminoácidos aromáticos que son vitales para la síntesis de proteínas y el crecimiento de las plantas (Duke *et al*., 2018). Este herbicida se absorbe a través de las hojas y los tallos de las plantas y se traslada por toda la planta; se concentra en el tejido meristemático; por lo tanto, las plantas expuestas al Glifosato muestran retraso en el crecimiento, pérdida de la coloración verde, arrugas o malformaciones en las hojas y muerte del tejido (Duke, 2018) y la muerte de la planta puede tardar de 4 a 20 días en ocurrir (Franz *et al*, 1997). El objetivo de la evaluación fue probar herbicidas sintéticos alternativos al glifosato malezas el norte de Tamaulipas, en pre siembra al sorgo.

MATERIALES Y METODOS

La parcela de validación se estableció durante el ciclo PV-2022 en el lote E2 en presiembra de sorgo bajo labranza convencional del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP (25º 57' 16.9'' N, 98º 01' 05.7'' O; altitud 25 msnm). Antes de la aplicación de los tratamientos se identificaron las malezas presentes y se cuantificó su densidad, en número de malezas por metro cuadrado. En el Cuadro 1 se muestran los tratamientos utilizados, algunos de los cuales han sido probados en sorgo y recomendados para el Norte de Tamaulipas en post emergencia (Rosales *et al*., 2011).

Cuadro 1. Tratamientos con herbicidas sintéticos. Río Bravo, Tam. Ciclo PV-2022.

Número	Herbicida	Dosis litros/ha	Dosis (g.i.a. ha^{-1})	Costo ha^{-1} ($)	D.F
T1	Glifosato	2.5	726	350	0.00
T2	Glifosato+2,4-D	2+1	300+479	300	-0.14
T3	Glufosinato de amonio	2	300	189	-0.46
T4	Glufosinato de amonio+2,4-D	2+1	300+429	219	-0.37
T5	Paraquat	2	400	153	-0.56
T6	Paraquat+2,4-D	2+1	200+479	277	-0.21
T7	Saflufenacil	60 gr	42	591	+0.69
T8	Crosser (Picloran+2,4-D)	1	64+240	299	-0.15
T9	Banvel (Dicamba+2,4-D)	1	120+240	325	-0.07
T10	Testigo	0	0	0	0

D.F: Diferencia porcentual respecto al precio del Glifosato. Actualización del costo del herbicida: 30-06-23.

La aplicación de los tratamientos se realizó en bandas o franjas, que es la forma para validar los herbicidas en parcelas grandes (UDEL, 2023). Las dimensiones fueron de 10 m de ancho y 150 m de largo (1500 m^2) por tratamiento. La aplicación fue el 22 de junio del 2022; se realizó con un aspersora de aguilón montada de 10 metros de ancho al tractor con 21 boquillas abanico plano 8003 con una presión de salida de 40 psi y un volumen de aspersión equivalente de 230 L ha^{-1}. Además, se aplicó acidificante y penetrante (DAPPLUS) con una dosis de 1 ml por litro de agua como corrector del pH. El tipo de agua utilizada fue la del pozo del CERIB. El tanque de la aspersora se lavó para evitar contaminación con cada cambio de herbicida. La fuente de los precios de los herbicidas en esta evaluación fueron proveedores regionales en Río Bravo, Tamaulipas. Glifosato: FAENA clásico ® presentación de garrafa de 10 Lt; 2,4-D: Sperto ® garrafa de 5 litros; Paraquat: Lucaquat ®

presentación garrafa de 5 litros; glufosinato de amonio: Glufoxone ® presentación de garrafa de 5 litros y Saflufenacil: Heat ® presentación de sobre con 70 gramos; BANVEL 12-24® y CROSER^{TM} ambos en presentación de un litro.

En el Cuadro 2 se muestra la escala para medir el efecto del herbicida sobre la población de malezas se hizo a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA); para lo cual se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Silva *et al*. 2005) para evaluar control y su interpretación agronómica y porcentual.

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

En el caso de esta evaluación se tomaron siete puntos de muestreo por tratamiento para cuantificar el daño en: *P. fasciculatum*, *B. erecta, A. palmeri y H. annuus.* El testigo regional (T1) fue el herbicida Glifosato [Sal isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina]. La hipótesis nula Ho fue: Al menos un tratamiento fue estadísticamente diferente y superior al testigo regional, para lo cual se realizaron comparaciones entre pares de tratamientos, debido a que el objetivo de esta evaluación buscar alternativas o sustitutos al Glifosato se realizaron las siguientes comparaciones: T1vsT2; T1vsT3; T1vsT4; T1vsT5; T1vsT6; T1vsT7; T1vsT8; T1vsT9 y con el testigo absoluto sin tratamiento (T1vsT10). La comparación de medias fue con la prueba t Student, por cada fecha de muestreo. Los datos de fitotoxicidad a la maleza fueron trasformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados mostrados en las tablas se presentan

retransformados por seno (Pelea, 2018; Rosales *et al*., 2011). Los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las malezas presentes en la parcela de evaluación fueron: zacate espiga (*Panicum fasciculatum*) con 63 plantas m^2; quelite (*Amaranthus palmeri*) y hierba blanca o tostón (*Boerhavia erecta*) con 15 plantas m^2; polocote (*Helianthus annuus*) con 10 plantas m^2; con menor densidad trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), zacate lagunero (*Echinochloa colona*); zacate liendrilla (*Leptochloa filiformis*) y zacate gramilla (*Cynodon dactylon*) con 3 plantas m^2; además con una planta por m^2: correhuela (*Convolvulus arvensis*), golondrina (*Euphorbia serpens*) y sida (*Sida rhombifolia*).

Zacate espiga (*Panicum fasciculatum*):

En la comparación de medias (Cuadro 3) a los 7 DDA, el control fue suficiente con el Paraquat (88 %) y similar a la combinación con Paraquat+2,4-D (84 %); fueron los tratamientos más rápidos y efectivos en comparación con el Glifosato (T1). A los 14 y 21 DDA los tratamientos T1: Glifosato; T3: Glufosinato; T4: Glufosinato+2,4-D y T5: Paraquat fueron estadísticamente similares y superiores al resto, con un control del 83 al 85 % (control medio). Resultados similares con Glifosato después de 21 días de la aplicación, para control de zacates (87.5 %), como para *Panicum fasciculatum* y *Panicum rectus* fueron reportados por Espinosa y Cisneros (2022).

Hierba blanca (*Boerhavia erecta*):

En México no hay reportes previos de control químico de esta maleza, que se encuentra en cultivos anuales, p.ej. maíz, como en perennes como caña de azúcar y en plantaciones perennes como limón (CONABIO, 2023). En esta evaluación se observó que los tratamientos con Glifosato solo o en combinación con 2,4-D en los primeros 14 DDA, tuvieron un control 50 % ≤ 78 %, el cual se considera de pobre a regular (Cuadro 3); mientras que los tratamientos del T3 al T9, a los 7 DDA y 14 DDA, el control fue de 86 % al 93%; el cual se considera suficiente; además, fueron estadísticamente similares entre ellos y superiores al Glifosato. A los 21 DDA el tratamiento con Glifosato y 2,4-D incrementó la eficiencia, de un control pobre a suficiente (89 %). Estadísticamente el tratamiento con Glufosinato de amonio (95 %) fue estadísticamente superior al Glifosato (80 %) y en comparación al resto fue estadísticamente similar.

Cuadro 3. Comparación de medias entre pares de tratamientos CERIB-CIRNE-PV/2022.

	Panicum fasciculatum		
	7DDA	14DDA	21DDA
T1 vs T2	64 vs 48**	83 vs 55**	85 vs 77 ns
T1 vs T3	64 vs 73 ns	83 vs 83 ns	85 vs 77 ns
T1 vs T4	64 vs 67 ns	83 vs 82 ns	85 vs 88 ns
T1 vs T5	64 vs 88 ns	83 vs 85 ns	85 vs 85 ns
T1 vs T6	64 vs 84*	83 vs 66*	85 vs 85 ns
T1 vs T7	64 vs 48**	83 vs 36**	85 vs 70 ns
T1 vs T8	64 vs 33**	83 vs 34**	85 vs 33**
T1 vs T9	64 vs 31**	83 vs 37**	85 vs 37**
T1 vs T10	64 vs 0***	83 vs 0***	85 vs 0***
	Boerhavia erecta		
	7DDA	14DDA	21DDA
T1 vs T2	71 vs 50*	78 vs 71 ns	80 vs 89 ns
T1 vs T3	71 vs 86 ns	78 vs 91*	80 vs 95*
T1 vs T4	71 vs 83 ns	78 vs 87 ns	80 vs 89 ns
T1 vs T5	71 vs 88 ns	78 vs 90*	80 vs 88 ns
T1 vs T6	71 vs 86 ns	78 vs 87 ns	80 vs 88
T1 vs T7	71 vs 89 ns	78 vs 89 ns	80 vs 87 ns
T1 vs T8	71 vs 86 ns	78 vs 87 ns	80 vs 88
T1 vs T9	71 vs 93**	78 vs 89 ns	80 vs 88 ns
T1 vs T10	71 vs 0***	78 vs 0***	80 vs 0***

T1: Glifosato; T2: Glifosato +2,4-D; T3: Glufosinato; T4: Glufosinato+2,4-D; T5: Paraquat; T6: Paraquat + 2,4-D; T7: Saflufenacil; T8: Picloram + 2,4-D; T9: Dicamba+ 2,4-D y T10 (Testigo sin aplicación). Significancia estadística ***= (P ≤ 0.0001); **(P ≤ 0.001); *(P ≤ 0.01); ns: no significativa con la prueba t de Student.

Quelite (*A. palmeri*).

En experimentos previos en esta localidad, Hernández *et al*. (2021), en herbicidas químicos como el Glifosato (726 g i.a), Paraquat (500 g i.a) y Glufosinato de amonio (300 g i.a) y da como resultado, buen control a muy buen control (94.2 a 99.0 %) desde los 9 a los 22 DDA. En esta evaluación (Cuadro 4) los niveles de control a los 7DDA fueron suficientes (89 % a 90 %); mientras que el tratamiento con Dicamba+2,4-D, fue de control medio, inferior al resto; esta respuesta se mantuvo hasta los 14 DDA. A los 21 DDA, la diferencia estadística más contrastante fue entre el tratamiento con Glifosato+2,4-D (97 %) muy buen control y Dicamba+2,4-D (80 %) control medio (Cuadro 4); mientras que Valdez *et al*. (2022) en esta

especie, reportan que, a los 7 DDA, los herbicidas hormonales como el 2,4-D y Dicamba+2,4-D (56 %) tienen una respuesta más lenta, en comparación con herbicidas como el Glifosato Glufosinato de amonio, Paraquat y Saflufenacil (97 %), al final de la evaluación a los 21 DDA, no se observan diferencias estadísticas entre estos tratamientos, ya que, presentan muy buen control (96 %).

Polocote (*Helianthus annuus*)

El girasol silvestre es una de las malezas más importantes en el cultivo de sorgo durante el ciclo otoño-invierno, la cual se puede controlar en pre y post siembra (Rosales *et al*., 2011). En este experimento no hubo diferencias significativas entre los tratamientos T1-T9, después de 7 DDA, el control fue de 80 a 90 % de control medio a suficiente; a los 14 DDA, los mejores tratamientos fueron Glufosinato+2,4-D, Paraquat y Paraquat+2,4-D (97 %), el cual se considera muy buen control; al final de la evaluación a los 21 DDA, no hubo diferencias estadísticas, entre los tratamientos T1 al T7; por otra parte los tratamientos T2, T4 y T6 (96 %), T3 (93 %) fueron superiores a los tratamientos con herbicidas hormonales Picloran+2,4-D (T8) y Dicamba+2,4-D (T9) con 83 % de control. En términos de costos por hectárea, el tratamiento más económico para el control de malezas en esta época del año, en comparación con el Glifosato fue el Paraquat con un precio 153.0 $ MN; en segundo lugar, Glufosinato de amonio 189 $ MN y la tercera opción Glufosinato de amonio+2,4-D con 219 $ MN; en proporción al Glifosato 56, 46 y 37 %, más económico, respectivamente. La selección del tratamiento con base al costo, aplica siempre y cuando el nivel de efectividad de los herbicidas alternativos, fueran estadísticamente iguales o superiores al testigo regional con Glifosato.

Cuadro 4. Comparación de medias entre pares de tratamientos CERIB-CIRNE-PV/2022.

	Amaranthus palmeri		
	7DDA	14DDA	21DDA
T1 vs T2	89 vs 89 ns	88 vs 88 ns	89 vs 97 ns
T1 vs T3	89 vs 90 ns	88 vs 89 ns	89 vs 90 ns
T1 vs T4	89 vs 90 ns	88 vs 91 ns	89 vs 90 ns
T1 vs T5	89 vs 95 ns	88 vs 91 ns	89 vs 90 ns
T1 vs T6	89 vs 95 ns	88 vs 91 ns	89 vs 90 ns
T1 vs T7	89 vs 91 ns	88 vs 89 ns	89 vs 87 ns
T1 vs T8	89 vs 91 ns	88 vs 87 ns	89 vs 87 ns
T1 vs T9	89 vs 80 ns	88 vs 80 ns	89 vs 80 ns

T1 vs T10	89 vs 0***	88 vs 0***	89 vs 0***
	Helianthus annuus		
	7DDA	14DDA	21DDA
T1 vs T2	80 vs 86 ns	83 vs 85	88 vs 96
T1 vs T3	80 vs 85 ns	83 vs 85	88 vs 93
T1 vs T4	80 vs 89 ns	83 vs 97*	88 vs 96*
T1 vs T5	80 vs 89 ns	83 vs 97*	88 vs 89
T1 vs T6	80 vs 90 ns	83 vs 97*	88 vs 96*
T1 vs T7	80 vs 85 ns	83 vs 85 ns	88 vs 88 ns
T1 vs T8	80 vs 83 ns	83 vs 83 ns	88 vs 83 ns
T1 vs T9	80 vs 83 ns	83 vs 83 ns	88 vs 83
T1 vs T10	80 vs 0***	83 vs 0***	88 vs 0***

T1: Glifosato; T2: Glifosato +2,4-D; T3: Glufosinato; T4: Glufosinato+2,4-D; T5: Paraquat; T6: Paraquat + 2,4-D; T7: Saflufenacil; T8: Picloram + 2,4-D; T9: Dicamba+ 2,4-D y T10 (Testigo sin aplicación). Significancia estadística ***= (P ≤ 0.0001); **(P ≤ 0.001); *(P ≤ 0.01) ns: no significativa con la prueba t de Student.

CONCLUSIONES

En zacate espiga, a los 21 DDA el Glifosato con 85 % (control medio) fue estadísticamente similar a Paraquat con 85 % y Glufosinato de amonio con 77 % (control regular). El control fue suficiente y sin diferencias estadísticas a los 21 DDA, en quelite entre el Glifosato (89 %) versus Paraquat y Glufosinato de amonio (90%); mientras, que en polocote a los 21 DDA, el Glifosato con 88 % versus Paraquat (89 %) y Glufosinato de amonio (93 %).

La eficiencia de los tratamientos fue más contrastante, en la hierba blanca, porque a los 21 DDA hubo diferencias significativas entre el Glifosato (80 %) con un control regular y el Glufosinato de amonio con buen control (95 %).

Los resultados demostraron después de 21 DDA, que hubo tratamientos alternativos al Glifosato con Paraquat y Glufosinato de amonio, aunque para algunas especies fueron estadísticamente similares, estos herbicidas fueron 56 % y 46 %, más económicos; aunque hubo otros tratamientos con efecto similar, estos se consideraron una alternativa por bajo el costo.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), por el financiamiento al proyecto con número de SIGI 14377335328 “Alternativas al uso del Glifosato para el control de maleza en México”.

REFERENCIAS

CONABIO. Consejo Nacional de Biodiservisad. 2023. *Boerhavia erecta L.* conabio.gob.mx/malezasdemexico/nyctaginaceae/boerhavia-erecta/fichas/ficha.htm

Duke, S. O., Powles, S. B. and Sammons, R. D. 2018. Glyphosate – how it became a once in a hundred year herbicide and its future. Outlooks on Pest Management. 1-5 DOI: 10.1564/v29_dec_00 Outlooks

Duke, S.O. 2018.The history and current status of glyphosate. Pest Manag. Sci. 74: 1027-1034.

Espinosa, R. M. y Cisneros, L. MA. E. .2022. Herbicidas orgánicos alternativa al glifosato para el control de maleza en presiembra en el norte de Tamaulipas. Avances en Investigación Agropecuaria. II Simposio Internacional de Parasitología Agrícola. AIA. 2022. 26 (Suplemento): 13-14http://doi.org/10.53807/revAIA.22.26.16

Franz, J. E., Mao, M. K. and Sikorski, J. A. 1997. Glyphosate: A Unique Global Herbicide; American Chemical Society: Washington, DC. pp 521-527, 604-605, 615.

Gianessi, L. P. 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. Pest Manag. Sci. 69: 1099–1105.

Hernández, M. R., Rosales, R. E., Espinosa, R. M. y Cisneros, L. Ma. E. 2021. Efectividad de herbicidas alternativos a glifosato en el control de maleza en el Norte de Tamaulipas. XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza SOMECIMA. 259-264 pp.

Kraehmer, H., Laber, B., Rosinger, C. and Schulz, A. 2014. Herbicides as weed control agents: state of the art: i. weed control research and safener technology: the path to modern agriculture. Plant Physiol.166: 1119–1131.

Martins, G. C., Silva, T. L., Andreani, T. and Silva, A. M. 2022. Glyphosate vs. Glyphosate-Based Herbicides Exposure: A Review on Their Toxicity. J. Xenobiot. 12: 21–40. https://doi.org/10.3390/ jox12010003

Pelea, P. L. 2018. ¿Cómo proceder ante el incumplimiento de las premisas de los Métodos Paramétricos? O ¿cómo Trabajar Con Variables Biológicas No Normales? Rev. Jard. Bot. Nac. 39: 1–12.

Rosales, R. E., Sánchez de la C. R. y Cerda G. P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. Rev. Fitotec. 34 (4): 269-275.

Silva, F. M. A.; Rodríguez, M. J. C.; Díaz, G. O.; y Bautista, N. M. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de Macrosiphum rosae L. (Homoptera:

Aphididae) y Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae). Agrociencia 39: 319-325.

Valdez, H., Espinosa, R. M., Hernández, M. R. y Cisneros, L. M. E. 2022. Efectividad de herbicidas en el control de *Leptochloa filiformis* (Lam.) Beauv y *Amaranthus palmeri* S. Wats en el Norte de Tamaulipas. Revista Tecnológica CEA N° 18, Tecnológico Nacional de México en Roque. pp: 356-363.

UDEL. University of Delaware. Agriculture and Natural Resources. 2023. Large plot test-demonstrations for evaluating weed control https://www.udel.edu/academics/colleges/canr/cooperative-extension/fact-sheets/Large-Plot-Test-Demonstrations-for-Evaluating-Weed-Control/

HÍBRIDOS SIMPLES DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO FORMADOS CON TRES METÓDOS GENOTÉNICOS

Liliana Guadalupe Alfaro Martínez[1] Rosendo Hernández Martínez[2]*, César Augusto Reyes Méndez[2], Alejandro Ledesma Miramontes[3], José Luis Ramírez Díaz[3]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco km 38.5. CP 56230. Texcoco, Estado de México.[2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida Biodiversidad #2470, CP 47600. Tepatitlán de Morelos,

Jalisco. *Autor de correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El mejoramiento genético es una herramienta que ha permitido al hombre modificar el comportamiento de los cultivos, mediante la generación de materiales con características específicas de calidad, sin embargo, es necesario la correcta selección de los métodos genoténicos para la formación de su progenie. El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de tres métodos genotécnicos para la formación de híbridos simples con base a su potencial de rendimiento. Para la generación de los híbridos, se utilizaron 27 líneas de maíz del INIFAP y 10 de la UAAAN. Se evaluaron un total de 63 híbridos experimentales y 7 testigos comerciales de la región norte de Tamaulipas, México, La evaluación de los híbridos se realizó en dos localidades de Tamaulipas, mediante un diseño látice 10 × 10 con tres repeticiones. Se evaluaron las variables de rendimiento de grano (REND), días a floración masculina y femenina (DFM, DFF). Se realizó un análisis de varianza combinado con los 70 híbridos con las tres estrategias de selección de progenitores. Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en genotipos para todas las variables, así mismo, para ambientes, sin embargo, en la interacción genotipo × ambiente diferencias en DFM y DFF. Los híbridos con rendimiento superior a los 9 t ha^{-1} fueron P3097, P3092, 30F53 y LEARB9 × UAY113, este último obtenido mediante las estrategias de marcadores moleculares con mayor distancia genética entre pares de líneas. Los marcadores moleculares de tipo SSRs revelaron información útil para formar híbridos simples, lo anterior, indican que pueden ser utilizados como herramientas auxiliares en los programas tradicionales por hibridación.

Palabras claves: Evaluación *per se*, Herramienta molecular, mestizos, híbridos.

ABSTRACT

Genetic improvement is a tool that has allowed man to modify the behavior of crops by generating materials with specific quality characteristics; however, the correct selection of genotypic methods is necessary for the formation of their progeny. The objective of this study was to evaluate the efficiency of three genotypic methods for the formation of single hybrids based on their yield potential. For the generation of hybrids, 27 maize lines from INIFAP and 10 from UAAAN were used. A total of 63 experimental hybrids and 7 commercial controls from the northern region of Tamaulipas, Mexico, were evaluated. The hybrids were evaluated at two locations in Tamaulipas, using a 10 × 10 latice design with three replications. The variables evaluated were grain yield (REND), days to male and female flowering (DFM, DFF). A combined analysis of variance was performed on the 70 hybrids with the three parent selection strategies. Significant differences ($P \leq 0.01$) were detected in genotypes for all variables, as well as for environments; however, in the genotype × environment interaction, differences in DFM and DFF were detected. The hybrids with yields higher than 9 t ha^{-1} were P3097, P3092, 30F53 and LEARB9 × UAY113, the latter obtained by molecular marker strategies with greater genetic distance between pairs of lines. SSRs-type molecular markers revealed useful information to form single hybrids, indicating that they can be used as auxiliary tools in traditional hybridization programs.

Key words: *Per se* evaluation, Molecular tool, crossbreeds, hybrids.

INTRODUCCIÓN

En la región norte de Tamaulipas, la siembra del cultivo de maíz amarillo ha ido disminuido en los últimos años, debido a la escasez de agua, principalmente, y por la expansión de los subsectores avícolas y porcinos, así como las diferentes industrias procesadoras para consumo humano. A nivel nacional se sigue siendo deficitario en maíz amarillo, ya que cada año se importan a México 17 millones de toneladas de maíz, de las cuales sólo 548 mil son de grano blanco (SIAP, 2020); por lo tanto, es indispensable el desarrollo rápido de nuevos genotipos que posean características agronómicas superiores a los materiales presentes en el mercado. Un sistema importante para la obtención de genotipos sobresalientes ha sido por hibridación, considerado como un método de mejoramiento genético que tiene como objetivo principal el aprovechar la generación de F_1 provenientes de la cruza entre dos poblaciones, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización

libre, sintéticas o poblaciones F_1 en el caso de cruzas dobles (Márquez, 1988). En un programa de mejoramiento por hibridación primero deben desarrollarse las líneas endogámicas mediante autofecundaciones, por varias generaciones, y seleccionar aquellas que obtengan la mejor expresión; la selección puede ser mediante una prueba *per se* o una cruza para la formación de mestizos, para evitar continuar con la producción de todas las líneas en las etapas posteriores y reducir los costos. Por otro lado, la comunidad de fitomejoradores identifican en la genética molecular oportunidades para avanzar en la genética cuantitativa, sin abandonar los conceptos básicos de los métodos genotécnicos tradicionales, a pesar de ser un proceso lento y de alto costo (Hallauer, 2007). En ese sentido, los marcadores moleculares han demostrado un alto potencial en el desarrollo de programas de mejoramiento genético con la finalidad de seleccionar características de importancia agronómica a partir de datos genotípicos que se encuentren en todo el genoma que permitan predecir con una mayor precisión en elegir un rasgo agronómico específico (Lorenz *et al*., 2011). En este contexto, los marcadores de tipo microsatélite (SSR) se han convertido en los marcadores moleculares más utilizados en diferentes campos de estudios, debido a su alto polimorfismo y la relativa facilidad de genotipificación (Zane *et al*., 2002). Así mismo, pueden utilizarse en estudios de diversidad genética, construcción de mapas de ligamiento y asociación de genes. Dicha información puede utilizarse en programas de mejoramiento genético para estimar mejor el valor genético de los individuos sometidos a la selección; el cual, permite identificar grupos de líneas en relación con sus distancias genéticas para predecir híbridos a través de su desempeño heterótico. Bajo ese contexto, el objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de tres métodos genotécnicos para la formación de híbridos simples con base a su potencial de rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 37 líneas de maíz de grano amarillo (S_3 y S_5) como progenitores para generar 63 híbridos de cruzas simples. Del total de las líneas 27 fueron originadas en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), Tamaulipas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP), codificadas como LEARB y 10 líneas provenientes de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), codificadas como UAY101, UAY103, UAY104, UAY105, UAY106, UAY108, UAY110, UAY111, UAY113 y UAY114. Los híbridos se realizaron con base en divergencia genética estimada con información molecular de marcadores SSRs, evaluación de líneas *per se,* y selección de

líneas por aptitud combinatoria general mediante la formación y evaluación de mestizos, las cuales se describen a continuación.

Formación de híbridos con información molecular. Consistió en la extracción de ADN genómico; se realizó en primavera-verano del 2017 a partir de 100 mg de tejido del mesocótilo y coleóptilo de tres plántulas individuales de ocho días de edad por línea, mediante un kit comercial para extracción de ADN, Genotipeo de las líneas con microsatélites; se analizaron tres individuos de cada una de las líneas mediante 22 *loci* de secuencias simples repetidas de ADN, Reacción en cadena de la polimerasa (PCR); se llevó a cabo en un termociclador, Gene AMP PCR® System 9700, Singapur, la electroforesis y análisis de fragmentos; los productos de PCR se evaluaron por electroforesis vertical (MG33-1063, C.B.S. Scientific® Del Mar California, EUA) y la análisis de la información molecular; fue a partir de la lectura directa de los geles, lo cual, se generó un perfil alélico para cada una de las líneas y con esta información se generó una matriz de distancias genéticas de Rogers modificadas por Wright mediante el programa computacional NTSYS y se realizó un análisis de conglomerados con base en las distancias genéticas mediante el método de agrupamiento UPGMA. Con la información obtenida se generaron 20 cruzas simples con mayor distancia genética través de cruzas planta a planta en pares de líneas.

Formación de híbridos mediante evaluación de líneas *per se.* Se realizó bajo condiciones de riego en el ciclo primavera-verano del 2018. El ensayo de las líneas se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5 m de largo con una separación entre surco de 0.82 m, con una densidad de población aproximada de 65,000 plantas por hectárea. Al momento de la cosecha se colectaron 40 plantas con competencia completa para estimar variables de rendimiento y agronómicas. Se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico de SAS® versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2011) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Una vez analizados los resultados se seleccionaron ocho líneas sobresalientes con base en su información *per se*, que posteriormente se utilizaron para formar 28 híbridos de cruza simple en el ciclo otoño-invierno del 2019, a través de cruzas dirigidas.

Formación y evaluación de mestizos y generación de híbridos con información de mestizos. Se formaron 37 mestizos en el ciclo primavera-verano del 2018 mediante el

establecimiento de las líneas en un lote aislado en el CERIB, Río Bravo, Tamaulipas, se utilizó como probador a la línea LRB-3A proveniente del programa de mejoramiento genético del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas. La evaluación de los mestizos se realizó en el ciclo otoño-invierno de 2019, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 5 m de largo con 0.82 m entre surco. Al momento de la cosecha se colectaron 40 plantas con competencia completa para estimar variables de rendimientos y agronómicas. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el uso del programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2011). Con la información generada de los mestizos se seleccionaron las mejores ocho líneas con base en sus parámetros de rendimiento y con ellas se logró la formación de 15 híbridos de cruza simple mediante polinizaciones manuales planta a planta en el ciclo primavera-verano de 2019.

Evaluación de los híbridos formados con las tres metodologías. Se evaluaron en total 70 híbridos de maíz, de los cuales 63 son híbridos experimentales por el programa genético del INIFAP-CERIB y 7 híbridos comerciales de la región usados como testigos, las cuales son INIFAP (H-443A, 23 × 19), Syngenta (SYN307) y Pionner (P3097, P3092, 30F53). Los híbridos de cruza simple generados se establecieron bajo condiciones de riego en las localidades de Río Bravo y Díaz Ordaz, en el norte del estado de Tamaulipas en el ciclo otoño-invierno de 2020.

Diseño experimental. Los experimentos se establecieron bajo un diseño experimental de loticé 10 × 10 con tres repeticiones en cada ambiente; la unidad experimental consistió en dos surcos de 5 m de longitud a una distancia entre surcos de 0.8 m y a una distancia entre plantas de 0.20 m con una densidad de población de 62,500 plantas ha^{-1}.

Variables evaluadas. Se evaluaron los días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), así mismo, rendimiento de grano en toneladas por hectárea (REND).

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables en estudio. Para la ejecución del análisis de varianza combinado se utilizó el programa estadístico de SAS® versión 9.3 (SAS Institute Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación de genotipos en el rendimiento de grano (REND), días a floración masculina y femenina (DFM Y DFF). las diferencias presentadas indican amplia divergencia en los híbridos de cruza simple, ya que los progenitores involucrados en las combinaciones híbridas provienen de diferente fondo genético, así mismo, la elección de sus progenitores para la formación de los híbridos provienen de información de tres distintos métodos genoténicos; por lo tanto, los resultados obtenidos indican que del conjunto de híbridos experimentales al menos un genotipo es superior para ser liberado comercialmente en la zona del norte de Tamaulipas. Al respecto, Guillén-de la Cruz *et al*. (2009) mencionan que al incrementar la diversidad genética de los padres también se incrementa las diferencias entre sus cruzas, en características agronómicas y fisiológicas. Con relación a los ambientes, se detectó diferencias estadísticas altas ($P \leq 0.01$ y 0.05) para REND, DFF y DFM, de acuerdo a Cervantes-Adame *et al*. (2020) reportan que las diferencias en la expresión de los caracteres de rendimiento se ven asociadas a factores genéticos y ambientales. Con relación a la interacción de genotipo por ambiente se encontró significancia estadística ($P \leq 0.01$ y 0.05) para las variables DFM y DFF, lo que indica que los híbridos no mantuvieron una producción similar en los dos ambientes de evaluación. El rendimiento en la presente investigación tuvo una media general de 6.2 t ha^{-1}, valor superior a la media del estado de Tamaulipas que fue de 5.1 t ha^{-1} en el año 2019 (SIAP, 2020), por lo cual, al menos una cruza experimental podría ser seleccionada para su uso comercial en la región noreste de México.

En el Cuadro 1. se presentan los mejores diez híbridos superiores con base en sus parámetros de rendimiento. De acuerdo con la prueba de medias, los híbridos testigos P3097, P3092, 30F53 y el híbrido experimental LEARB9 × UAY113 fueron estadísticamente similares, con rendimientos de grano de 10.9, 10.6, 9.8 y 9.1 t ha^{-1}, lo que indica que el híbrido experimental es competitivo en rendimiento con los híbridos de las empresas comerciales de la región norte de Tamaulipas. Así mismo, la cruza LEARB9 × UAY113 fue diferente estadísticamente al híbrido Syn307 (Syngenta) y H-443A (INIFAP), con rendimientos superiores de 300 y 800 kg ha^{-1}, este último, es un genotipo liberado por el INIFAP en el noreste de México.

Cuadro 1. Medias de 10 híbridos de maíz amarillos generados con información molecular, evaluación de líneas *per se* y pruebas de mestizos para parámetros de rendimiento en Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas, México, 2020.

Híbridos	REND	DFM	DFF
P3097	10.9 a	79.0 i-r	79.6 i-r
P3092	10.6 ab	81.1 d-h	82.1 b-g
30F53	9.8 abc	81 d-i	81.6 c-i
LEARB9 × UAY113†	9.1 a-d	81.0 d-i	81.3 e-k
SYN307	8.8 b-e	77.8 n-w	78.6 m-v
UAY103 × LEARB23	8.4 c-f	78.1 m-w	79 l-u
UAY103 × LEARB2	8.4 c-g	78.3 l-v	79.1 k-t
H-443A	8.3 c-h	81.8 c-f	82 c-h
LEARB3 × UAY101†	8.2 c-i	80.0 e-m	81.6 c-i
UAY103 × LEARB8	8.1 c-j	76.8 q-a	77.1 t-a

†Detectado con información molecular. REND: rendimiento de grano, DFM: días a floración masculino, DFF: días a floración femenina.

Dentro del conjunto de genotipos seleccionados (Cuadro 1), los híbridos experimentales LEARB9 × UAY113 y LEARB3 × UAY101 se generaron con información molecular a través de pares de líneas con mayor distancia genética, en ese sentido, Marcón *et al*. (2019) mencionan que al utilizar marcadores moleculares de tipo SSR se tiene una relación significativa entre las distancias genéticas de los progenitores y la heterosis en algunos caracteres morfo-agronómicos. Por otro lado, los híbridos UAY103 × LEARB23, UAY103 × LEARB2 y UAY103 × LEARB8 fueron formados con información de las líneas *per se*. Entre los híbridos generados con información de mestizos en este grupo selecto de híbridos no se identificó ningún material sobresaliente en rendimiento y sus componentes. Para días a floración masculina y femenina los genotipos oscilaron entre 76.8 y 81.8 para DFM, y entre 77.1 y 82.1 para DFF (Cuadro 1), estos resultados demuestran divergencia genética amplia de acuerdo al origen de las líneas usadas como progenitores en las combinaciones

híbridas, además del efecto de las condiciones climáticas y edáficas presentadas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

CONCLUSIONES

Se identificó un híbrido con rendimiento con base en distancia genética entre sus líneas parentales derivada con información molecular, que fue competente con los testigos comerciales de la región. Los marcadores moleculares de tipo microsatélite mostraron eficiencia en la predicción del desempeño de híbridos de cruza simple de maíz en comparación de los métodos genotécnicos tradicionales *per se* y mestizos, lo anterior, indican que pueden ser utilizados como herramientas auxiliares en los programas tradicionales por hibridación.

REFERENCIAS

Cervantes-Adame, Y. F., H. Rebolloza-Hernández, E. Broa-Rojas, A. Olvera-Velona y G. Bahena-Delgado (2020) Efecto de heterosis en poblaciones nativas de maíz y sus cruzas F1. *Biotecnia* 3:11-19.

Guillén-de la Cruz, P., E. De la Cruz-Lázaro, G. Castañón-Nájera, R. Osorio-Osorio, N. P. Brito-Manzano, A. Lozano R. y U. López-Noverola (2009) Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:101-107.

Hallauer, A. R. (2007) History, contribution, and future of quantitative genetics in plant breeding: lessons from maize. *Crop Science* 47:4-19.

Lorenz, A.J., S. Chao, F.G. Asoro, E.L. Heffner, T. Hayashi, H. Iwata, … and J. L. Jannink (2011) Genomic selection in plant breeding: Knowledge and prospects. *Advances in Agronomy* 110:77-123.

Marcón, F., E. J. Martínez, G. R. Rodríguez, A. L. Zilli, E. A. Brugnoli and C. A. Acuña (2019) Genetic distance and the relationship with heterosis and reproductive behavior in tetraploid bahiagrass hybrids. *Molecular Breeding* 39:89.

Márquez, S. F. 1988) Genotécnica Vegetal. Métodos Teoría Resultados. Tomo II, A.G.T. Editor. México, D.F. 665 p.

SAS Institute Inc. (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 8640 p.

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. Ciudad de México https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Zane, L., L. Bargelloni and T. Patarnello (2002) Strategies for microsatellite isolation: a review. *Molecular Ecology* 11:1-16.

IDENTIFICACIÓN DE LA MARCHITEZ BACTERIANA DE LOS FRIJOLES SECOS POR *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*

Francisco De Jesús Ibarra-Molina[1], Ma. Elizabeth Galindo-Cepeda[1], Abiel Sánchez-Arizpe[1], Epifanio Castro-Del Ángel[1], José Luis Arispe-Vazquez[2*]

[1]Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Mexico; [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala. *arispe.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los frijoles secos son cultivos a los cuales se le consumen las semillas ya secas y que pertenecen a la familia Fabaceae, estos cultivos son importantes para la alimentación mundial, en México el cultivo más importante es el frijol común. Este cultivo es afectado por enfermedades bacterianas causantes de tizones, manchas y marchitamiento. Una de las bacterias que afectan al grupo de los frijoles secos es *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (*Cff*), que causa la enfermedad de la marchitez bacteriana en en Frijol Común y Soya, en otros cultivos como el Frijol Mungo, el Chícharo, Habas, Lentejas etc., la enfermedad es llamada como mancha bronceada.

Cff es una bacteria perteneciente a la familia Microbacteriaceae por lo que no forma esporas y tienen forma de bastoncillos cortos. Es una bacteria Gram positiva, catalasa positiva, sus colonias tienen la particularidad de tener diferentes colores, ya sean amarillas, naranjas, rosas, violetas y rojas, siendo estás ultimas las que presentan más severidad en sus hospederos. El objetivo principal de esta investigación fue la de identificar a la bacteria por métodos bioquímicos, así como la de caracterizar los síntomas en sus hospederos y en otras especies vegetales, para lo que se utilizó treinta y un muestras de semillas provenientes de Estados Unidos y de algunos estados de México. La extracción y caracterización de la cepa se realizó en el laboratorio de fitopatología del Departamento de Parasitología, el establecimiento e inoculación de las plantas tuvieron lugar en el invernadero del Departamento de Forestal, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se obtuvo una cepa de *Cff* de color naranja, catalasa positiva, hidrolisis de gelatina positiva, hidrolisis de caseína positiva. La cepa causo marchitez en 8 de las especies utilizadas para los postulados de Koch y en el trigo, maíz y cacahuate, se volvió a aislar después de los 20 días de la inoculación.

Palabras clave: Frijol, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (*Cff*), Marchitez Bacteriana, Mancha.

ABSTRACT

Dried beans are crops whose already dried seeds are consumed and which belong to the Fabaceae family. These crops are important for world nutrition. In Mexico the most important crop is the common bean. This crop is affected by bacterial diseases that cause blight, spots and wilting. One of the bacteria that affect the dry bean group is Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens (Cff), which causes bacterial wilt disease in Common Beans and Soybeans, in other crops such as Mung Beans, Peas, Broad Beans, Lentils etc., the disease is called bronze spot.

Cff is a bacterium belonging to the Microbacteriaceae family, which is why it does not form spores and is shaped like short rods. It is a Gram positive, catalase positive bacterium, its colonies have the particularity of having different colors, whether they are yellow, orange, pink, purple or red, the latter being the ones that present the most severity in their hosts. The main objective of this research was to identify the bacterium by biochemical methods, as well as to characterize the symptoms in its hosts and in other plant species, for which thirty-one seed samples from the United States and from some states of Mexico. The extraction and characterization of the strain was carried out in the phytopathology laboratory of the Department of Parasitology, the establishment and inoculation of the plants took place in the greenhouse of the Department of Forestry, at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. An orange Cff strain, catalase positive, gelatin hydrolysis positive, casein hydrolysis positive, was obtained. The strain caused wilt in 8 of the species used for Koch's postulates and in wheat, corn and peanuts, it was isolated again after 20 days of inoculation.

Key words: Bean, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Cff), Bacterial Wilt, Spot.

INTRODUCCION

Los frijoles secos son un grupo de cultivos pertenecientes a la familia de las fabáceas, que son aquellas semillas que se consumen ya secas como el Frijol común *Phaseolus vulgaris*, el Frijol Mungo V*igna radiata,* las lentejas *Lens* culinaria, los chícharos *Pisum sativum*, etc. (FAO, 2015).

FAO (2015) mencionó que la los frijoles secos son muy importantes para la dieta de personas que no cuentan con acceso a proteínas de origen animal, ya que estas cuentan con un nivel alto de estas sustancias, ricas en fibras solubles, así como otros nutrientes. También se hace mención de su importancia en el combate contra enfermedades no transmisibles como la diabetes, problemas

cardiacos y la obesidad. Además, estos cultivos a menudo son utilizados por agricultores para autoconsumo, así como tener muchos beneficios en los campos en los que se cultivan.

El frijol Común es un cultivo importante de la cultura gastronómica mexicana, ya que ha sido parte de ella desde épocas prehispánicas, siendo parte importante en el mestizaje junto a otras plantas nativas de Mexico. En la actualidad el mexicano consume en promedio 9.9 kilogramos de este alimento anualmente (SAGARPA, 2017; SADER, 2019).

En México se han registrado 60 artrópodos plaga en fríjol común: 59 insectos, y un ácaro, siendo los más importantes el Minador del frijol *Xenochalepus signaticollis*, Conchuela del frijol *Epilachna varivestis* Chicharrita del frijol *Empoasca kraemeri* (Mena, 2010). También se han registrado como principales enfermedades al Moho blanco o salivazo causada por el hongo *Sclerotinia slerotiorum*, pudrición carbonosa (*Macrofomina phaseolina*), marchitez y pudrición seca de la raíz (*Fusarium oxysporum* y *F. solani*), pudrición de la raíz y cuello (*Rhizoctonia solani*), así como virosis con los virus mosaico común del frijol, mosaico amarillo del frijol transmitidos tanto por semilla como por pulgones y el virus mosaico dorado del frijol transmitido por mosquita blanca (SAGARPA, 2013).

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron 30 semillas de cada muestra, las cuales fueron tratadas por un triple lavado con hipoclorito de sodio al 1.8% (Cloralex 5%) y agua destilada estéril. Se colocaron en matraces de 150 ml, agregándoles buffer de extracción, de Fosfato Salino (conocido por sus siglas en inglés como PBS), a los cuales se les agregó 3 cm de la solución arriba del tope de las semillas y tapando la boca del matraz. Se dejó en refrigeración a 6°C por 24 horas. Posteriormente, se utilizó un asa bacteriológica, sumergiéndola directamente en el buffer, y sembrando por estría

seriada en una caja Petri con medio Caldo Nutritivo y Extracto de Levadura (NBY) (medio 1) también a esta solución se le hizo una dilución seriada a razón de $1x10^{-2}$ Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/mililitro para su siembra en medio de cultivo, las cajas se mantuvieron a 26° C durante 24 h. Las pruebas preliminares consistieron en hacer la tinción de Gram a las colonias que coincidían en la morfología de la bacteria, para asegurar que no venga contaminado con otras bacterias. Posteriormente, se realizó la prueba de Ryu, que consiste en poner en un portaobjetos una solución de KOH al 3% y con la ayuda de un asa bacteriológica, tomar una muestra de la colonia y frotarla en la gota de la solución, se levanta el aza de la gota tratando de ver si la viscosidad de la solución aumentó (Schaad,

2001; EPPO, 2011). Las pruebas fenotípicas utilizadas fueron las recomendadas por EPPO (2018) y

Osdaghi (2020), las cuales fueron: hidrolisis de gelatina, hidrolisis de caseína, hidrolisis de esculina, crecimiento en TTC, prueba de movilidad, ácido a parir de inositol, ácido a partir de manitol y ácido a partir de almidón.

Los postulados de Koch, se desarrollaron con pruebas de patogenicidad, para lo cual, se utilizaron las siguientes especies de plantas y variedades, como; cacahuate arachys hipogea, chícharo, frijol mungo, frijol ejotero, frijol blanco, frijol negro, frijol pinto, lenteja, soya, trigo, maíz.

En el laboratorio se preparó una solución bacteriana con la cepa ya identificada, para la cual, se utilizó la escala de McFarland, para llegar a una concentración de 1x108. UFC/ml. A continuación, con ayuda de una jeringa de insulina (1 ml BD), se inoculó la solución bacteriana (O.1 ml) en las primeras hojas enteras y la primera hoja trifoliada. Posteriormente, se re-aisló la bacteria.

RESULTADOS Y DISCUSION

De las muestras analizadas se seleccionaron las colonias circulares, lisas, planas o ligeramente convexas, opacas y ligeramente viscosas, con un margen entero, y de colores múltiples, las cuales van desde amarillo, naranja y rosa de acuerdo a EPPO (2011); Harveson (2013) y Osdaghi (2020) (Figura 1A). La tinción de Gram, a la vista en el microscopio, se observaron bacilos cortos, azules violáceos que concuerda con Osdaghi (2020) (Figura 1B).

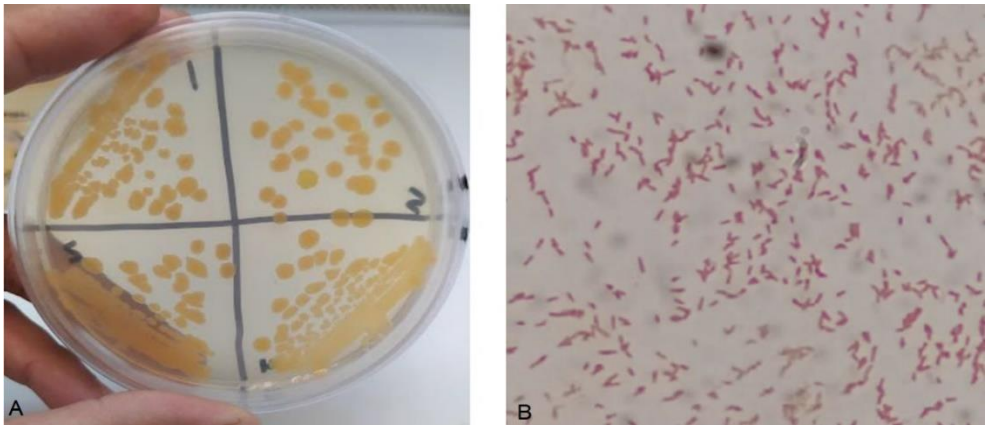


Figura 1. Cepa bacteriana obtenida. A= Cepas de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *Flaccumflaciens* extraídas de semillas de frijol, B= Tinción de Gram, vista al microscopio compuesto con el objetivo 100x.

Cuadro 2. Resultados de las pruebas realizadas a la cepa analizada.

Prueba	**Resultados**
Ryu KOH 3%	-
Catalasa	+
Oxidasa	-
Oxidación- Fermentación	+ ; -
Hidrolisis de Gelatina	+
Crecimiento en TTC	+
Prueba de Movilidad	+

Estos resultados concuerdan con lo que menciona Schaad (2001) y EPPO (2011) para llevar a cabo la caracterización de la bacteria *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (*Cff*) (Cuadro 2), la cual, produce la enzima catalasa, pero no la enzima oxidasa, tiene una respiración oxidativa y no fermenta, es tolerante al Cloruro de Tirfenil Tetrazolium (TTC), presenta movilidad, hidrolasa la esculina y la caseína, puede producir ácido a partir de Inositol, pero no de Manitol, y no puede hidrolizar el almidón.

Cuadro 1. Resultados de la inoculación y aislamento de la bacteria en diferentes especies vegetales.

Especies y variedades	Reacción y reaislamiento
Cacahuate *Arachys hipogea*	- ; + (después de 20 días)
Chícharo *Pisum sativum*	+;+
Frijol Mungo *Vigna radiata*	+;+
Frijol Ejotero *Phaseolus vulgaris*	+;+
Frijol Blanco *Phaseolus vulgaris*	+;+
Frijol Negro *Phaseolus vulgaris*	+;+
Frijol Pinto *Phaseolus vulgaris*	+;+
Lenteja *Lens esculenta*	+;+
Soya *Glycine max*	+;+
Trigo *Tritichum aestivum*	-;- (después de 20 días)
Maíz *Zea mais*.	-;+ (después de 20 días)

(-: Negativo; + Positivo)

CONCLUSIONES

Se caracterizó la bacteria *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, extraído de semillas de Frijol Común *Phaseolus vulgaris*.

El Frijol común (las cuatro variedades utilizadas para este experimento), la Soya, el Frijol Mungo, el Chícharo y la Lenteja presentaron los síntomas característicos de esta bacteria.

El maíz y el trigo son reservorios de *Cff* y no manifiestan síntomas, ya que conservaron la bacteria más tiempo que lo que puede sobrevivir fuera de sus hospederos

El cacahuate es un reservorio de dicha bacteria ya que sobrevive en su tejido, pero no manifiesta síntomas característicos de la enfermedad.

REFERENCIAS

EPPO (2011) *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin, 41, 320–328.

FAO (2015). 2016 Año de Internacional de la Legumbres. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Harveson, R., Schwartz, H., Urrea, C. & Yonts, C. (2015) Bacterial Wilt of Dry-edible Beans in the Central High Plains of the US: Past, Present, and Future. Plant Disease, 99, 1665–1677

Mena, J. (2010). Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de Frijol en Zacatecas. INIFAP. Pag. 2-34.

Osdaghi, E., Young, A. & Harveson, R. (2020). Bacterial Wilt of Dry Beans Caused by *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*: A New Threat From an Old Enemy. Molecular Plant Pathology. 21:605–621.

SADER (2019). La Importancia del Frijol en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Blog, Sitio web: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-delfrijol-enmexico#:~:text=Los%20frijoles%20han%20formado%20parte,queso%2C%20epazote%2C%20entre%20otros

SAGARPA (2013). Enfermedades que Afectan al Cultivo de Frijol, Ciclo Agrícola Otoño-Invierno 2013-2014. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sitio web: https://www.gob.mx/agricultura%7Csinaloa/articulos/enfermedades-que-afectan-alcultivo-de-frijol-ciclo-agricola-otono-invierno-20132014#:~:text=Dentro%20de%20las%20principales%20enfermedades,ra%C3%ADz%20(Fusarium%20oxysporum%20y%20F

SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Frijol Mexicano. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Primera edición.

Schaad, N., Jones, J. & Chun, W. (2001). Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. American Phytopathological Society Press.

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE CÍTRICOS UTILIZADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO Y COMO PORTAINJERTOS EN LA PRODUCCIÓN COMERCIAL

GENOTYPIC IDENTIFICATION OF CITRUS ACCESSIONS USED IN BREEDING AND AS ROOTSTOCKS IN COMMERCIAL PRODUCTION

Isidro Humberto Almeyda León[1]*, Ángel Ismael Narváez, Rodríguez[2], María Genoveva Álvarez Ojeda[3], Raúl Rodríguez Guerra[1]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. [2]Profesional independiente. [3]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

Los materiales de cítricos que se mantienen en los bancos de germoplasma, en muchas ocasiones son de origen desconocido, razón por la cual, es necesario realizar estudios para conocer su identidad genética y evitar la confusión entre los materiales usados en programas de mejoramiento genético y como portainjertos en la producción comercial. El objetivo de este estudio fue establecer la identidad genética de diferentes accesiones de cítricos resguardados en el banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán. Para la identificación genética, se incluyeron 10 materiales y se utilizó la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar. Para las reacciones de amplificación se usó el iniciador CA, el cual fue seleccionado a partir de seis iniciadores evaluados, lo anterior, con base en que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos. Se pudo constatar la identidad de las dos réplicas en siete accesiones, sin embargo, se encontraron diferencias entre las dos réplicas de los materiales Citrange Morton, Tangelo Sunshine y Limón rugoso. Estos resultados son de gran relevancia por la necesidad de establecer con toda precisión la identidad genética de estos materiales, ya que se pretende incorporarlos en estudios de programas de mejoramiento genético y continuar con su utilización en trabajos de combinación portainjertos-variedades que tengan una buena adaptación a diferentes condiciones edáficas y ambientales.

Palabras clave: Banco de germoplasma, Patrones de cítricos, Variabilidad genética

ABSTRACT

The citrus materials that are kept in the germplasm banks are often of unknown origin, which is why it is necessary to carry out studies to determine their genetic identity and avoid confusion between the materials used in genetic improvement programs and as rootstocks in commercial production. The objective of this study was to establish the genetic identity of different citrus accessions stored in the germplasm bank of the General Terán Experimental Field. For genetic identification, 10 materials were included and the Random Amplified Microsatellites technique was used. For the amplification reactions, the CA primer was used, which was selected from six evaluated primers, the above, based on the fact that it can generate up to 26 polymorphic fragments. It was possible to verify the identity of the two replicas in seven accessions, however, differences were found between the two replicas of the materials Citrange Morton, Tangelo Sunshine and Limón rugoso. These results are of great relevance due to the need of accurately establish the genetic identity of these materials, since it is intended to incorporate them in studies of genetic improvement programs and continue with their use in rootstock-varieties combination works that have a good adaptation to different soil and environmental conditions.

Key words: Germplasm bank, Genetic variability, Citrus rootstocks

INTRODUCCIÓN

La citricultura representa un segmento económico muy importante en la agricultura mexicana, ya que genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares (González *et al*., 2020). La especie con mayor importancia en México es la naranja dulce, principalmente por la superficie sembrada (340 mil ha^{-1}) y producción (rendimientos promedio de 13.95 ton ha^{-1}), con un valor superior a los 10.18 mil millones de pesos (Rivera *et al*., 2020). Los cítricos son originarios del sureste asiático y la India y probablemente evolucionaron de una planta de frutos amargos hace 20 millones de años, localizada donde hoy se encuentra el archipiélago Malayo. Las especies modernas se desarrollaron en China, en este país existe la mayor diversidad de variedades de cítricos en el mundo, así como sus parásitos. Los cítricos pertenecen a la familia Rutácea, formada por siete subfamilias, una de ellas es Aurantioideae, la cual tiene dos tribus, Clauseneae y Citreae. Clauseneae consiste de tres subtribus, entre ellas Clauseninae donde se destaca el género *Clausena* (Hynniewta, *et al*., 2014). Los géneros que constituyen los verdaderos árboles de cítricos son seis, de los cuales tres tienen importancia comercial: *Poncirus*, *Fortunella*

(kumquat) y *Citrus* (Hui, 1999). Las especies del genero *Poncirus* hibridan libremente con las especies del género *Citrus*, generando grupos de híbridos que son: citranges (*Poncirus trifoliata x Citrus sinensis*), citrandarinas (*Poncirus trifoliata x Citrus reticulata*), citremones (*Poncirus trifoliata x Citrus limonia*) y citrumelos (*Poncirus trifoliata x Citrus paradisi)*, que también reconoce a los tangores como el cruce interespecífico entre mandarina (*Citrus reticulata*) y naranja (*Citrus sinensis*) (Hynniewta, *et al*., 2014). La mayoría de las huertas de cítricos constan de árboles formados por dos partes, el patrón o portainjerto y la variedad los cuales combinan atributos favorables. El portainjerto es el que proporciona el sistema radical, mediante el cual el árbol establece su sistema de soporte, permite absorción del agua y nutrimentos, almacenamiento de carbohidratos producidos en las hojas y de la síntesis de algunos reguladores del crecimiento, adaptando a la variedad a una condición particular de suelo y, además, potencialmente proporciona tolerancia a algunas enfermedades (Padrón y Rocha, 2008a). El empleo del portainjerto tiene como principales propósitos la reducción de la juvenilidad, la adaptación ambiental a diferentes condiciones de suelo y clima, así como el comportamiento hortícola entre el portainjerto y la variedad que esté injertada (Castle *et al*., 1993). De esta manera, no sólo se ha logrado mejorar los rendimientos y la calidad de los frutos, sino que también ha permitido la siembra en sitios con características adversas para el normal desarrollo de la planta (Orduz y Mateos, 2012). Existen más de 20 características hortícolas que son influenciadas por el patrón, incluyendo tamaño y vigor del árbol, profundidad de enraizamiento, tolerancia a las heladas, adaptación a ciertas condiciones de suelo, tales como salinidad o pH, o exceso de agua, resistencia o tolerancia a nematodos y enfermedades relacionadas con *Phytophthora* y rendimiento de fruta, tamaño, textura, calidad interna y tiempo de madurez (Davies y Albrigo, 1994; Padrón-Chávez y Rocha-Peña, 2008b). El objetivo del estudio fue establecer mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), la identidad genética de diferentes accesiones de cítricos resguardadas en el banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán, las cuales se utilizan en programas de mejoramiento genético y como patrones o portainjertos en la producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron hojas sanas de 10 accesiones de diferentes materiales de cítricos, conservadas en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental General Terán (Cuadro 1), las cuales son utilizadas en programas de mejoramiento genético y como patrones en la producción comercial. La extracción del ADN se realizó utilizando la

metodología del CTAB modificada por Almeyda *et al*. (1981). La identificación genética se realizó mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), inicialmente se evaluaron 6 iniciadores y finalmente se seleccionó el iniciador CA (5´-DBDACACACACACACACA-3´) con base a que todas las muestras previamente evaluadas amplificaron y que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos (Gallegos *et al*., 2017). Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador (BioRad Thermal Cicler), las cuales, fueron preparadas en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer de PCR (1X), $MgCl_2$ (4.0 mM), dNTP´s (0.2 mM), Iniciador CA (0.4 µM), Taq™ DNA-polimerasa (1 U) y ADN (50 ng). El programa de amplificación utilizado en él termociclador fue: Un ciclo a 95 ^oC por 5 min, 35 ciclos a 94 ^oC por 30 seg, 50 ^oC por 30 seg, 72 ^oC por 2 min y un ciclo final a 72 ^oC por 10 min. Los fragmentos amplificados en las reacciones de PCR se fraccionaron en geles de agarosa al 3 % durante una hora treinta minutos a 100 V. Los geles fueron teñidos con el colorante GelRed® y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

Cuadro 1. Accesiones de cítricos conservadas bajo condiciones de invernadero en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán (CEGET).

No. de accesión	Variedad o Nombre Común	No. de árbol	Condición
32	Koethan Sweet	1	Invernadero
32	Koethan Sweet	2	Invernadero
33	Citrange Morton	1	Invernadero
33	Citrange Morton	2	Invernadero
34	Naranjo Chinotto	1	Invernadero
34	Naranjo Chinotto	2	Invernadero
35	Mandarina Cleopatra	1	Invernadero
35	Mandarina Cleopatra	2	Invernadero
36	Naranjo Agrio	1	Invernadero
36	Naranjo Agrio	2	Invernadero
37	Citrange carrizo	1	Invernadero
37	Citrange carrizo	2	Invernadero
38	Tangelo Sunshine	1	Invernadero
38	Tangelo Sunshine	2	Invernadero
39	Carrizo Troyer	1	Invernadero
39	Carrizo Troyer	2	Invernadero

40	Citrus taiwanica	1	Invernadero
40	Citrus taiwanica	2	Invernadero
75	Limón rugoso	1	Invernadero
75	Limón rugoso	2	Invernadero

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de RAMs utilizada, permitió establecer de manera consistente la identidad, así como la diferencia existente entre las dos réplicas de las 10 accesiones de patrones evaluados en este trabajo. La identidad entre las dos réplicas se corroboró en siete de los 10 materiales de cítricos evaluados. Sin embargo, en el caso de las réplicas de las accesiones correspondientes a las variedades Citrange Morton, Tangelo Sunshine y Limón rugoso, se detectaron diferencias en el perfil electroforético (Figura 1A3 y 1A4; 1B3 y 1B4; 1B9 y 1B10).

La diferencia genética encontrada entre las réplicas en tres de los siete materiales utilizados como portainjertos, nos permite inferir que dichas réplicas corresponden a germoplasma diferente, y/o que es factible que las diferencias registradas puedan deberse a factores externos que modificaron la estructura genética de estas variedades. La citada modificación puede estar asociada al evento conocido como mutación, el cual, ocasiona cambios o modificaciones en la secuencia genómica de los organismos vivos y dichos cambios ocurren por errores en la división celular o exposición a ciertas condiciones del medio ambiente (Wu *et al*., 2018). La condición ambiental a la que están expuestas las especies perennes como es el caso de los cítricos, bajo este contexto eventualmente se han registrado diferencias morfológicas o de madurez entre frutos de un mismo árbol y dichas variaciones se han asociado a mutaciones debido a la radiación. Tampoco se debe omitir mencionar que los materiales mantenidas bajo condiciones de invernadero están expuestas a la manipulación propia que se realiza principalmente para su mantenimiento, de esta manera, existe el riesgo de ubicación errónea de materiales sobre todo si no están correctamente etiquetados.

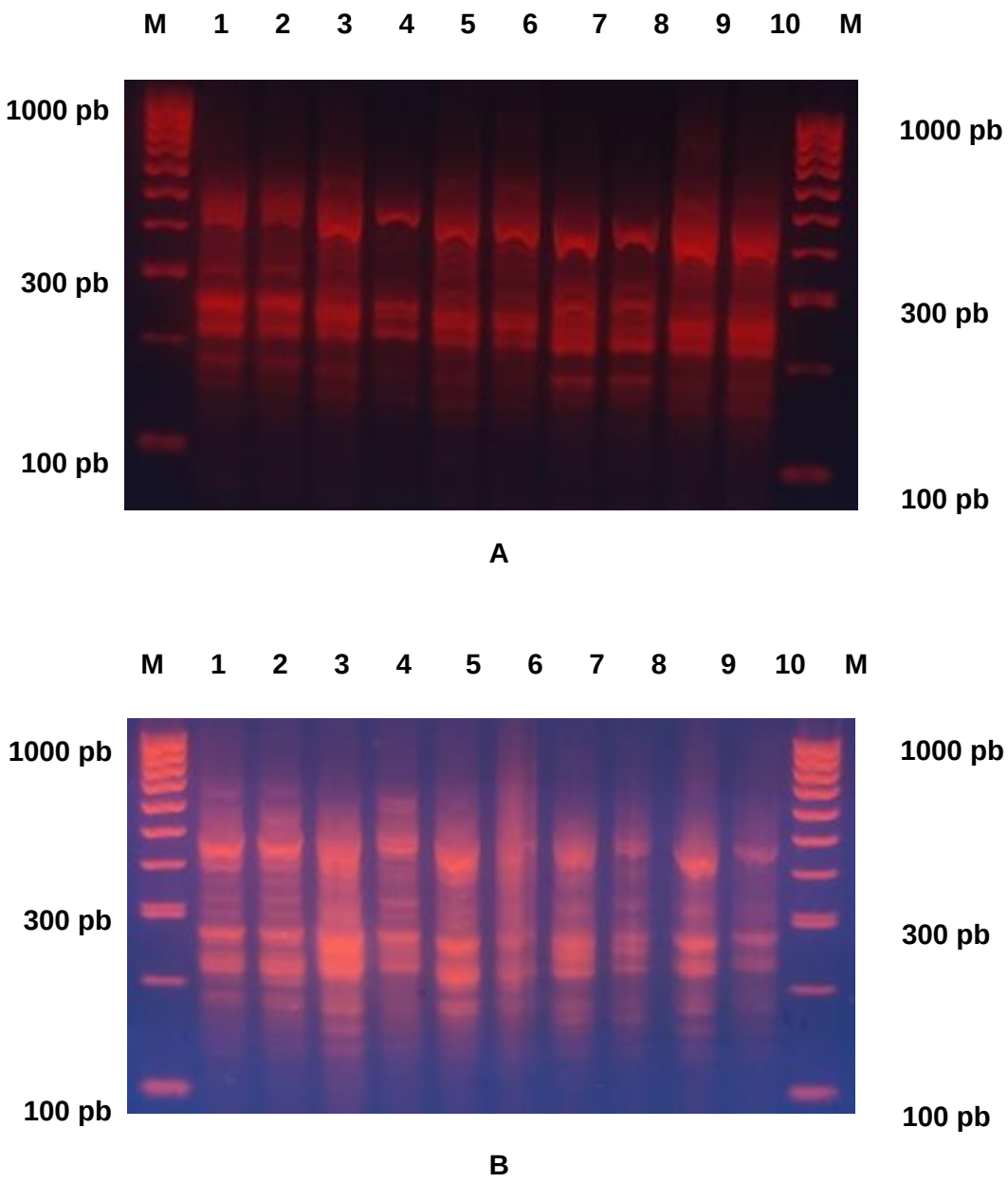


Figura 1. Amplificación de fragmentos del genoma de patrones de cítricos mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA. A. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Koethan Sweet; Carril 3 y 4: Citrange Morton; Carriles 5 y 6: Naranjo Chinotto; Carriles 7 y 8: Mandarina Cleopatra; Carriles 9 y 10: Naranjo Agrio. B. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Citrange Carrizo, Carriles 3 y 4: Tangelo Sunshine; Carriles 5 y 6: Carrizo Troyer; Carriles 7 y 8: Citrus taiwanica; Carriles 9 y 10: Limón rugoso.

Conocer de manera inequívoca la identidad genética de cualquier material es de suma importancia tanto en el mejoramiento como en su producción comercial, específicamente en la mejora de los cítricos no hay que olvidar que se requiere atender a dos partes genéticamente distintas: la variedad y el patrón o portainjerto. Esto es así porque los cítricos se cultivan en una combinación compuesta por la variedad, que produce frutos, y el patrón, que se adapta al suelo y a los requerimientos ambientales del área en donde se desarrolla (Talón *et al*., 2005). Por lo tanto, si se considera que un material de cítrico en específico al ser utilizado como patrón, permite la producción comercial económicamente sustentable en una región con características muy particulares o que proporciona tolerancia o resistencia a alguna enfermedad de gran relevancia, es imprescindible que dicho material utilizado para cubrir las necesidades de plantas sea el correcto y de esta manera, evitar pérdidas económicas muy considerable a los productores.

CONCLUSIONES

La técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) fue eficiente para la identificación genotípica de 10 materiales de cítricos utilizados como portainjertos, y se determinó la diferencia existente entre las réplicas de tres de estos materiales conservadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán. Esta información es de gran relevancia, particularmente ya que se pretende incorporar los materiales en estudio a programas de mejoramiento genético y continuar con su utilización en trabajos de combinación de patrones y variedades para su mejor adaptación a diferentes condiciones edáficas y ambientales.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of Phytoplasma sp. in different plant species in México. 2001. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 1-9.

Castle, W.S., Tucker, D.P.H., Krezdorn, A.H. and Youtsey, C.O. 1993. Rootstocks for Florida citrus. Rootstock selection: The first step to success. Circular SP-42. Univ. Florida. IFAS. Gainesville. Florida. 92 pages.

Davies, F.S. and Albrigo, L.G. 1994. Citrus. CAB International. Great Britain. 254 págs.

Gallegos, C. J.E., Enríquez, V. A.L., Caicedo, A.A., Posso, T. A.M., Muñoz, F. J.E. 2017. Diversidad genética en patrones de cítricos mediante microsatélites amplificados

al azar (RAMs). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 15(1): 85-94.

González, Á., Guillén, D., Alia, I., López, V., Juárez, P., Bárcenas, D. 2020. Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11(5): 1123-1134.

Hynniewta, M., Kumar, M.S., Rama, R.S. 2014. Genetic diversity and phylogenetic analysis of *Citrus* (L) from northeast India as revealed by meiosis, and molecular analysis of internal transcribed spacer region of rDNA. Meta Gene 2: 237–251.

Orduz, R.J.O and Mateus, C.D.M. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia [online]. Disponible: http://hdl.handle.net/10567/561.

Padrón-Chávez, J.E. and Rocha, P.M.A. 2008a. Cultivares y portainjertos de cítricos. En: Rocha-Peña, M.A., y Padrón-Chávez, J.E. (Editores). 2008. El cultivo de los cítricos en el Estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León. México. 563 p.

Padrón-Chávez, J.E., and Rocha, P.M.A., 2008b. Patrones cítricos para Nuevo León. Folleto Técnico No. 9. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León. México. 29 pp.

Rivera, S., Perales, A., Del Valle, M., Caamal, I. 2020. Panorama de la producción y comercialización de naranja en México. Agro productividad 13 (7): 9-14.

Talón, M. Carrillo, J.A., Cercós, M., Colmenero–Flores, J.M., Conesa, A., Iglesias, D.J., Tadeo, F.R. y Terol, J. 2005. Fundamentos y aplicaciones posibles de la genómica de cítricos. Todo citrus No. 31: 5-20.

Wu, G.A., Terol, J., Ibanez, V., López, G.A., Pérez, R.E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F.R., Carbonell, C.J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Mikeal, L., Roose, M.L., Dopazo, J., Gmitter, Jr. F.G., Rokhsar, D.S., Talon, M. 2018. Genomics of the origin and evolution of Citrus. Nature 554: 311-316. doi:10.1038/nature25447.

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE MANDARINA MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)

GENOTYPICAL IDENTIFICATION OF MANDARIN ACCESSIONS USING RANDOM AMPLIFIED MICROSATELITES (RAMs)

Isidro Humberto Almeyda León[1]*, Ángel Ismael Narváez Rodríguez[2], María Genoveva Álvarez Ojeda[3], Raúl Rodríguez Guerra[1]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. [2]Profesional independiente. [3]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

Los cítricos se producen en zonas subtropicales y tropicales, sus frutas son consumidas por millones de personas en el mundo. En México, la mandarina es la segunda especie cítrica dulce de mayor importancia cultivada, los principales estados productores son: Veracruz con más de 149 mil toneladas, Puebla con más de 55 mil toneladas y Nuevo León con más de 52 mil toneladas, y el valor anual de su producción se estima en $813,495.96. El objetivo de este trabajo fue identificar genéticamente mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), las accesiones de mandarina (*Citrus reticulata* L.) resguardadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP en el Campo Experimental General Terán. Se colectaron 17 accesiones (dos réplicas por accesión establecidas bajo condiciones de invernadero). La identificación genética se realizó con la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA, el cual, se seleccionó debido a que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos. Se pudo constatar la identidad genética de las dos réplicas en 12 accesiones, sin embargo, se encontraron diferencias entre las dos réplicas de las variedades Lee (Clementina x Orlando), Algerian, Dweet (tangor), Clementina Monreal y Nova (Clementina x Orlando). Estos resultados, permiten inferir la posibilidad de que las diferencias registradas entre las réplicas de estas tres accesiones pueden ser debidas al fenómeno de la mutación, característica que puede ser utilizada en programas de mejoramiento genético para generar nuevas variedades de interés comercial.

Palabras clave: Mandarina, Accesiones, Identificación genética

ABSTRACT

Citrus are produced in subtropical and tropical zones; millions of people in the world consume their fruits. In Mexico, the mandarin is the second most important sweet citrus species cultivated, the main producing states are: Veracruz with more than 149 thousand tons, Puebla with more than 55 thousand tons and Nuevo León with more than 52 thousand tons, and the annual value of its production is estimated at $813,495.96. The objective of this work was to genetically identify, using the Random Amplified Microsatellites (RAMs) technique, the mandarin (*Citrus reticulata* L.) accessions stored in the INIFAP Citrus Germplasm Bank at the General Terán Experimental Field. Seventeen accessions (two replicates per accession established under greenhouse conditions) were collected. Genetic identification was performed with the Random Amplified Microsatellites (RAMs) technique, using the CA primer, which was selected because it can generate up to 26 polymorphic fragments. It was possible to verify the genetic identity of the two replicas in 12 accessions, however, differences were found between the two replicas of the varieties Lee (Clementina x Orlando), Algerian, Dweet (tangor), Clementina Monreal and Nova (Clementina x Orlando). These results allow us to infer the possibility that the differences recorded between the replicates of these three accessions may be due to the phenomenon of mutation, a characteristic that can be used in breeding programs to generate new varieties of commercial interest.

Key words: Mandarin, Accessions, Genetic identification

INTRODUCCIÓN

La citricultura representa un segmento económico muy importante en la agricultura mexicana, ya que genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares (González *et al*., 2020). En los últimos años, la superficie cultivada con cítricos en el país se ha incrementado en 8 % al registrarse 620,000 ha en 2021 con respecto a las 569,914 ha existentes en 2010. En México se siembran 21 mil 675 hectáreas de mandarina en 19 estados, lo que da como resultado una producción de 300 mil 065 toneladas de mandarina, teniendo como principales estados productores a: Veracruz con más de 149 mil toneladas, Puebla con más de 55 mil toneladas y Nuevo León con más de 52 mil toneladas El valor anual de la producción de mandarina se estima en $813,495.96 (SADER, 2022). No es claro el origen de la mandarina, se consideran nativa del suroeste de China, aunque otros afirman que procede de países del sureste asiático como Laos o Filipinas. El cultivo se extendió al

resto del sureste asiático y en el siglo X ya se cultivaba en el Japón. Cuando la mandarina llega a Europa fue por el inglés Abraham Hume quien importó de China dos variedades de mandarino. El nombre de la especie cítrica alude al color de los trajes que utilizaban los mandarines, altos gobernantes de la antigua China (Wu *et al*.,2018). La mandarina ha evolucionado desde su ancestro milenario en el sudeste asiático, actualmente existen tres variedades principales: 1. Clementinas, las frutas que conocemos y típicas de la época decembrina, 2. Híbridas, creadas de la mezcla con otros cítricos, 3. Satsumas, frutas japonesas más delicadas y con gran cantidad de jugo (Wu *et al*., 2018). La evolución que han tenido los cítricos a lo largo de su historia es sorprendente. El mejoramiento de este cultivo, como de las especies leñosas en particular, exige un esfuerzo y riesgos extras, considerando que los resultados de innovaciones no son de visibilidad inmediata. Gracias a las nuevas tecnologías, esta espera e incertidumbres han disminuido, aunque también han surgido otros nuevos obstáculos por sortear. Entre ellos se pueden mencionar los asociados al ya inminente cambio climático que genera un panorama desconocido e incierto en cuanto al escenario en el que se deberá desarrollar el cultivo, así como también la percepción pública, el marco regulatorio y, muchas veces los precios bajos y costos elevados que han puesto en crisis a la industria a nivel mundial. Es por ello la importancia de la implementación de tecnologías que permitan incrementar la eficiencia productiva del cultivo y que aseguren su continuidad, no sólo por el valor nutricional e industrial del producto, sino también por la importancia social, ya que la citricultura moviliza una gran cantidad de actividades paralelas que son el sustento de muchas economías regionales y nacionales (Gómez *et al*., 2020). Cuando se tiene el interés de comenzar con un programa de mejoramiento genético con los materiales sobresalientes, surge la necesidad de generar información sobre el valor genético de los bancos de germoplasma y de las colecciones de trabajo, razón por la cual, se requiere una identificación genética que permita identificar duplicados, detectar genes de interés para después asociarlos con sus características agronómicas y generar información que represente la diversidad genética y maximice los recursos para conservarlos y utilizarlos (Martínez, 2013). La caracterización de los bancos de germoplasma y el mejoramiento de diferentes especies de *Citrus* no ha sido tan exitoso como el obtenido en programas de mejoramiento de cultivos anuales, debido principalmente a las características relacionadas con la biología reproductiva de estas especies, por ejemplo, alta fertilidad interespecífica, reproducción apomíctica, poliembrionía, casos numerosos de esterilidad, ínter y autocompatibilidad, heterocigosis elevada, una fase juvenil prolongada y la escasez de marcadores de ADN polimórficos (Ganopoulos *et al*., 2015).

Las Secuencias Simples Repetidas (SSR), se consideran marcadores ideales para la discriminación de genotipos; éstos en su modalidad de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) son útiles para medir la diversidad genética en plantas y animales, con poder discriminatorio entre familias y especies e igualmente de manera intraespecífica. Esta técnica ha sido un instrumento valioso y preciso para la evaluación de la diversidad genética en cítricos y géneros relacionados (Hynniewta, *et al*., 2014). El objetivo del estudio fue identificar genéticamente mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), las accesiones de mandarina (*Citrus reticulata* L.) resguardadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP en el Campo Experimental General Terán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron hojas sanas de 17 accesiones de mandarina conservadas en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental General Terán (Cuadro 1). La extracción del ADN se realizó utilizando la metodología del CTAB modificada por Almeyda *et al*. (1981). La identificación genética se realizó mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), inicialmente se evaluaron 6 iniciadores y finalmente se seleccionó el iniciador CA (5´-DBDACACACACACACACA-3´) con base a que todas las muestras previamente evaluadas amplificaron y que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos (Gallegos *et al*., 2017). Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador (BioRad Thermal Cicler), las cuales, fueron preparadas en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer de PCR (1X), $MgCl_2$ (4.0 mM), dNTP´s (0.2 mM), Iniciador CA (0.4 µM), Taq™ DNA-polimerasa (1 U) y ADN (50 ng). El programa de amplificación utilizado en él termociclador fue: Un ciclo a 95 ^{o}C por 5 min, 35 ciclos a 94 ^{o}C por 30 seg, 50 ^{o}C por 30 seg, 72 ^{o}C por 2 min y un ciclo final a 72 ^{o}C por 10 min. Los fragmentos amplificados en las reacciones de PCR se fraccionaron en geles de agarosa al 3 % durante una hora treinta minutos a 100 V. Los geles fueron teñidos con el colorante GelRed® y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

Cuadro 1. Accesiones de mandarina conservadas bajo condiciones de invernadero en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán (CEGET).

No. de accesión	Variedad o Nombre Común	No. de árbol	Condición
18	Lee (Clementina x Orlando)	1	Invernadero
18	Lee (Clementina x Orlando)	2	Invernadero
19	Frua	1	Invernadero
19	Frua	2	Invernadero
20	Algerian	1	Invernadero
20	Algerian	2	Invernadero
21	Dweet (tangor)	1	Invernadero
21	Dweet (tangor)	2	Invernadero
22	Ortanique (tangor)	1	Invernadero
22	Ortanique (tangor)	2	Invernadero
24	Murcott (tangor)	1	Invernadero
24	Murcott (tangor)	2	Invernadero
43	Clementine O.L.	1	Invernadero
43	Clementine O.L.	2	Invernadero
44	Minneola Nuc. (Duncan x Dancy)	1	Invernadero
44	Minneola Nuc. (Duncan x Dancy)	2	Invernadero
45	Fairchild (Clementina x Orlando)	1	Invernadero
45	Fairchild (Clementina x Orlando)	2	Invernadero
46	Orlando (Duncan x Dancy)	1	Invernadero
46	Orlando (Duncan x Dancy)	2	Invernadero
47	Dancy Frost	1	Invernadero
47	Dancy Frost	2	Invernadero
71	Encore (mandarina común x King)	1	Invernadero
71	Encore (mandarina común x King)	2	Invernadero
72	Clementina Monreal	1	Invernadero
72	Clementina Monreal	2	Invernadero
76	Nova (Clementina x Orlando)	1	Invernadero
76	Nova (Clementina x Orlando)	2	Invernadero
77	Ellendale (tangor)	1	Invernadero
77	Ellendale (tangor)	2	Invernadero
78	Satsuma Owari	1	Invernadero
78	Satsuma Owari	2	Invernadero
79	Clemenules	1	Invernadero
79	Clemenules	2	Invernadero

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de RAMs utilizada, permitió establecer de manera consistente la identidad, así como la diferencia existente entre las dos réplicas de 17 accesiones de mandarina evaluadas en este trabajo. La identidad entre las dos réplicas se corroboró para 12 de las 17 accesiones evaluadas. Sin embargo, en el caso de las dos réplicas de las accesiones correspondientes a las variedades Lee (Clementina x Orlando), Algerian, Dweet (tangor), Clementina Monreal y Nova (Clementina x Orlando), se detectaron diferencias en el perfil electroforético (Figura 1A-1 y 1A-2; 1A-5 y 1A-6; 1A-7 y 1A-8, 1C1 y 1C2; 1C3 y 1C4).

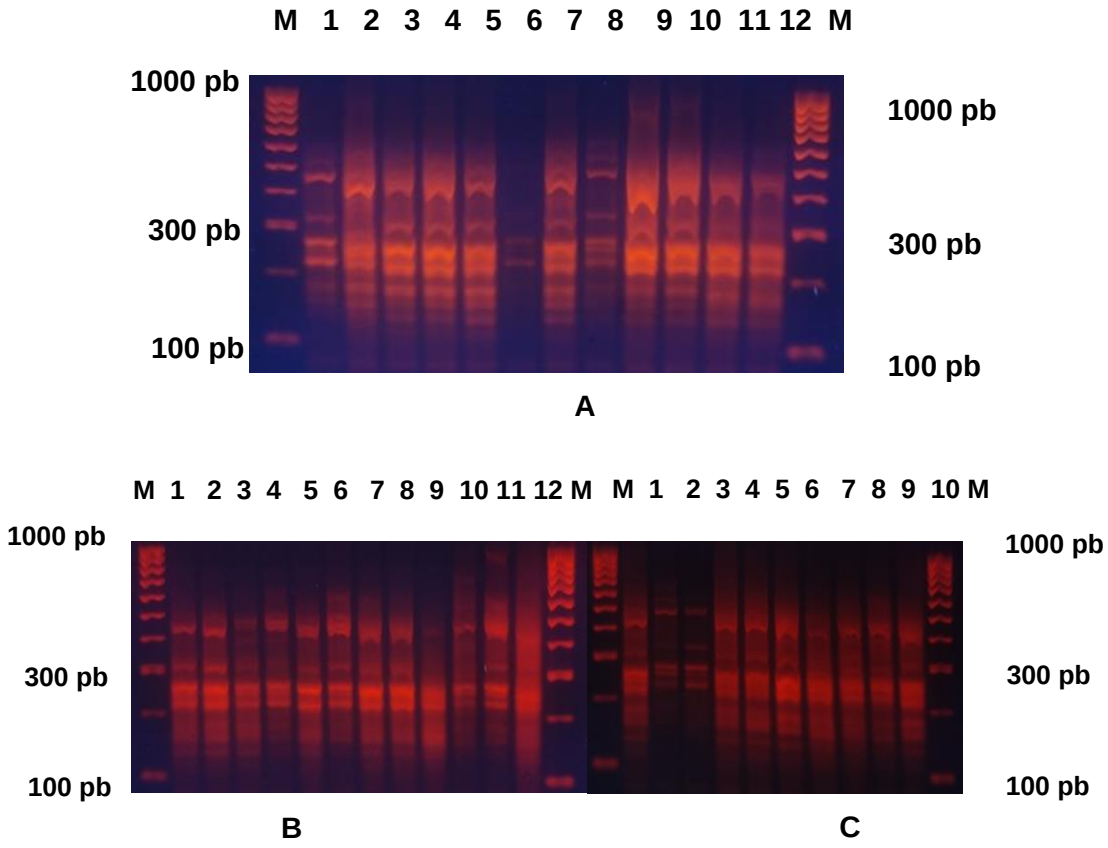


Figura 1. Amplificación de fragmentos del genoma de variedades de mandarina mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA. A. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Variedad Lee (Clementina x Orlando); Carril 3 y 4: Variedad Frua; Carriles 5 y 6: Variedad Algerian; Carriles 7 y 8: Dweet (tangor); Carriles 9 y 10: Ortanique (tangor); Carriles 11 y 12: Murcott (tangor). B. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Clementine O.L.; Carriles 3 y 4: Minneola Nuc (Duncan x Dancy); Carriles 5 y 6: Fairchild

(Clementina x Orlando); Carriles 7 y 8: Orlando (Duncan x Dancy); Carrilles 9 y 10: Dancy Frost; Carriles 11 y 12: Encore (Mandarino común x King). C. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Clementine Monreal; carriles 3 y 4: Nova (Clementina x Orlando); Carriles 5 y 6: Ellendale (tangor); Carriles 7 y 8: Satsuma Owari; Carriles 9 y 10: Clemenules.

La diferencia encontrada en el perfil electroforético entre las dos réplicas de cinco de las 17 variedades de mandarina evaluadas, nos permite inferir que dichas réplicas corresponden a germoplasma diferente, y/o que es factible que las diferencias registradas puedan deberse a factores externos que modificaron la estructura genética de estas variedades. La citada modificación puede estar asociada al evento conocido como mutación, el cual, ocasiona cambios o modificaciones en la secuencia genómica de los organismos vivos y dichos cambios ocurren por errores en la división celular o exposición a ciertas condiciones del medio ambiente. Esto no es raro, ya que la mayoría de los genotipos comerciales que se conocen en la actualidad de *C. sinensis, C. paradisi y C. limón*, no constituyen especies biológicamente definidas ya que muchos cultivares dentro de cada grupo se originaron a partir de mutaciones somáticas Gómez *et al*., 2020). Bajo este precepto, en el mundo existen más de nueve millones de hectáreas plantadas con cítricos y todas las especies comestibles como las mandarinas, naranjas, pomelos y limones recurren a la apomixis, una característica excepcional en el reino vegetal, cuyo origen fue una mutación de hace 1,6 millones de años, y que pasó de especie a especie (Wu *et al.,* 2018). Otro aspecto importante a considerar es la condición ambiental a la que están expuestas las especies perennes como es el caso de los cítricos, bajo este contexto eventualmente se han registrado diferencias morfológicas o de madurez entre frutos de un mismo árbol y dichas variaciones se han asociado a mutaciones debido a la radiación, y a partir del material que presenta diferencias con el árbol madre se han generado nuevas variedades con características de interés agronómico o comercial. De esta manera, la historia registra descubrimientos casuales como el de la mandarina clementina (*Citrus clementina* Hort. Ex Tan.), una hibridación natural descubierta por el francés Clement Rodier a comienzos del siglo XX. Posteriormente, en 1953, a partir de una mutación espontánea ocurrida en un árbol de *C. clementina*, surgieron las clemenules, una de las variedades de mandarina más consumidas en España (Cubillo, 2013). La diversificación de la naranja dulce también es consecuencia de la ocurrencia de mutaciones de brotes somáticos (Aubert, 2001). Los resultados obtenidos en este estudio con la técnica de RAM´s, nos ha permitido determinar diferencias entre y dentro de las accesiones de mandarina, lo cual, indudablemente refleja

diversidad genética entre estos materiales que podría ser aprovechada y utilizada en programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

La técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) fue eficiente para la identificación genotípica de 17 variedades, así como la diferencia existente entre las réplicas de cinco variedades de mandarina conservadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, esta información puede ser utilizada para estudios y apoyo a programas de mejoramiento genético de esta especie.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of Phytoplasma sp. in different plant species in México. 2001. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 1-9.

Aubert, B. 2001. Genèse et développement de la culture des agrumes et patrimoine génétique méditerranéens de l'histoire naturelle des orangers. Dans la réédition de l'Histoire Naturelle des Orangers- Risseau et Poiteau, tome 2. Connaissance et mémoires éditeur, Francia.

Cubillo, M.T. 2013. Genómica en cítricos. Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos 415: 19-22.

Gallegos, C. J.E., Enríquez, V. A.L., Caicedo, A.A., Posso, T. A.M., Muñoz, F. J.E. 2017. Diversidad genética en patrones de cítricos mediante microsatélites amplificados al azar (RAMs). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 15(1): 85-94.

Ganopoulos, I., Xanthopoulou, A., Mastrogianni, A., Drouzas, A., Kalivas, A., Bletsos, F., Krommydas, K., Ralli, P., Tsaftaris, A., Madesis, P. 2015. High Resolution Melting (HRM) analysis in eggplant (*Solanum melongena* L.): A tool for microsatellite genotyping and molecular characterization of a Greek Genebank collection. Biochemical Systematics and Ecology 58: 64-71.

Gómez, L.R., Sendín, L.S., Ledesma, V.A., Romero, L.A., Filippone, M.P. 2020. Mejoramiento genético de los cítricos: Millones de años de evolución. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 40(2): 71-90.

González, Á., Guillén, D., Alia, I., López, V., Juárez, P., Bárcenas, D. 2020. Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11(5): 1123-1134.

Hynniewta, M., Kumar, M.S., Rama, R.S. 2014. Genetic diversity and phylogenetic analysis of *Citrus* (L) from northeast India as revealed by meiosis, and molecular analysis of internal transcribed spacer region of rDNA. Meta Gene 2: 237–251.

Martínez, M.F. 2013. Caracterización molecular de genotipos de mandarinas *Citrus* spp. mediante marcadores RAM´s (Microsatélites Amplificados al Azar) y microsatélites. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas con especialidad en Biotecnología Vegetal. Universidad Nacional De Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 127 Págs.

SADER. 2022. Mandarina, fruto que alegra la vida. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mandarina.

Wu, G.A., Terol, J., Ibanez, V., López, G.A., Pérez, R.E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F.R., Carbonell, C.J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Mikeal, L., Roose, M.L., Dopazo, J., Gmitter, Jr. F.G., Rokhsar, D.S., Talon, M. 2018. Genomics of the origin and evolution of Citrus. Nature 554: 311-316. doi:10.1038/nature25447.

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL NEGRO BRILLANTE SOBRESALIENTES EN RENDIMIENTO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL

[1]Cid- Ríos J. A; [1]Reveles-Hernández M.; [1]Ramírez-Cabral N. Y. Z.; [1]Figueroa-González J. J. y [2]Velasquez-Valle R.

[1]Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel. 018000882222 Ext 823202. [2]Campo Experimental Pabellón de Arteaga INIFAP, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671. Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Dentro de las principales limitantes para la producción del cultivo de frijol es la escasa precipitación, y la disponibilidad de materiales tolerantes a sequía. El objetivo de este trabajo fue la identificación de líneas de frijol negro brillante sobresalientes en peso de cien semillas y el rendimiento por hectáreas bajo condiciones de temporal. Se evaluaron bajo condiciones de temporal 21 líneas de frijol negro brillante provenientes de un vivero de observación, las cuales fueron establecidas bajo un diseño látice 7 x 3, con tres repeticiones. Los resultados indican que la línea 107 fue la de mayor peso de cien semillas con 32 g, en segundo lugar, la línea 73 con 30 g, mismas que superan en 25 y 20 por ciento el peso de grano respecto al testigo Negro San Luis. Además, se encontraron 13 líneas superiores en rendimiento respecto al testigo, sin embargo, las líneas 107, 73, 11, 191, 152 y 6 el rendimiento es superior de un 30 a 20 por ciento por encima del testigo y estas mismas líneas son las de mayor peso de grano. Por lo que pueden ser consideradas en los próximos programas de mejoramiento genético, para obtener materiales con mayor adaptabilidad y tolerancia a sequía.

Palabras clave: Sequia, adaptación, frijol, rendimiento

ABSTRACT

Inside the main limitations for the production of the bean crop is the low rainfall, and the availability of drought-tolerant materials. The objective of this work was the identification of outstanding brilliant black bean lines in weight of one hundred seeds and yield per hectare under rainfed conditions. Twenty-one shiny black bean lines from an observation nursery were evaluated under rainfed conditions, which were established under a 7 x 3 lattice design,

with three replicates. The results indicate that line 107 was the one with the highest weight of one hundred seeds with 32 g, in second place, line 73 with 30 g, which exceeds the grain weight by 25 and 20 percent compared to the control Negro San Luis. In addition, 13 lines were found to be superior in performance compared to the control, however, lines 107, 73, 11, 191, 152 and 6 yield is 30 to 20 percent higher than the control and these same lines are the higher grain weight. Therefore, they can be considered in the next genetic improvement programs, to obtain materials with greater adaptability and tolerance to drought.

Key words: Drought, adaptation, bean, yield

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol es considerado como una de las leguminosas más importantes para el consumo humano. La producción de esta leguminosa abarca varias áreas y climas muy diversos en alrededores del mundo. América Latina, en particular, es una de las zonas de mayor producción y consumo, estimándose que el 30% de la producción total mundial proviene de esta gran área. El frijol es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial, ya que se encuentra distribuido en cinco continentes, y es parte importante en la dieta diaria en Centroamérica y Sudamérica. Esta leguminosa importante por sus propiedades nutritivas y alto contenido proteico (Ulloa *et al.,* 2011). El cultivo de frijol se produce en sistemas, ambientes y regiones muy diversos alrededores del mundo. En México, frijol es considerado como estratégico para el desarrollo rural y social del país, ya que representa funciones socio económicas, alimenticia y productivas para las personas en el país (Cid *et al,* 2014). Sin embargo, dentro de la principal limitante con la que se cuenta para la producción de frijol, es la escasa y erradicas precipitación, sumado a esto la falta de selección de materiales adaptados a la región limitan el rendimiento (Villar *et al.,* 2003). La búsqueda de materiales de mayor tolerancia a sequía se ha considerado como la estrategia principal para evitar el bajo rendimiento de frijol por falta de humedad bajo condiciones de temporal (Domínguez *et al.,* 2019). El rendimiento por hectárea es el principal criterio de selección de germoplasma que se evalúa bajo concisiones de temporal, dado que la falta de humedad en la etapa de floración afecta considerablemente el número de vainas y granos por vaina, por consecuente la producción (Ramírez y Kelly, 1998). Así mismo el tamaño de grano y el rendimiento son afectados considerablemente cuando se presenta alto déficit de humedad e incluso se acelera la fisiología de la planta. Sin embargo, bajo

estas condiciones se puede identificar cuales de los genotipos presentan mayor tolerancia a sequia (López *et al.,* 2008). Por lo que el objetivo de este trabajo fue la identificación de líneas de frijol negro brillante sobresalientes en peso de cien semillas y el rendimiento por hectáreas bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el kilómetro 24.5 de la carretera Zacatecas–Fresnillo, en el Municipio de Calera de Víctor Rosales, cuyas coordenadas y altura son 22°54´ 31´´ de latitud norte y 102 ° 39´ 34´´ de longitud oeste y 2198 metros sobre el nivel del mar. Se realizó la evaluación de 21 líneas de frijol negro brillante provenientes de un vivero de observación del Campo Experimental Zacatecas, las cuales fueron establecidos bajo un diseño de bloques incompletos látice rectangular 7 x 3 en el cual fue incluido el testigo regional Negro San Luis en tres repeticiones bajo condiciones de temporal, donde la unidad experimental consto de cinco metros lineales, con 10 cm entre plantas y 0.76 m entre surcos.

Previo al establecimiento del experimento se presentaron 48.0 mm de precipitación en los primeros dos días del mes de julio, mismos que se aprovecharon para el establecimiento del experimento. A los 120 días después de la siembra se realizó la cosecha de cada una de las líneas. Las muestras se desgranaron manualmente, donde se determinó de cada línea y repetición el peso de cien semillas y el rendimiento por hectárea. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo se presentaron 208 mm de los cuales el 73.25 por ciento se presentaron en la etapa vegetativa y 11.41 por ciento en la etapa de floración y 15.34 por ciento en llenado de grano. En el Cuadro 1, se muestran las diferencias altamente significativas para para peso de cien semillas entre líneas (P=0.009), en la comparación de medias por el método Duncan al nivel de significancia al α=0.05 se observó que la línea 107 fue la de mayor peso con 32 g, en segundo lugar, la línea 73 con 30 g, mismas que superan en peso en 25 y 20 por ciento al testigo Negro San Luis, la línea de inferior peso fue la 99 con 15 g por cien semillas. Según (Beebe *et al.,* 2008) señalan que la adaptación de las líneas de frijol bajo condiciones de temporal puede influir en el tamaño de semilla de materiales de frijol negro, el cual fluctuar entre los 18 a 22 g por cien semillas.

Cuadro 1. Comparación de medias para peso de cien semillas de 21 líneas de frijol negro brillante bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano 2022, en Calera, Zacatecas.

Línea	Media (g)		Línea	Media (g)		Línea	Media (g)	
107	32	a	62	24	abcdef	94	21	bcdef
73	30	ab	127	23	abcdef	33	21	bcdef
11	29	abc	170	22	bcdef	68	20	cdef
191	26	abcde	82	22	bcdef	7	19	cdef
52	25	abcde	49	22	bcdef	138	18	edf
6	25	abcde	115	22	bcdef	84	16	ef
*NSL	24	abcdef	153	21	bcdef	99	15	f

C.V. 20.64

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. *=Testigo Negro Brillante

En el Cuadro 2, se muestran las diferencias significativas para rendimiento por hectárea entre líneas (P=0.042), en la comparación de medias se puede apreciar que 13 líneas superaron en rendimiento por hectárea al testigo Negro San Luis. Siendo la línea 73 la que mostró el mayor rendimiento por hectárea con 1,772 kg ha-^{1}, seguido de la línea 107 con 1,756 kg ha-^{1} superando en 29.96 y 29.32 por ciento más de rendimiento respecto al testigo. Según (Beebe *et al.,* 2008) señalan que la identificación de líneas de frijol sobresalientes en rendimiento bajo condiciones de temporal permitirá utilizar estas líneas en los programas de mejoramiento genético, dado que se ha demostrado la cruza entre materiales de con alta tolerancia a sequía permite incrementar el tamaño de grano y el rendimiento de grano bajo sequía normal. Acosta-Gallegos & Adams 1997, señalan que el rendimiento de grano él es criterio más apropiado para la selección de líneas con tolerancia a sequía.

Cuadro 2. Comparación de medias para rendimiento por hectárea (REND), de 21 líneas de frijol negro brillante bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano 2022, en Calera, Zacatecas.

Línea	REND (kg ha-1)		Línea	REND (kg ha-1)		Línea	REND (kg ha-1)	
73	1.772	a	6	1.372	abcd	7	1.224	abcd
107	1.756	a	153	1.341	abcd	49	1.009	abcd
191	1.686	ab	11	1.317	abcd	33	0.962	bcd
115	1.529	abc	62	1.299	abcd	170	0.951	bcd
82	1.489	abcd	52	1.291	abcd	94	0.946	bcd
127	1.407	abcd	84	1.287	abcd	138	0.747	cd
99	1.403	abcd	*NSL	1.241	abcd	68	0.708	d

C.V. 30.66 Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. *=Testigo Negro Brillante

Las líneas 107, 73, 11, 191, 152 y 6 fueron las que mostraron el mayor peso de cien semillas y estas mismas líneas coinciden como las de mayor rendimiento, por lo que el comportamiento pudiera atribuirse a la capacidad de tolerancia a sequía que poseen las líneas, por lo que pueden ser consideradas en futuros programas de mejoramiento genético para mejorar la calidad comercial, rendimiento y mayor tolerancia a sequía.

CONCLUSIONES

Se identificaron seis las líneas sobresalientes para peso de cien semillas y rendimiento de frijol bajo condiciones de temporal, sin embargo, es necesaria la evaluación de estas líneas en diferentes ambientes y localidades para observar la estabilidad y rendimiento de las mismas.

REFERENCIAS

Acosta-Gallegos, J.A., and M.W. Adams. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (Phaseolus vulgaris) cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. 117:213–219.

Beebe, S.E., Rao I. M., Cajiao C. y Grajales M. (2008). Selection for drought resistance in common bean also improves yield in favorable and phosphorus-limited environments. *Ciencia de cultivos. 48*: 582-592.

Cid R, J. A.; Reveles H, M.; Herrera M. D. y Acosta G, J. A. 2014. Nuevas variedades de frijol para el estado de Zacatecas. Folleto Técnico No. 57. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 35 p.

Domínguez S. A., Darias R. R., Yordanys Martínez D. Y. and Negrín E. A. 2019. Tolerance of common bean varieties (Phaseolus vulgaris) to eld drought conditions. Centro Agrícola. 46:22-29

López S. E., Tosquy V. O. H., Francisco J. Ugalde A. F. J. y Acosta G. J. A. 2008. Yield and drought stress tolerance of black bean genotypes in the state of Veracruz. Rev. Fitotec. Mex. 31: 35 – 39

Ramírez V. P. y Kelly J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica. 99: 127-136

Ulloa J. A., Rosas U. P., Ramírez R. J. C. y Ulloa R. B. E. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fotoquímicos. Revista Fuente. 8: 5-9

Villar S., B.; López S., E. y Acosta G., J. A. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. Revista Fitotecnia Mexicana. 26: 109-114

IMPACTO DEL ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS EN LA VIABILIDAD Y VIGOR DE *Capsicum chinense*

Basto-Pool Carolina Isabel[1*], Hernández-Pinto Carlos David[2]

[1]Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México.

[2]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico S/N, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: carolinabasto93@gmail.com

RESUMEN

El chile habanero es un cultivo rentable y de importancia culinaria en México. Sin embargo, uno de sus principales problemas es que sus semillas pierden viabilidad en periodos relativamente cortos, esto se atribuye a diversos factores, como el estado de madurez del fruto, el proceso de extracción y la selección de las semillas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue identificar la etapa de madurez del fruto más apropiada para obtener semillas de mayor calidad y determinar si el tiempo de almacenamiento afecta los parámetros de germinación y emergencia. Se establecieron plántulas de chile habanero, se marcaron flores en antesis para determinar el momento exacto de cosecha de los frutos, se cosecharon frutos en tres diferentes estados de madurez (verdes: 28 dpa, pintos: 35 dpa y maduros: 40 dpa), las semillas se extrajeron manualmente y se seleccionaron por flotación, se desinfectaron con cloro al 2% durante tres minutos y se secaron hasta alcanzar una humedad del 6 al 12%. Se evaluó el contenido de humedad, la germinación, la emergencia y la conductividad eléctrica. En las semillas de frutos P y M la CE disminuyó un 50 % e incrementó la germinación y la emergencia de plántulas en un 60 y 70 % respectivamente. En la mayoría de las variables las semillas cosechadas de frutos pintos y maduros tuvieron valores muy similares, por lo que cosechar frutos maduros permite obtener semillas de mejor calidad con mayor viabilidad y vigor.

Palabras clave: *Germinación, emergencia, conductividad eléctrica, Capsicum chinense Jacq.*

ABSTRACT

The habanero pepper is an ecnomomic crop and of culinary importance in Mexico. However, one of its main problems is that its seeds lose viability in relatively short periods, this is attributed to various factors, such as the state of maturity of the fruit, the extraction process and the selection of the seeds. Therefore, the objective of this work was to identify the most appropriate stage of fruit maturity to obtain higher quality seeds and to determine if storage time affects germination and emergence parameters. Habanero chili seedlings were established, flowers were marked in anthesis to determine the exact moment of harvest of the fruits, fruits were harvested in three different states of maturity (green: 28 dpa, half-ripe: 35 dpa and ripe: 40 dpa), the seeds were extracted manually and selected by flotation, disinfected with 2% chlorine for three minutes and dried until reaching a humidity of 6 to 12%. Moisture content, germination, emergence and electrical conductivity were evaluated. In the seeds of HR and R fruits, EC decreased by 50 % and increased germination and seedling emergence by 60 and 70 %, respectively. In most of the variables, the seeds harvested from half-ripe and ripe fruits had very similar values, so harvesting ripe fruits allows obtaining better quality seeds with greater viability and vigor.

Keywords: *Germination, emergence, electrical conductivity, Capsicum chinense Jacq.*

INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno de los cultivos de mayor importancia social y económica en la Península de Yucatán, en 2010 el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual otorgó la denominación de origen “Chile habanero de la Península de Yucatán”, lo que genero una mayor demanda tanto de fruto fresco como industrializado. Sin embargo, uno de los problemas de este cultivo reside en la semilla, que presenta problemas de latencia, una característica genética-evolutiva que produce germinación errática y emergencia heterogénea (Garruña *et al*., 2014), atribuido a factores como la madurez del fruto, posición del fruto en la planta, sustancias inhibidoras en la cubierta de la semilla (Randle and Honma, 1981). Otros factores como el proceso de extracción, contenido de humedad y la selección de la semilla, influyen en la calidad fisiológica de la semilla y de las plántulas (Doijode, 2001; Vidigal *et al*., 2009). Algunos estudios en el género *Capsicum* demostraron que la maduración del fruto al momento de extraer la semilla afecta positiva o negativamente la germinación (Zavala *et al*., 2013). Con

base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del almacenamiento de semillas sobre la calidad fisiológica de semillas de chile habanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de semillas

La cosecha se realizó en tres estados de maduración del fruto: a los 28 (frutos verdes), 35 (frutos pintos) y 40 (frutos naranjas) días post-antesis (dpa). Con los frutos cosechados se realizaron las pruebas físicas y fisiológicas a las semillas. Los frutos cosechados se mantuvieron bajo condiciones de temperatura y humedad constante (25°C y 60% HR). Las semillas obtenidas se desinfectaron con cloro al 2% por 3 min y, enseguida, se enjuagaron con agua destilada hasta eliminar el cloro. Posteriormente se dispusieron en bolsas de tela de tul y se dejaron secar bajo sombra hasta que alcanzaron un contenido de humedad de 6 a 10%, como indica el SNICS (2014). A partir de ese momento, las semillas se empacaron en bolsas de polietileno al vacío y se almacenaron en refrigeración a 10°C hasta el momento de la evaluación que consistió a los 2, 6 y 10 meses posteriores.

Medición de variables

El contenido de humedad de la semilla se determinó de acuerdo al ISTA (2004). El porcentaje de germinación, emergencia y las tasas de germinación y emergencia se evaluaron de acuerdo a Hernández-Pinto *et al*. (2020). La conductividad eléctrica (CE) se determinó sumergiendo las semillas en 50 mL de agua destilesionizada a 25 °C, la lectura se realizó a las 24 horas con un conductímetro soil test (EC y Temp).

Análisis de datos

Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Estos análisis se realizaron en el software Statistica 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el contenido de humedad no hubo diferencias estadísticas significativas, las semillas estaban dentro del rango para ser consideradas semillas vivas (10 y 12 % de humedad) (Copeland y McDonald, 2001). La CE de las semillas de los frutos V (80, 70 y 60

µS cm^{-1} g^{-1} de semilla a los 2, 6 y 10 meses de almacenamiento de la semilla) presentó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, mientras que la CE de las semillas de los frutos M fue estadísticamente igual a la CE de los frutos P (Cuadro 1). De acuerdo con Vidigal *et al.,* (2009) y Powell (1986), la CE de las semillas está asociada al flujo de solutos y electrolitos a través de las membranas celulares. En este sentido, valores bajos de CE en las semillas, indican membranas celulares estables con menor flujo de solutos y electrolitos, es decir, semillas que continuaron su maduración y estabilización de sus membranas celulares lo que se traduce en mayor vigor y viabilidad (Días, 2006). Por lo cual, las semillas de furtos P y M fueron más vigorosas.

Cuadro 1. Contenido de humedad (CH) y conductividad eléctrica de semillas de chile habanero obtenidas de frutos verdes (V), pintos (P) y maduros (M) almacenados por 2, 6 y 10 meses.

Tratamiento	**CH**	**2 Meses** (µS cm^{-1} g^{-1})	**6 Meses** (µS cm^{-1} g^{-1})	**10 Meses** (µS cm^{-1} g^{-1})
V	11.0 a	80 a	70 a	60 a
P	10.6 a	40 b	30 b	30 b
M	10.2 a	40 b	40 b	30 b

Los datos son medias. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, p≤0.05).

El ANDEVA mostró diferencias significativas (P≤0.05). Las semillas de los frutos P y M germinaron por arriba del 80%, porcentaje requerido para semillas de chile habanero en cualquiera de sus categorías (SNICS, 2014). En contraste, las semillas de frutos V obtuvieron los porcentajes de germinación más bajos en las evaluaciones realizadas, con valores de 15% a 25% (Cuadro 2) esto pudo deberse a que las semillas no alcanzaron su madures fisiológica. Como lo indica Bradford, (2004) al mencionar que los frutos cosechados en un estado de madurez temprano (verdes) proporcionan semillas de baja calidad con menor germinación. Por otro lado, las semillas de los frutos P y M obtuvieron las tasas de germinación más altas, mientras que las semillas de frutos V tuvieron las tasas más bajas con valores de 0.98, 2.34 y 0.86 semillas germinadas d^{-1} a los 2, 6 y 10 meses, respectivamente (Cuadro 2). En este sentido, Mattews y Khajeh-Hosseini (2006) mencionan que la germinación lenta produce plántulas heterogéneas.

Cuadro 2. Porcentaje y tasa de germinación de semillas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) obtenidas de frutos verdes (V), pintos (P) y maduros (M) almacenados por 1, 7 y 14 días y evaluadas a los 2, 6 y 10 meses.

Tratamiento	Germinación (%) 2 meses	TG2M (semillas germinadas d^{-1})	Germinación (%) 6 meses	TG6M (semillas germinadas d^{-1})	Germinación (%) 10 meses	TG10M (semillas germinadas d^{-1})
V	18 b	0.98 c	25 b	2.34 b	20 b	0.86 b
P	70 a	4.00 b	85 a	11.30 a	83 a	13.74 a
M	80 a	12.08 a	83 a	11.91a	86 a	11.63 a

TG2M: Tasa de germinación 2 meses, TG6M: Tasa de germinación 6 meses, TG10M: Tasa de germinación 10 meses. Los datos son medias. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, p≤0.05).

En el porcentaje de emergencia de plántulas se encontraron diferencias estadísticas significativas (ANDEVA, P≤0.05) en las tres evaluaciones realizadas. Sólo las semillas de frutos M superaron el 80% de la emergencia de la plántula, en los 3 periodos de evaluación. Las semillas del tratamiento V tuvieron el menor porcentaje de emergencia con valores de 8, 0 y 6% a los 2, 6 y 10 meses (Cuadro 3). En cuanto a la velocidad de emergencia evaluada las semillas de frutos M obtuvieron las tasas de emergencia más altas superando estadísticamente a los demás tratamientos. La tasa de emergencia más alta se presentó en el tratamiento M con valores de 12.43, 4.67 y 7.05 plántulas día-1 a los 2, 6 y 10 meses (Cuadro 3). De acuerdo con Demir *et al*., (2008) a mayor tasa de germinación las plántulas son más grandes y homogéneas. Por lo cual, obtener semillas maduras permite obtener un mayor vigor. En este sentido, las semillas son de calidad lo que favorece el mantenimiento de la longevidad y se refleja en la emergencia y la calidad de las plántulas (Doijode, 2001).

Cuadro 3. Porcentaje y tasa de emergencia (plántulas d^{-1}) de semillas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) sembradas a los 2, 6 y 10 meses después de ser extraídas de frutos verdes (V), pintos (P) y maduros (M).

Tratamiento	Emergencia (%) 2 meses	TE2M (plántulas d^{-1})	Emergencia (%) 6 meses	TE6M (plántulas d^{-1})	Emergencia (%) 10 meses	TE10M (plántulas d^{-1})
V	08 c	0.48 c	00 c	00 b	06 b	0.16 c
P	60 b	1.43 b	65 b	4.90 a	70 a	4.30 b

M	79 a	12.43 a	80 a	4.67 a	82 a	7.05 a

TE2M: Tasa de emergencia 2 meses, TE6M: Tasa de emergencia 6 meses, TE10M: Tasa de emergencia 10 meses. Los datos son medias. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, p≤0.05).

CONCLUSIONES

Las semillas obtenidas de frutos verdes presentaron una baja capacidad germinativa y de emergencia atribuido al estado de inmadurez fisiológica de las semillas. Las semillas de frutos pintos y maduros tienen una mayor viabilidad y vigor durante el almacenamiento de semillas. Por lo que cosechar frutos maduros permite obtener semillas de mejor calidad con mayor viabilidad y vigor durante un lapso mayor de tiempo.

REFERENCIAS

Bradford, K. J. (2004). Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, U.S.A. 134 p.

Copeland, L. O. and M. B. McDonald. (2001). Principles of Seed Science and Technology. 4th Ed. Burgues Publishing Company. pp: 122-169

Demir, I., S. Ermis, K. Mavi and S. Matthews (2008). Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Science and Technology 36:21-30

Días, D. C. F. S., F. P. Ribeiro, L. A. S. Días, D. J. H. Silva and D. S. Vidigal. (2006). Tomato seed quality in relation to fruit maturation and postharvest storage. Seed Science and Technology 34:691-699.

Doijode, S. D. (2001). Seed Storage of Horticultural Crops. Haworth Press. New York, USA. p 339.

Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay O., Santamaría, J., Pinzón-López, L., (2014). Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia. 48:420-422.

Hernández-Pinto, C., Garruña, R., Andueza-Noh, R., Hernández-Núñez, E., Zavala-León, M. J. y Pérez-Gutiérrez, A. (2020) Post-harvest storage of fruits: An alternative to improve physiological quality in habanero pepper seeds. Revista Bio Ciencias. 7, 1-15

ISTA (International Seed Testing Association) (2004). International Rules for Seed Testing. Rules 2004. ISTA Editions. Bassersdorf, CH-Switzerland. 243 p.

Matthews, S. and M. Khajeh-Hosseini. (2006). Mean germination time as indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (Zea mays). Seed Science and Technology 34:339-347.

Powell, A. A. (1986). Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. Journal of seed Technology, Vol. 10, No. 2. pp 81-100.

Randle, W. M. and S. Honma. (1981) Dormancy in peppers. Scientia Horticulturae. pp 14:19-25.

SNICS (2014). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

Vidigal, D. S., D. C. F. S. Dias, E. R. V. Von Phino and L. A. S. Dias (2009) Sweet pepper seed quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. Seed Science and Technology 37:192-201.

Zavala, M.J., López, A., Santamaría, F., Baeza, J.J. (2013). Calidad de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) mediante el acondicionamiento postcosecha de frutos. 10ª Convención mundial del chile. pp 282-287.

IMPACTO DE LAS HELADAS DE ENERO 2023, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE INVIERNO EN EL SUR DE SONORA

IMPACT OF JANUARY 2023 FROSTS ON WINTER MAIZE PRODUCTION IN SOUTHERN SONORA

Félix-Valencia, Pedro*, Fuentes-Dávila, Guillermo, Torres-Cruz, María Monserrat y Ortiz-Enríquez, José Eliseo

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 515, km 12, calle Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *pedrofelixvalencia@gmail.com

RESUMEN

La superficie de maíz establecida en los distritos de riego de Cajeme y Navojoa, Sonora, en el ciclo de invierno 2022-2023 fue de 42,616 ha, de las cuales, se muestrearon 5,256. Se agruparon las temperaturas mínimas menores e iguales a 4°C y las horas de manera continua, para calificar el daño ocurrido por helada en un total de 134 campos comerciales, entre el 18 al 29 de enero de 2023 y determinar su impacto. El 1% de la superficie tuvo daños severos al follaje y tallos, el 37% de la superficie presentó un daño menor al 10% en el follaje, y el 62% presentó entre 10 y 50 % de daño al follaje. El 70% de los campos comerciales se sembraron entre el 8 de noviembre y 13 de diciembre, 2022, los cuales mostraron la mayor incidencia del daño, principalmente en las hojas 6 a 9, mientras que el otro 30% sembrado después del 15 de diciembre, presentó un desarrollo entre 3 a 5 hojas visibles durante el período de las heladas. El bajo nivel de daño en campos en fechas tempranas, se asoció a la aplicación del primer y segundo riego al momento o días antes de ocurrir las bajas temperaturas. A la cosecha se seleccionaron 18 campos para evaluar el impacto en el rendimiento, el cual fue altamente significativo entre ellos; la fecha de siembra y el daño foliar fueron la causa principal en las diferencias en la producción. El análisis de regresión indicó que el daño foliar afectó la producción de grano en 30.1 kilos por cada 1% de daño foliar, y la fecha de siembra tardía afectó en 63.8 kilos por día de retraso, entre sembrar el 14 de noviembre y el 6 de enero. El daño foliar se relacionó con un incremento de mazorcas pequeñas y mal graneadas, mazorcas sin grano en la punta, y la presencia de plantas raquíticas y sin mazorca.

Palabras clave: Daño, Helada, Maíz, Zea mays.

ABSTRACT

The maize area established in the irrigation districts of Cajeme and Navojoa, Sonora, during the 2022-2023 winter crop season was 42,616 ha, out of which 5,256 were sampled. Minimum temperatures lower and equal to 4 °C were grouped as well as the hours in a continuous pattern, in order to grade the frost damage and to determine their impact, caused in a total of 134 commercial fields between January 18 and 29, 2023. One percent of the area had severe foliage and stem damage, 37 % showed less than 10 % foliage damage, and 62 % showed between 10 and 50 % foliage damage. Seventy percent of commercial fields were sown between November 8 and December 13, 2022, showed the greatest damage incidence, mainly on the sixth to the ninth leaf, while the rest 30 % sown after December 15, showed growth of the 3 to 5 visible leaves during the frost period. The low damage level observed in fields sown early, was associated with the first and second irrigations at the time or days before the occurrence of low temperatures. At harvest, 18 fields were selected for evaluation of the impact on yield which was highly significant among them; the sowing date and the foliage damage were the main cause of the differences in production. The regression analysis indicated that the foliage damage affected grain production in 30.1 kg for each 1 % of foliage damage, and the late sowing date affected in 63.8 kg per day of delay, between sowing on November 14 and January 6. Foliage damage was related to an increment of small cobs and with lacking enough grains, cobs without grain at the tip, and presence of rickety plants without cobs.

Key words: Frost damage, Maize, Zea mays.

INTRODUCCIÓN

La superficie de maíz establecida en los Distritos de Riego de Cajeme y Navojoa, Sonora, en el ciclo de invierno 2022-2023 fue de 42,616 ha (SIAP, 2023). En el sur de Sonora, el período de mayor incidencia de temperaturas menores e iguales a 4°C comprende la última semana de diciembre al 15 de febrero, según el resumen de datos históricos de 2004 al 2022. Cuando los ciclos son fríos a muy fríos se extiende el riesgo de daño por helada hasta el 20 de marzo, es decir, que el daño puede ocurrir en la hoja de la mazorca y superiores y abarcar la floración, por lo tanto, un daño en estas hojas es un impacto directo a la producción (González Hernández, 2015). Según Sevilla (1995) y Schmidt (2004), la acumulación de frío persistente a temperaturas menores a 5°C se ha asociado con una

reducción de grano en maíces. Sin embargo, un daño físico a las estructuras se presenta con temperaturas de 0°C, que es el punto de congelamiento del agua, pero también incluso, aunque no se formen cristales de hielo, el tejido foliar puede exhibir un daño irreversible, como resultado de la deshidratación inducida por el frío prolongado (Narro *et al*., 2003).

Por otro lado, el calor puede afectar los órganos reproductivos a una temperatura de 33 °C y ocasionar un daño a la producción. Un ciclo de buen rendimiento se asocia a una condición climática confortable, y lo contrario como ha sucedido en ciclos de bajo rendimiento, a una acumulación de temperaturas mínimas o máximas que le generan un estrés fisiológico.

Según Thomas *et al*. (2007), la frecuencia de heladas y el incremento de olas de calor serán fenómenos más frecuentes. Atendiendo a esta situación, donde concuerda la varianza de la información climática con estos cambios en el clima de ésta región productora de granos, el objetivo de este trabajo fue medir el daño físico y el impacto en la producción que ejercieron las temperaturas mínimas, en los rangos de severidad que se presentaron en el cultivo del maíz.

MATERIALES Y METODOS

Se filtró la información de la temperatura menor e igual a 4°C por estación meteorológica ubicada al sur de Sonora perteneciente a la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora (REMAS). Se realizaron recorridos de campo utilizando el método de transepto para muestrear el daño ocasionado en el cultivo del maíz en diferentes parcelas del sur de Sonora. El muestreo cubrió un total de 13 transeptos, logrando evaluar el daño en 134 parcelas que sumo una superficie de 5,256 hectáreas. La estimando el daño por bajas temperaturas se realizó mediante inspección visual con criterios de daño en la superficie foliar y el total de área verde expuesta. El porcentaje del impacto del daño se calculó multiplicando el porcentaje del área verde quemada por la helada por la población que se dañó. La estimación del daño en la producción, se realizó con una selección de 18 parcelas con diferente porcentaje de daño y en diferentes fechas de siembra. De cada parcela, cortaron seis muestras al azar de un metro cuadrado, contando el número de plantas y número de mazorcas en cada planta. Además, se clasificaron las mazorcas por mazorcas completas y mazorcas con diferente desarrollo. Se pesó el grano de cada muestra estandarizado al 12% de humedad. El análisis estadístico para rendimiento y regresión para medir el impacto del daño con el desarrollo de las mazorcas y el grano, se realizó con el método estadístico del programa de InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas mínimas menores e iguales a los 4°C, se iniciaron a partir del 3 de enero en el sur de Sonora, siendo los días más severos el 20, 22, 23, 24, 25 y 27 de enero. En el valle del Mayo se registraron las temperaturas más bajas del área agrícola. Al contabilizar el número de horas continuas con temperatura mínima menor o igual a 4°C por día, resulto que el valle del Mayo acumuló un total de 338 horas, mientras que el valle del Yaqui acumuló 371 horas, siendo el período más intenso entre el 22 al 25 de enero. El daño foliar se presentó en el cultivo tres días después del periodo de bajas temperaturas, manifestándose en forma de secado. La zona centro-este del territorio agrícola del sur de Sonora, según la red climática, fue la zona más fría en el mes de enero.

Las fechas de siembra registradas en el monitoreo de campo para evaluar los daños, correspondieron lotes sembrados desde el día 14 de noviembre de 2022, al día 6 de enero de 2023, algunos lotes no registraron daños, mientras que otros tuvieron un porcentaje alto de daño a mediados de diciembre (Figura 1). La helada se relacionó con diferentes manifestaciones del crecimiento, dependiendo de la fecha de siembra la planta se dañó entre la 3ra a la 13va hoja. La hoja de la mazorca principal se ubicó entre la 9a y 10a hoja. La intensidad de la helada se manifestó en un daño foliar que oscilo entre 0.0 a 81%.

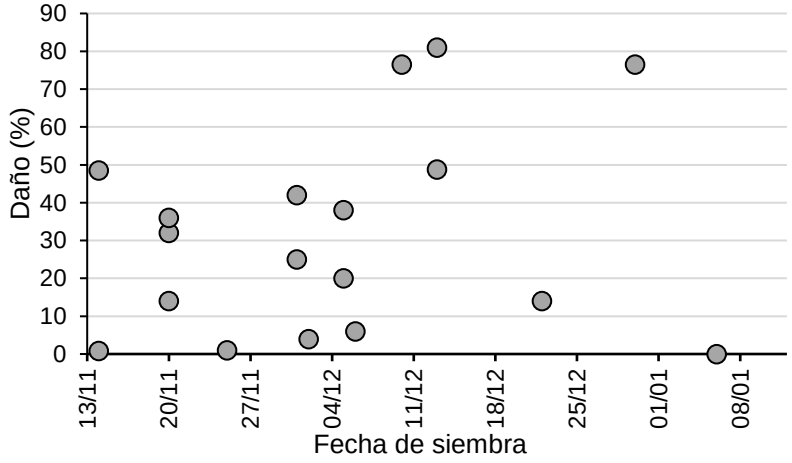


Figura 1. Distribución del daño por fecha de siembra

El escape a la helada fue en siembras realizadas en enero y la cercanía al mar como la parcela B-2914, también el escape o tolerancia a la helada coincidió con la aplicación del

riego como sucedió en las parcelas B-115, B-629 y B-1123. La parcela del B-1123 presentó el mayor rendimiento con 21.18 t ha-1, la cual coincide con fecha de siembra temprana del 14 de noviembre, la floración femenina y masculina se presentó entre el 10-14 de marzo escapando a las altas temperaturas. De la misma manera, los rendimientos mayores de 15 t, se relacionaron con la fecha de siembra del mes de diciembre y bajo daño por la helada (B-1710, B-115, B-703, B-629 y B-117). La Tabla 1 muestra las diferencias estadísticas del rendimiento y del daño que ocasionó la helada a la producción en las diferentes fechas de siembra y campos evaluados.

Tabla 1. Análisis de varianza y prueba de Tukey (rendimiento y % de daño foliar)

F.V.	SC	gl	CM	F	p=0.05
Rend.	677.5	17	39.85	8.08	<0.0001
% Daño	642.74	15	42.85	8.69	<0.0001
Error	443.84	90	4.93		
Total	1121.34	107			
n= 108	R2=0.60	C.V. = 15.41			

Parcela	Media	n	E.E.	DMS =4.60575				
B-1123	21.18	6	0.91	A				
B-1710	17.73	6	0.91	A	B			
B-703	17.29	6	0.91	A	B	C		
B-115	16.25	6	0.91		B	C	D	
B-117	15.42	6	0.91		B	C	D	E
B-629	15.36	6	0.91		B	C	D	E
B-1213	15.02	6	0.91		B	C	D	E
B-1414	14.53	6	0.91		B	C	D	E F
B-407	14.36	6	0.91		B	C	D	E F
B-1824	13.91	6	0.91		B	C	D	E F
B-2914	13.16	6	0.91		B	C	D	E F
B-1318	12.97	6	0.91			C	D	E F
B-617	12.96	6	0.91			C	D	E F
B-1216	12.66	6	0.91				D	E F

B-1608	12.66	6	0.91	D	E	F
B-2018	12.03	6	0.91	D	E	F
B-1414 T*	11.58	6	0.91		E	F
B-2324	10.36	6	0.91			F

T* siembra tardía en el mismo block

El impacto general de la helada, en los 18 lotes muestreados indicó que por cada 1% de daño foliar la producción merma 0.0301 t (Figura 2). La pérdida foliar causada por daño de helada tuvo varios efectos: reducción del crecimiento, competencia del crecimiento entre plantas sanas contra dañadas. El crecimiento se retrasó alrededor de 8 a 12 días respecto a la población no dañada. Las parcelas sembradas del 14 al 30 de noviembre, presentaron daño en las hojas 9ª a la 11ª, las cuales correspondían a la hoja de la mazorca. La fecha de siembra, incluyendo el porcentaje de daño, redujo el rendimiento en 0.0638 t por día de retraso (Figura 3).

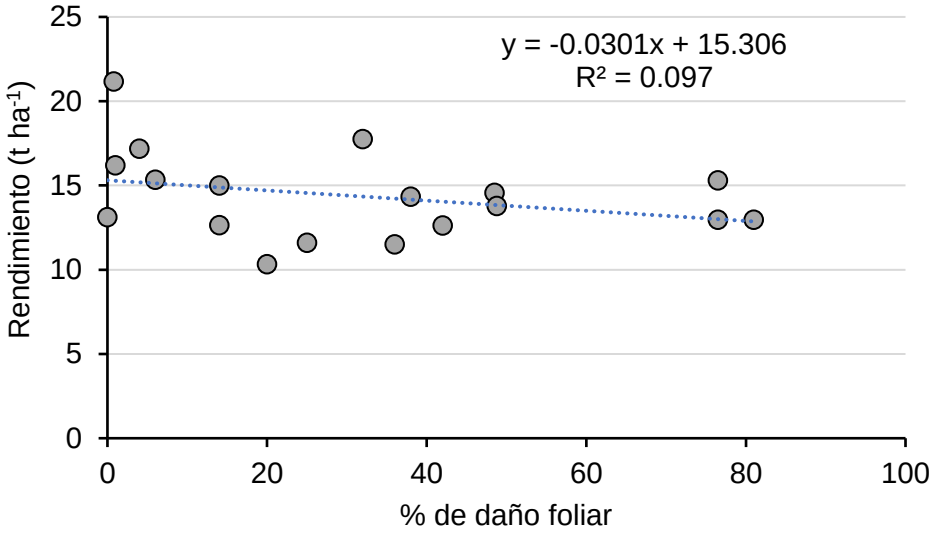


Figura 2. Relación del daño foliar con la producción de maíz estandarizada al 12% de humedad en el grano.

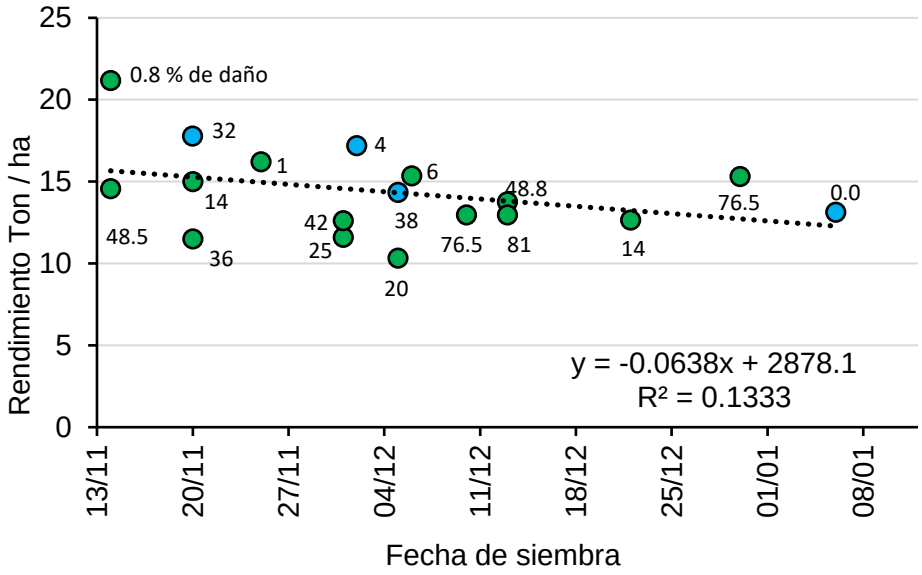


Figura 3. Rendimiento en relación al daño con la fecha de siembra

CONCLUSIONES

La intensidad de la helada se manifestó en un daño foliar que oscilo entre 0.0 a 81% en 5, 256 ha. Daños menores se relacionaron con riego proporcionado al cultivo antes de helada. El daño mayor se relacionó con la fase de desarrollo de 9ª a 11ª hojas liguladas en adelante para siembras tempranas.

La helada y la fecha de siembra en conjunto redujeron la producción en 0.0638 ton por día de retraso, considerando que la siembra se estableció entre el 14 de noviembre al 6 de enero. La helada redujo la producción en 0.0301 t por cada 1% de daño al follaje.

REFERENCIAS

González Hernández V A. 2015. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. (4ª edición, 2014) Autores: Akira Tanaka y Junichi Yamaguchi (Traductor: Josué Kohashi Shibata). Biblioteca Básica de Agricultura (bba), Serie Hojas Dispersas, Colegio de Postgraduados. Revista Fitotecnia Mexicana, 38(1): 5. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61035375002

Narro L, De León C y Salazar F. 2003. Generation of improved maize germplasm tolerant to biotic and abiotic stresses. In: Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding. CIMMYT. Mexico, D.F. Disponible en https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/774/76572.pdf

Schmidt W. 2004. Metas, estrategias y primeros éxitos en la selección de maíz energético. KWS SAAT AG. Einbeck, DE.

Sevilla R. 1995. Germoplasma foráneo de maíz tolerante al frío en los primeros estados de desarrollo para adaptar las variables de la sierra del Perú a siembras tempranas. En: III Reunión Latinoamericana y XVI de la zona andina de investigadores en maíz, Cochabamba, Santa Cruz, Bolivia.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: https://nube.siap.gob. mx/cierreagrícola/. Consultado el 9 de agosto del 2023

Thomas MS, Reynolds RW, Peterson TC, and Lawrimore J. 2008. Improvements to NOAA's Historical Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis (1880–2006). Journal Climate: 2283-2296. https://doi.org/10.1175/2007JCLI2100.1

LA IMPORTANCIA DEL DIFERENCIAL DE TEMPERATURA EN UN INVERNADERO GEODESICO

Anselmo González Torres*, Rafael Ávila Cisneros, Alfredo Ogaz

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N, Col. Valle Verde, Torreón Coahuila México. * anselgonz@hotmail.com

RESUMEN

Las estructuras geodésicas tienen muchas cualidades para su uso como invernadero debido a su ingeniosa forma, su gran ligereza, la ausencia de apoyos en su interior, gran captación de la luz solar, escasas perdidas de calor, buena ventilación, gran resistencia estructural, características que convierten a este tipo de estructuras en idóneas para trabajar como invernaderos; sin embargo no hay evidencia que valide su uso como tal. Es por eso que se planteó el objetivo de armar una estructura geodésica desde cero y forrarla de plástico y mallasombra para usarla como invernadero y medir las temperaturas interior y exterior diariamente para calcular el gradiente y obtener finalmente un ΔT promedio por mes que nos indique que tan buena es esta estructura geodésica para conservar una buena temperatura para los cultivos al interior de esta. Se puso en marcha la construcción de una estructura geodésica para su uso como invernadero, de 10 m de diámetro y una altura de 6.25 m. la cual se forro con plástico y mallasombra. El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en la Cuidad de Torreón Coahuila. Las mediciones de Temperatura y humedad atmosféricas se llevaron a cabo en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre del 2020 con un Data Logger que mide temperatura al interior y al exterior del invernadero geodésico. Los ΔT promedios obtenidos fueron: en el mes de Octubre fue de 4 K (Es indistinto utilizar K o °C en él ΔT) en el mes de Noviembre de 8.12 K y en el mes de Diciembre de 10.58 K. En el mes de diciembre, cuando las temperaturas son más bajas el ΔT es más grande, esto tiene muchas implicaciones, esto me indica que estas estructuras conservan más el calor al interior cuando en el exterior las temperaturas son muy bajas; el efecto invernadero se incrementa, la inversión térmica es mayor y la convección del aire al interior es mayor ya que por la altura tiene un mayor volumen en m^3 el invernadero y al haber una mayor volumen y por tanto un mayor movimiento de convección del aire al interior, también brinda la ventaja de disminuir la temperatura al interior cuando al exterior las temperaturas son elevadas. Debido a esto el

gasto energético que se genera en los invernaderos convencionales con sistemas de calefacción o ventilación es más grande comparado con el gasto que se puede generar en las estructuras geodésicas.

Palabras clave Geodésico, Diferencial de Temperatura, invernadero

ABSTRACT

Geodesic structures have many qualities for use as a greenhouse due to their ingenious shape, their great lightness, the absence of supports inside, great capture of sunlight, low heat loss, good ventilation, great structural resistance, characteristics that they make this type of structure ideal for working as greenhouses; however there is no evidence to validate its use as such. That is why the objective of building a geodesic structure from scratch and covering it with plastic and shade mesh to use it as a greenhouse and measure the interior and exterior temperatures daily to calculate the gradient and finally obtain an average ΔT per month that indicates that So good is this geodesic structure to maintain a good temperature for the crops inside it. The construction of a geodesic structure for use as a greenhouse, with a diameter of 10 m and a height of 6.25 m, was started which is lined with plastic and shadow mesh. The work was carried out at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna located in the city of Torreón Coahuila Mexico. The atmospheric temperature and humidity measurements were carried out in the months of October, November and December 2020 with a Data Logger that measures the temperature inside and outside the geodesic greenhouse. The average ΔT obtained were: in the month of October it was 4 K (it is indistinct to use K or °C in it ΔT) in the month of November it was 8.12 K and in the month of December it was 10.58 K. In the month December, when the temperatures are lower, the ΔT is larger, this has many implications, this indicates to me that these structures conserve more heat inside when the temperatures are very low outside; the greenhouse effect increases, the thermal inversion is greater and the convection of the air inside is greater since due to the height the greenhouse has a greater volume in m^3 and since there is a greater volume and therefore a greater movement of air convection to the interior, it also offers the advantage of lowering the temperature inside when temperatures are high outside. Due to this, the energy cost that is generated in conventional greenhouses with heating or ventilation systems is larger compared to the cost that can be generated in geodesic structures.

Key words Geodetic, Temperature Differential, greenhouse

INTRODUCCION

La temperatura varía entre el interior y el exterior de un invernadero. Muchos factores afectan la diferencia de temperatura, como el clima.

Los invernaderos hacen crecer las plantas extemporáneamente y lo logran imitando la temperatura óptima para las plantas durante todo el año. Dependiendo el tipo de cultivo se preferirá temperaturas más cálidas o no tanto. Se puede controlar la temperatura de un invernadero para adaptarse a esto.

Por lo general los invernaderos están cubiertos de plástico (policarbonatos con mayor vida útil, alto impacto y propiedades ópticas superiores con espesor de 1,5 mm) (López, 2004).

Dependiendo de cada zona, las plantas que se cultivan dependerán de la extensión, estructura del invernadero y del nivel de control ambiental. Hace que la energía necesaria para calentar 1 m2 de superficie de invernadero esté entre 500 a 2700 MJ/(m2 .año) (Mugnozza et al., 2012).

Los cultivos que están en zonas cálidas tienen promedios mensuales de temperatura que oscilan entre 17 a 27 °C, respectivo a los siguientes límites: mínimas 12 °C y máximas mensuales 32 °C. La latitud de la zona y las diferencias que existen en las condiciones climáticas, producidas por las estaciones del año, condicionan las necesidades fotoperiódicas de los cultivos, la producción de heladas destruye las especies de estación cálida, la temperatura mínima se puede descartar si está entre 5 a 7 °C (Baudoin et al., 2002). Temperaturas que se encuentran por debajo de 10 a 12 °C, durante una sucesión de días, los cultivos no son destruidos, se ven afectados cualitativamente como cuantitativamente su comportamiento y productividad (Chaves y Gutiérrez, 2016).

Durante el verano los días son calurosos, es necesario regular la temperatura para que se enfríe. En este caso, el interior será más deseable para las plantas que el exterior ya caliente.

Lo que se necesita es sombra, ventilación y algunos ventiladores y controlar la temperatura instalando un termómetro. La ventilación proporciona un mejor flujo de aire. Puede ser un techo o ventilaciones laterales e incluso la puerta de su invernadero. La ventilación libera el aire caliente que se acumula en el interior. A su vez, permite que el aire fresco pase a través de sus plantas. Durante el invierno, el objetivo es mantener caliente. También en invierno se reducen las horas de luz. Pero el aislamiento adecuado puede retener una temperatura

más cálida que el aire exterior. Un invernadero es un espacio diseñado para proporcionar un microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una planta o cultivo. Los invernaderos están destinados a proporcionar un alto rendimiento a bajo costo y alta productividad en menor tiempo sin daños al medio ambiente. Es necesario cumplir con niveles adecuados de temperatura, humedad relativa, luz, concentración de dióxido de carbono y ventilación. Sin embargo, las exigencias de eficiencia energética de hoy deben tener en cuenta no sólo los requerimientos mínimos, sino también tener en cuenta la selección adecuada del material de cubierta del invernadero, el control adecuado de calefacción y frío, iluminación eficiente y la incorporación de las energías renovables. Existen distintos tipos de invernaderos entre los que se destacan: túnel doble triangular, tunel doble semicircular, túnel diente de sierra y túnel completo doble (Barragan Medrano JC, et al 2016). Richard Buckminster Fuller es considerado el inventor de las cúpulas geodésicas, ya que es quien ostenta su patente en 1954. Las cúpulas geodésicas son unas estructuras de forma semiesférica, formadas por la unión de pequeños elementos triangulares que se ensamblan con facilidad y que al estar hechos de materiales ligeros permiten el techado de grandes espacios sin soportes. Los triángulos forman elementos hexagonales y pentagonales, estos últimos son la clave para curvar la superficie. Los vértices deben coincidir todos con la superficie de una esfera o un elipsoide, cuanto más grande es más fuerte se vuelve. Soria Monzó, R. (2020). El objetivo de este trabajo es utilizar una estructura geodésica cubierta con plástico de polietileno transparente y mallasombra, como invernadero y medir las temperaturas interior y exterior media diaria durante tres meses para calcular el gradiente de temperatura promedio y con esto determinar si es ideal para este trabajo o mejor que los invernaderos convencionales.

MATERIALES Y METODOS

Se armó una estructura geodésica al interior de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en la Cuidad de Torreón Coahuila México, con perfil cedula 100 calibre 20 con medidas de 10m de diámetro y una altura de 6.25 m y se forro con plástico y mallasombra para usarlo como invernadero y medir las temperaturas interior y exterior diariamente para calcular el gradiente y obtener finalmente un ΔT promedio por mes que nos indique que tan buena es esta estructura geodésica para conservar la temperatura idónea para los cultivos al interior. Las mediciones de Temperatura y humedad atmosféricas se llevaron a cabo en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2020 con un Data Logger que mide temperatura al interior y al exterior del invernadero geodésico.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se muestran las temperaturas interna y externa promedio diarias y el ∆T promedio diario durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023 y de estos datos se obtuvo que los ∆T promedios obtenidos fueron: en el mes de Octubre fue de 4 K o °C (Es indistinto utilizar K o °C en él ∆T), en el mes de Noviembre de 8.12 K y en el mes de Diciembre de 10.58 K. El ∆T en un invernadero convencional (túnel doble triangular, túnel doble semicircular, túnel diente de sierra, túnel completo doble, etc.) es alrededor de 4 K.

Espinal Montes V. et al 2015 determinaron los gradientes térmicos **(∆T)** nocturnos en un invernadero tipo sierra con cubierta de polietileno con un área de 1834.65 m2 en el invierno del 2012 y ubicado en la unidad experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo obteniendo de 3.1 a 3.3 K con ventanas abiertas y con ventanas cerradas de 0.8 K.

El invernadero posee condiciones climáticas con temperaturas máximas y mínimas biológicas (determinan la floración o fructificación), las temperaturas que se producen en el día están a 50 °C y las nocturnas a 0 °C (ayudan al desarrollo de la planta) (García y Lasluisa, 2002, p. 10), haciendo que los agricultores usen herramientas o materiales que permitan calentar o enfriar el invernadero en las diferentes estaciones del año. Aplicando sistemas de ventilación natural o forzada y calefacción, contribuye a que la humedad relativa no sea excesiva (reduce el crecimiento) o muy baja (deshidratación), puede modificar la productividad final del cultivo (Chiriboga et al., 2021).

Cuadro 1. Temperatura media interna y externa del invernadero geodésico y su diferencial de temperatura (ΔT) diario durante los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre del 2020

OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
Dia	T med ext	T med int	ΔT	Dia	T med ext	T med int	ΔT	Dia	T med ext	T med int	ΔT
1		29.00		1	21.00	29.00	-8.00	1	22.00	29.00	-7.00
2	25.50	29.50	-4.00	2	20.00	29.50	-9.50	2	22.00	29.50	-7.50
3	25.50	29.50	-4.00	3	20.50	29.50	-9.00	3	18.50	29.50	-11.00
4	26.50	30.50	-4.00	4	20.00	30.50	-10.50	4	18.00	30.50	-12.50
5	26.00	30.00	-4.00	5	23.50	30.00	-6.50	5	18.50	30.00	-11.50
6	26.00	30.00	-4.00	6	23.00	30.00	-7.00	6	20.50	30.00	-9.50
7	25.50	29.50	-4.00	7	23.00	29.50	-6.50	7	19.50	29.50	-10.00
8	24.50	28.50	-4.00	8	24.00	28.50	-4.50	8	16.00	28.50	-12.50
9	25.50	29.50	-4.00	9	22.50	29.50	-7.00	9	14.50	29.50	-15.00
10	25.50	29.50	-4.00	10	17.00	29.50	-12.50	10	13.50	29.50	-16.00
11	25.50	29.50	-4.00	11	19.50	29.50	-10.00	11	14.50	29.50	-15.00
12	26.00	30.00	-4.00	12	22.00	30.00	-8.00	12	15.50	30.00	-14.50
13	25.50	29.50	-4.00	13	13.50	29.50	-16.00	13	15.00	29.50	-14.50
14	25.00	29.00	-4.00	14	7.00	29.00	-22.00	14	10.50	29.00	-18.50
15	23.00	27.00	-4.00	15	10.00	27.00	-17.00	15	9.00	27.00	-18.00
16	18.00	22.00	-4.00	16	14.00	22.00	-8.00	16	10.50	22.00	-11.50
17	13.50	17.50	-4.00	17	17.50	17.50	0.00	17	15.50	17.50	-2.00
18	16.50	20.50	-4.00	18	18.00	20.50	-2.50	18	16.50	20.50	-4.00
19	21.00	25.00	-4.00	19	19.00	25.00	-6.00	19	15.50	25.00	-9.50
20	21.50	25.50	-4.00	20	17.00	25.50	-8.50	20	14.00	25.50	-11.50
21	19.50	23.50	-4.00	21	17.00	23.50	-6.50	21	14.00	23.50	-9.50
22	18.00	22.00	-4.00	22	18.00	22.00	-4.00	22	15.00	22.00	-7.00
23	18.00	22.00	-4.00	23	19.50	22.00	-2.50	23	15.00	22.00	-7.00
24	22.00	26.00	-4.00	24	21.00	26.00	-5.00	24	15.00	26.00	-11.00
25	23.50	27.50	-4.00	25	20.50	27.50	-7.00	25	18.00	27.50	-9.50
26	22.00	26.00	-4.00	26	16.00	26.00	-10.00	26	24.50	26.00	-1.50
27	20.50	24.50	-4.00	27	14.00	24.50	-10.50	27	18.00	24.50	-6.50
28	21.00	25.00	-4.00	28	18.50	25.00	-6.50	28	17.00	25.00	-8.00
29	22.00	26.00	-4.00	29	18.50	26.00	-7.50	29	17.50	26.00	-8.50
30	23.00	27.00	-4.00	30	22.00	27.00	-5.00	30	14.50	27.00	-12.50
31	22.00	26.00	-4.00				0.00	31	11.50	27.00	-15.50

Gráficamente se observa (grafica 1, 2, 3) la diferencia entre la temperatura interna y externa promedio diaria en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre y la separación que hay entre una y otra es el ΔT y claramente se ve como en el mes de Diciembre cuando las temperaturas son más bajas el ΔT es más grande.

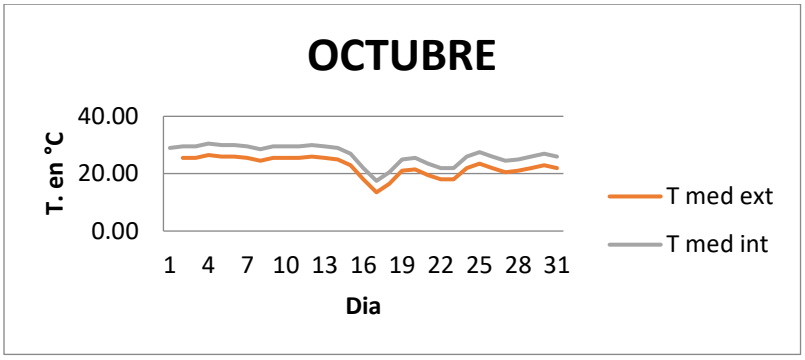


Figura 1. Comportamiento de la temperatura media interna y externa diaria durante el mes de Octubre del 2020

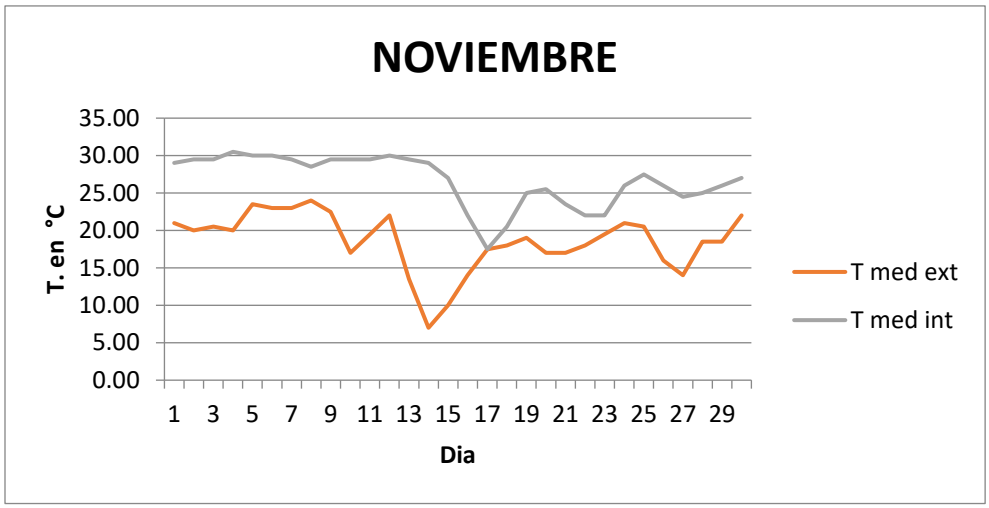


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media interna y externa diaria durante el mes de Noviembre del 2020

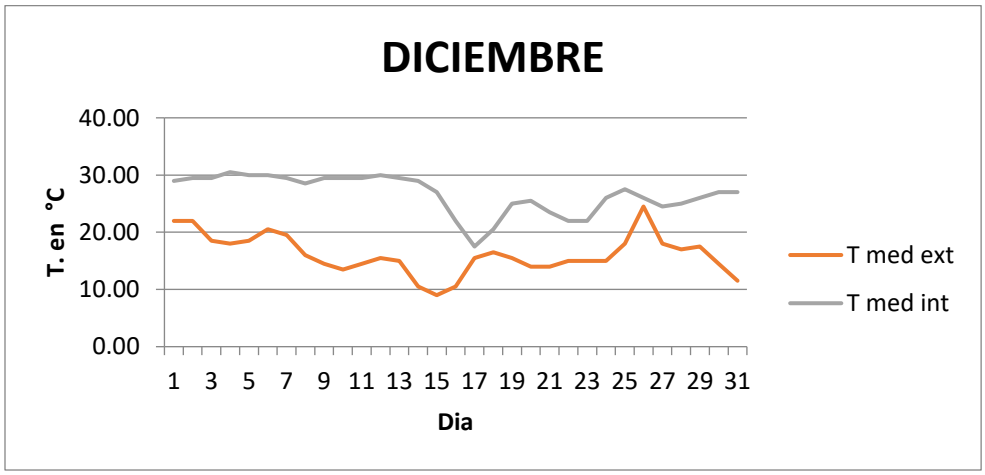


Figura 3. Comportamiento de la temperatura media interna y externa diaria durante el mes de Diciembre del 2020

CONCLUSIONES

Los ΔT promedios obtenidos fueron: en el mes de Octubre fue de 4 K (Es indistinto utilizar K o °C en él ΔT) en el mes de Noviembre de 8.12 K y en el mes de Diciembre de 10.58 K. y claramente se ve como en el mes de diciembre, cuando las temperaturas son más bajas el ΔT es más grande, esto tiene muchas implicaciones, esto me indica que estas estructuras conservan más el calor al interior cuando en el exterior las temperaturas son muy bajas probablemente el efecto invernadero se incrementa, la inversión térmica es mayor y la convección del aire al interior es mayor ya que por la altura tiene un mayor volumen en m^3

el invernadero y al haber una mayor volumen y por tanto un mayor movimiento de convección del aire al interior, también brinda la ventaja de disminuir la temperatura al interior cuando al exterior las temperaturas son elevadas. Debido a esto el gasto energético que se genera en los invernaderos convencionales con sistemas de calefacción o ventilación es más grande comparado con el gasto que se puede generar en las estructuras geodésicas.

REFERENCIAS

- Barragán-Medrano, J. C., Ríos-Orozco, C. O., Rodríguez-Muñoz, N., y Ramiro, I. (2016). Dimensionamiento de Sistema de Climatización para un Invernadero. *Trabajo*, *5*(9). Memorias del XXXI Congreso nacional de Termodinámica
- Baudoin, W., Grafiadellis, M., Jimenez, R., & la Malfa, G. (2002). El Cultivo protegido en clima mediterráneo (Primera Edición). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 90.
- Chaves, N. F., & Gutiérrez, M. V. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y siológicos. Agronomía Mesoamericana, 28(1), 1–237. https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21903.
- Chiriboga, G., Capelo, S., Bunces, P., Guzmán, C., Cepeda, J., Gordillo, G., Montesdeoca, D. E., & Carvajal C, G. (2021). Harnessing of geothermal energy for a greenhouse in Ecuador employing a heat pump: design, construction, and feasibility assessment. Heliyon, 7(12).
- Espinal-Montes, Verónica, López-Cruz, I. Lorenzo, Rojano-Aguilar, Abraham, Romantchik-Kriuchova, Eugenio, Ramírez-Arias, Armando. (2015). Determinación de los gradientes térmicos nocturnos en un invernadero usando dinámica de fluidos computacional. Agrociencia, 49(3), 233-247.
- García, M., & Lasluisa, O. (2002). Diseño y construcción de un sistema de temperatura integral para invernaderos [Trabajo de Titulación, Escuela Polictécnica Nacional del Ecuador]. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12021.
- López, A. M. (2004). Materiales plásticos para uso agrícola [Trabajo de Titulación]. Centro de Investigación de Química Aplicada

- Mugnozza, G. S., Pascuzzi, S., Sotirios Anifantis, A., Verdiani, G., & Aldo, ". (2012). Use of low-enthalpy geothermal resources for greenhouse heating an experimental study. In Technica Agraria (Vol. 11, Issue 2).
- Soria Monzó, R. (2020). Diseño estructural de un invernadero cupular geodésico. Universitat Politècnica de València. http://hdl.handle.net/10251/156919

LAS NUEVAS COMPETENCIAS CENTRALES PARA LOS PROFESIONISTAS DEL CAMPO DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA.

Avila- Cisneros[1]; Rafael, Peña-Revuelta, Blanca Patricia, , González-Torres; Anselmo., Avila-Berúmen, Sheila Mayela[2]

1)Profesores e investigadores del Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN U.L.Email. rafael.avila @uaaan.edu.mx. Dirección: carretera a Santa Fe (S/N) colonia Valle Verde; Torreón Coahuila México.

2) Técnico Académico A del Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN U.L.

RESÚMEN.

En el presente documento se puede encontrar una revisión preliminar sobre los avances de una investigación a la aplicación de herramientas de Administración Estratégica que deben ser tomadas en cuenta para tener un diagnóstico sobre las tendencias de las carreras de Ing. Agrónomo general y Médico Veterinario Zootecnista ante las amenazas de las mega tendencias de producción de alimentos (Producir carne y leche sin vacas y otros alimentos) de la manera tradicional que estamos acostumbrados. En los objetivos planteados es identificar las competencias nucleares o centrales que deben tener los profesionistas del sector agropecuario; y mediante la revisión bibliográfica identificar las tendencias de los productos y/o servicios que pueden relanzar estas profesiones tomando en cuenta las competencias centrales que requiere o requerirá el profesionista del campo.

PALABRAS CLAVES. Administración estratégica, Competencias nucleares, células animales, bioenzimas.

ABSTRACT.

In this document you can find a preliminary review of the progress of an investigation to the application of Strategic Administration tools that must be taken into account to have a diagnosis on the trends of the careers of General Agronomist and Veterinary Medicine Zootechnician before the threats of the mega trends of food production (Producing meat and milk without cows and other food) in the traditional way that we are used to. In the proposed objectives is to identify the core or core competencies that professionals in the agricultural sector should have; and through the bibliographic review, identify the trends of the products

and/or services that can relaunch these professions, taking into account the core competencies that the professional in the field requires or will require.

KEYWORDS: Strategic management, nuclear competencies, animal cells, bioenzymes.

INTRODUCCIÓN.

La administración estratégica es una disciplina fundamental para el éxito y la supervivencia de las organizaciones en un entorno empresarial cada vez más competitivo y globalizado. Se trata de un enfoque sistemático que involucra la formulación, implementación y evaluación de las estrategias de una organización para lograr sus objetivos a largo plazo y adaptarse a los cambios del entorno; además el proceso de administración estratégica o de dirección estratégica, adquiere aplicación sistematizada en la formulación de la estrategia; el estudio del análisis del ambiente externo que enfrenta una organización a través de las categorías denominadas, oportunidades-peligros, y en cuanto a la capacidad interna, fortalezas-debilidades; de manera que su puede formular una estrategia realista, para la obtención de los objetivos principales que ha definido la empresa. El análisis del medio externo ha sido una de las fases en que el enfoque de Administración Estratégica a puesto más atención, por la relevancia de la información; y para complementar el estudio de las estrategias posibles y su posterior definición (Saavedra-González; 2005). Además, es muy importante la estrategia; pues es un plan de acción que pretende llevar a la organización al cumplimiento de sus objetivos a corto plazo y; en última instancia, a la consecución de sus propósitos fundamentales también de largo plazo (Harrison y Caron; 2009).

Ahora bien; la conceptualización de administración estratégica y la dirección estratégica viene de una evolución de diferentes corrientes relacionadas con la organización industrial, en particular el concepto de planeación estratégica bosquejado bajo el paradigma LCGA mismo que abarcaba fases como : diagnóstico externo, diagnóstico interno, síntesis de la interacción entre ellos(externo e interno) e interacción de los valores de los dirigentes (Christensen; et al; 1973); es decir estudios que desde 1965 permitieron el análisis de los sectores industriales y de la competencia entre los mismos.

En tiempos más actuales Thompson A.A.; et al (2003) en vez de realizar la definición entretejida y complementaria de administración estratégica y su relación con la dirección estratégica empieza haciendo una desagregación de lo que se quiere decir con ESTRATEGIA; y lo hace con 3 cuestionamientos: Cuando una compañía avanza los administradores (de un pequeño o gran negocio) se preguntan:

¿Cuál es nuestra situación actual?, ¿Hacia dónde queremos ir?, ¿Cómo vamos a llegar hasta ahí?

Para la primera pregunta los administradores tienen que evaluar las condiciones de la industria, y el desempeño financiero (de la firma) y su situación en el mercado; así como los recursos y capacidades de la empresa.

Para el segundo cuestionamiento; la respuesta está en la visión que los administradores tienen sobre el rumbo o dirección que la compañía tiene hacia el futuro; y finalmente para la interrogante 3; ésta obliga a los administradores a formular una estrategia que lleve a la firma a la dirección deseada; en otras palabras La Estrategia que una compañía plantea:

¿Cómo vamos a superar a los competidores?, ¿Cómo vamos a responder a las condiciones cambiantes de los aspectos económicos y del mercado?, ¿Cómo se va a manejar cada parte funcional del negocio?; por ejemplo el I+D, la cadena de suministros, producción, ventas, marketing, distribución, finanzas, recursos humanos; entre otros. Y un cuestionamiento aún más importante: ¿Cómo se va a mejorar el desempeño financiero y de mercado de la firma?

Y se llega al razonamiento que LA ESTRATEGIA ES EL PLAN DE ACCIÓN que seguirá la administración para competir con éxito y obtener utilidades, a partir de un arsenal de opciones; “La estrategia de una compañía consiste en las medidas competitivas y los planteamientos comerciales con los que la administración compite de manera fructífera, mejorando el desempeño y hace crecer el negocio” (Thompson; A.A.; et al. 2006, óp. cit.); los mismos autores amplían: Una estrategia puede ser reactiva o puede ser proactiva; y cada una está en función de asegurar una ventaja competitiva.

Johnson; G. et al;(2006) en sus aportaciones relacionadas con dirección estratégica mencionan que para realizar un buen plan de acción, una buena estrategia deben tener en cuenta el entorno; es decir los directivos ya sean del sector público o sector privado; deben tener las herramientas para comprender el incierto mundo que rodea la organización; esto es saber “leer” muchas influencias distintas; y la dificultad radica en entender esa complejidad debido a la diversidad de factores; entre los que tenemos EL MACROENTORNO. Una serie de técnicas entre ellas el Marco PESTEL puede ayudar, puede identificar cómo pueden afectar a la organización las tendencias políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ecológicas (medioambientales) y los aspectos legales. El análisis PESTEL toma en cuenta el estudio del macro entorno y pone en el centro del

estudio a la empresa; y a partir de ella la influencia del factor político (estabilidad de gobierno, política fiscal, reglamento sobre comercio exterior, políticas de bienestar, etc.), del factor económico (ciclo económico, tendencia den PNB, la oferta monetaria, la inflación, etc.), del factor sociocultural (demografía, distribución de la renta, movilidad social, cambios del estilo de vida, actitud de la población hacia el trabajo y el ocio, el consumismo, su nivel educativo, etc.), el factor tecnológico (gasto público en investigación, atención del gobierno y la industria al esfuerzo tecnológico, rapidez de transferencia tecnológica, nuevos descubrimientos y desarrollos, etc.), el factor medioambiental (leyes de protección ambiental, leyes para regular y/o para confinar residuos, consumo y forma de generar energía eléctrica, etc.) ; y los aspectos o factores legales (legislación laboral, salud, seguridad social, seguridad que deben tener los productos elaborados por la firma, legislación sobre la competencia, etc.); son estos 6 factores que nos dan una perspectiva de los rumbos que debe privilegiar la empresa. Éste análisis PESTEL se debe hacer para en entorno global y para el entorno nacional tomando en cuenta mega tendencias globales, políticas sectoriales.

Este análisis del entorno debe en un momento del estudio tomar en cuenta el entorno sectorial y competitivo en el cual está inmersa la empresa y; herramientas como las 5 fuerzas competitivas de Porter permiten identificar amenazas que se pueden presentar en el corto o largo plazo a la empresa. Johnson; G. et al. Óp. cit. (2006) proporciona en su esquema de las fuentes de competencia que puede identificar el modelo de las 5 fuerzas de Porter teniendo en el centro del mismo La Rivalidad Competitiva, y alrededor de ésta 4 características que son: Compradores (poder de negociación), Productos Sustitutos (amenaza de productos similares a los de la empresa), Proveedores (y su posible poder de negociación sujeto a varios factores); y La Entrada de Nuevos Competidores (amenaza de entrada); cada una de éstas características deben ser estudiadas con la finalidad de ir mejorando Una Estrategia que se Competitiva, pues la herramienta permite identificar el contexto de competitividad en el cuál se encuentra inmersa la empresa.

Una herramienta más que permite identificar tanto en el entorno internacional como en el entorno nacional los niveles de competitividad es el Diamante de Porter mismo que Johnson A.A. et al (2006) define así: " el diamante de Porter sugiere que hay razones coherentes del porque algunas naciones son más competitivas que otras (también aplicable a las empresas; por qué unas son más competitivas que otras), es otra forma de cómo se puede

entender estratégicamente el efecto de los factores del macro entorno SOBRE TODO EL ENTORNO

Ahora bien; la estrategia competitiva o el plan de los que se debe hacer; aparte de tener visión, misión, objetivos estratégicos y políticas estratégicas (Thompson A.A. et al. Óp. Cit); debe tomar en cuenta cuál es la posición de la firma mediante el análisis de la industria que permita identificar el entorno sectorial y competitivo, es decir la presencia de Clusters; Porter M.E. (1998) los define de la siguiente forma: "Los clúster son concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas que actúan en determinado campo. Agrupan a una amplia gama de industrias y otras entidades relacionadas que son importantes para competir e incluyen proveedores de insumos críticos (componentes, maquinaria y servicios), proveedores de infraestructura especializada (parques industriales con características de edificios inteligentes, etc.). El estar en un clúster permite a la firma operar de un modo más productivo, ventajas en la obtención de insumos, mejor acceso a la información y a la tecnología; y mejor coordinación con las instituciones oficiales del sector público. Sin embargo no todos los clústers tienen éxito pues dependen de las fuerzas del mercado y no de las buenas acciones de gobierno (que buscan apoyar pensando en la generación de empleo para sus gobernados).

un estudio sobre en Colombia realizado por Garcés-Cano y Duque-Oliva (2007) sobre la importancia de Grupos Estratégicos que también es un factor de tomar en cuenta para lograr competitividad dice: " Debe entenderse como grupo estratégico a UNA UNIDAD MAYOR que la empresa; y MENOR QUE el sector industrial, establece en el tiempo, posibilidades de barreras de entrada y otro tipo de asimetrías a favor de la firma; este grupo de empresas muestra grandes semejanzas en su estructura de costos, en su grado de diversificación, en los sistemas organizacionales e inclusive en la forma de asignar incentivos a sus fuerzas comerciales"; y Mehra; A. (1996)amplía su concepto con "El Grupo Estratégico desde el aspecto Recursos-Capacidades-Ventaja Competitiva; y Estrategia es un conjunto de empresas que compiten al interior de la industria desplegando configuraciones similares para el manejo de los recursos estratégicos"; entonces la estrategia para lograr competitividad es buscar la combinación de recursos (gente, equipo, etc.); así como la capacidad de coordinarse e integrarse; de esa manera se puede lograr UNA VENTAJA COMPETITIVA sostenible en el tiempo que requerirá recursos internos.

Luego entonces una estrategia competitiva debe de ser capaz de identificar de lo que dicen Prahalad y Hamel (1990) en las competencias esenciales o nucleares o centrales de una corporación; debe prevalecer la habilidad para reestructurar, reordenar y algunas veces des estratificar las corporaciones para aprovechar mejor las capacidades esenciales. Y es que una capacidad nuclear son competencias que se requieren para competir en la industria, son un alud de características y mejoras funcionales que son capaces de aplicar LA SOFISTICACIÓN TECNOLÓGICA (por ejemplo la manufactura de semiconductores de autos, los microprocesadores en la industria de la informática y de transporte); y más sin embargo algunas veces una competencia nuclear es LA COMUNICACIÓN, LA ENTREGA y UN PROFUNDO COMPROMISO DE TRABAJO (Estas los requieren las empresas de servicios) bien administradas por el límite organizacional.

Finalmente un buen estudio del análisis FODA; pues como dice Ballesteros H. et al (2015); El Análisis FODA o Matriz FODA es una metodología de estudio de la situación de una organización o empresa en su contexto; y de las características internas (situación interna) de la misma, a efectos de determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas; (permitirá ver, junto con los demás análisis de Entorno, de Competitividad y de Mega tendencias las rutas que se debe seguir para tener un excelente PLAN ESTRATÉGICO que harán a la empresa una firma más competitiva en el corto, en el mediano y largo plazo.

Objetivo General: Identificar por medio de la revisión bibliográfica las competencias nucleares que deben reunir los profesionistas del campo hacia las mega tendencias de las actividades agropecuarias.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Realizar una investigación bibliográfica desde el marco de dirección estratégica que permita identificar los productos y/o servicios que ante la revolución generada por la Inteligencia Artificial pueden ser aprovechados y/o pueden afectar a los profesionistas del campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA y DE LA GANADERÍA y; EFECTOS SOBRE ELLA POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Las tendencias de la agricultura y la ganadería; y los efectos del desarrollo tecnológico asociado a la Inteligencia Artificial (IA) aún es difuso. Alarcón-Flor R. (2019) en sus

aportaciones menciona que la tecnología va a impactar de manera positiva en todos los efectos, se van a quedar las tecnológicas limpias, en este campo; menciona. En cincuenta años ya existirá tecnología suficientemente desarrollada para sustituir a los combustibles fósiles no renovables; la utilización del hidrógeno puede ser la fuente de energía del futuro, la automatización de las empresas (que ya llegó) necesitarán trabajadores capacitados para el uso de nuevas máquinas.

En coincidencia con Alarcón-Flor R. op cit.; debe considerarse una competencia nuclear para los nuevos profesionistas del campo **saber el manejo de mínimo un software de programación que permita entender mínimamente la función del arduino** (base mínima para la automatización); pues la utilización de nueva maquinaria agrícola y las ordeñadoras de vacas en establos ya cuentan con esas funciones, los sensores digitales para medir % de humedad y temperatura al interior del suelo también están basados en programación arduino.

Tavira-Montalbán; C.A. et al. (2009) realizan una reflexión sobre el cultivo de células animales para la producción de fármacos, ya que se ha demostrado tener ventajas con respecto a la expresión de proteínas recombinantes en bacterias u otros organismos eucariotes; tales como levaduras o cultivos de células vegetales; y menciona: para el ámbito farmacéutico aún se considera un sistema costoso, de bajo rendimiento y difícil de manipular.

Lo importante para este tema; sin duda es que otra de las competencias nucleares que hay que **desarrollar en los estudiantes de veterinaria es la habilidad de saber cultivar y manipular células animales**; en eso incluye que en las prácticas de laboratorio se deben enseñar técnicas de aislamiento de células (hoy en día algún tratamiento alternativo de la glucosa es a partir de células madres del cerdo -*Sus scrofa domestica*-).

Arroyo; M. et al. (2014) presentan sus aportaciones en la utilización de enzimas; y dicen: “La utilización de enzimas han demostrado su eficiencia en la síntesis de fármacos, herbicidas, insecticidas y otros productos químicos, en la producción de biocombustibles alternativos al petróleo, o en la industria textil y de detergentes, entre otros muchos ejemplos; se sabe que son más eficientes y a la vez más ecológicos que la química sintética tradicional, ya que las reacciones que se producen en medios, son más respetuosos con el medio ambiente y de pH y temperaturas suaves, son de costos económicos. El negocio de

las enzimas en los últimos años; y en particular en el 2015 fue superior a los 4400 millones de dólares.

Luego; para los estudiantes de las carreras agropecuarias una competencia nuclear o central a **desarrollar es el aislamiento de enzimas benéficas; muchas de ellas presentes en los procesos fisiológicos** de animales y plantas.

Illescas-Aparicio; Edgar (2021) realiza un razonamiento relacionado con la producción de carne y leche sin vacas; menciona: La impresión de alimentos empezó como una técnica que permitía brindar acabados estéticos mediante la impresión tradicional en 2D utilizando tintas de grado alimenticio, pero hoy en día se ha logrado la impresión de alimentos mediante técnicas 3D que en su momento se estaban aplicando para misiones especiales (alimentos de astronautas);pero hoy en día ya es posible comer hamburguesas elaboradas con carne in vitro; aún falta mucho por investigar para mejorar esa tecnología emergente, porque por el momento solo es posible utilizar la carne en forma procesada; y no contiene el tradicional sabor y estructura, y dentro de las mejoras a realizar, será conveniente adicionar adipocitos (células grasas) con miofibrillas que brindan textura. Más en el corto plazo se ve difícil llegar a las características de la sazón de la carne que tiene más de 750 compuestos.

Para nuestra temática en relación a competencias centrales, ante esta amenaza que ya llegó; los futuros veterinarios e Ingenieros Zootecnistas que están en la Producción de Unidades Animal que van para el consumo humano es **tener la capacidad de generar mejoramiento genético en razas ganaderas cuya calidad de carne (y de leche) sean de una calidad** no sustituible para el paladar humano.

Prahalad y Hamel (1990) reafirman que; sin embargo, algunas veces una competencia nuclear es **la comunicación, la entrega y un profundo compromiso de trabajo** (Estas los requieren las empresas de servicios; y los futuros veterinarios e Ingenieros).

CONCLUSIONES.

La administración estratégica es una de las pocas disciplinas que se dan el espacio para realizar estudios que tienen que ver con el futuro de las instituciones públicas y privadas; y es que en la actualidad (y en particular las instituciones públicas) poco tiempo tienen en realizar una investigación de entorno para poder visualizar hacia dónde van los cambios y demandas de los mercados (en particular ; ¿Cuáles son las características que deben tener

en conocimiento los nuevos profesionistas de vocación al campo) en el mediano y largo plazo. En lo que concierne a esta investigación en cuanto a las competencias nucleares o centrales necesarias, resaltan por su importancia: tener conocimientos de la sofisticación tecnológica, manejo de sistemas arduino, manejo y aislamiento de enzimas, conocimiento práctico de mejoramiento genético; y la más importante; la comunicación, la entrega y un profundo compromiso de trabajo.

REFERENCIAS.

Alarcón-Flor; R. (2016). Megatendencias 2040. Revista MEGATENDENCIAS, Vol.3(9). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. ISSN:1390-9304-409.

Arrollo; M., Acebal; C., De La Mata; I. (2014). Biocatálisis y biotecnología. Revista Arbor, 190(768). Ciencia, pensamiento y cultura. Universidad Complutense de Madrid.

Ballesteros; H., Verde; J., Costabel; M., Sangiovanni; R., Dutra; I., Rundie; D., Cavaleri; F. Bazán; i: (2015). Análisis FODA. Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Revista uruguaya de enfermería. Vol.5 (2). Universidad de la República. República del Uruguay.

Chistensen; C.R., Andrews; K.R., Bower; J.L. (1973). Business Policy: Text and case. Homewood; IZ. EUA. Richard D. Irwin.

Garcés-Cano; J.E. y Duque-Oliva; E.J. (2007). Revisión del concepto de grupo estratégico y propuesta de definición para aplicaciones en el ámbito colombiano. Revista INNOVAR Journal, Revista de ciencias administrativas y sociales. Vol. 17(30). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Harrison; J.S. y Caron; H. St John. (2009). Fundamentos de Dirección Estratégica. Editorial PARANINFO. 2a Edición.

Illescas-Aparicio: E. (2021). Combinando la biotecnología con la gastronomía para brindar los alimentos del future. Revista RO-ICUAP, Año 7, Número 21. Facultad de Ciencias Biológicas de la BUAP. Puebla de los Ängeles.

Johnson; G., Scholes; K., Whittington; R. (2006). Dirección Estratégica. Editorial Pearson/ Prentice Hall, 7a Edición. Madrid España.

Mehra; A. (1996). Resource and Market based determinants of performance in the USA Banking Industry. Revisit Strategic Management Journal.

Saavedra-González; J. (2005). Administración Estratégica: Evaluación y Tendencias. Revista Economía y Administración No 64. Universidad de Concepción. República de Chile.

Tavira-Montalván; C.A., Ortega-García; A., Dávila-González, A., Estrada-Moncada;S., Meneses-Acosta; A.(2009). Alcances y perspectivas del cultivo de células animales en la biotecnología farmaceútica. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. Vol 40. México, D.F.

Thompson; A.A., Peteraf; M.A., Gamble; S.E. y Strickland III; A.J. (2003). Administración Estratégica. XIII edición. Editorial Mc Graw – Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Paseo de la Reforma No 1015. México D.F.

Prahalad, K y Gary Hamel, “The core competence of the corporation”, en Harvard Business Review, mayo-junio 1990, pp.79-91.

Porter, M.E. (1998). Los clúster y la competencia en una economía globalizada. Harvard Business Review. Harvard Collage.

LATENCIA EN LA SEMILLA DE POLOCOTE (*H ANNUUS* L) MALEZA DE LA REGIÓN NORTE DE TAMAULIPAS

Ma. Eugenia Cisneros López[1], Flor Elena Ortiz Chairez[1], Miguel Ángel Valdez Hernández[1], Martín Espinosa Ramírez[1] y Enrique Rosales Robles[2]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. [2] Ex Investigador del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo.

*cisneros.maria@inifap.gob.mx; ortiz.flor@inifap.gob.mx; valdez.miguel@inifap.gob.mx; espinosa.martin@inifap.gob.mx; enrique_77840@yahoo.com

RESUMEN

Girasol silvestre o polocote (*H. annuus* L.) es una maleza anual de importancia agronómica en los cultivos de sorgo y maíz del Norte de Tamaulipas. Las especies del género *Helianthus* presentan latencia en la semilla; lo cual limita la posibilidad y disponibilidad de una población para hacer bioensayos con herbicidas. El objetivo de este experimento fue determinar la presencia de latencia en la semilla del polocote colectado en la región norte de Tamaulipas y el tratamiento más efectivo para romperla. La colecta de la semilla fue en el CERIB-CIRNE, del INIFAP, en marzo del 2023. Posteriormente al secado y limpieza, se inició con la prueba de germinación estándar (%) a temperatura ambiente (20±2 ^{o}C) y prueba de viabilidad (%) con Tetrazolio. Los tratamientos para romper la latencia fueron una combinación de temperatura, solvente y tiempo de inmersión. Al finalizar se procedió con la prueba de germinación estándar con tres repeticiones de 20 semillas/caja. Las variables fueron: PN y PA (porcentaje de plántulas normales y anormales); PM y PD (porcentaje de semillas muertas y duras). Análisis de la varianza se realizó de dos formas: a) Diseño experimental CA de 16 tratamientos con tres repeticiones y b) Diseño CA en arreglo factorial con tres repeticiones como fuentes de variación: Temperatura (TE= 5 ^{o}C y 20 ^{o}C); Solvente (S= H_2O, H_2O_2, KNO_3 y $C_{19}H_{22}O_6$); Tiempo de inmersión (TI= 24 h y 48 h), la comparación de medias con Tukey. La germinación inicial fue cero, con una viabilidad del 80 %, este resultado indica la presencia de latencia. El tratamiento en agua por 24 h a 5 ^{o}C (T1), estadísticamente fue superior al resto, con un 30 % y 3 % de germinación de plántulas normales y anormales; 20 % y 47 % de semillas muertas y duras respectivamente. La germinación de la semilla de polocote estuvo influenciada significativamente por la temperatura, ya que explicó el 47 % de la varianza total.

Palabras clave: aquenio, escarificación, germinación, inducción, plántulas

ABSTRACT

Wild sunflower or polocote (*H. annuus* L.) is an annual weed of agronomic importance in sorghum and corn crops in northern Tamaulipas. The species of the genus *Helianthus* present dormancy in the seed; which limits the possibility and availability of a population to perform bioassays with herbicides. The objective of this experiment was to determine the presence of dormancy in the seed of polocote collected in the northern region of Tamaulipas and the most effective treatment to break it. The seed was collected at CERIB-CIRNE, from INIFAP, in March 2023. After drying and cleaning, the standard germination test (%) at room temperature (20±2 ^{o}C) and viability test (%) with tetrazolium. Treatments to break dormancy were a combination of temperature, solvent, and immersion time. At the end, the standard germination test was carried out with three repetitions of 20 seeds/box. The variables were: PN and PA (percentage of normal and abnormal seedlings); PM and PD (percentage of dead and hard seeds). Analysis of variance was carried out in two ways: a) CR experimental design of 16 treatments with three repetitions and b) CR design in factorial arrangement with three repetitions as sources of variation: Temperature (TE= 5 ^{o}C and 20 ^{o}C); Solvent (S= S= H_2O, H_2O_2, KNO_3 y $C_{19}H_{22}O_6$); Immersion time (TI= 24 h and 48 h), the comparison of means with Tukey. The initial germination was zero, with a viability of 80 %, this result shows dormancy. The treatment in water for 24 h at 5 ^{o}C (T1) was statistically superior to the rest, with 30 % and 3 % normal and abnormal seedlings, 20 % and 47% dead and hard seeds, respectively. Polocote seed germination was significantly influenced by temperature, since it explained 47 % of the total variance.

Keywords: achene, scarification, germination, induction, seedlings

INTRODUCCIÓN

El género *Helianthus* pertenece a la familia Asteraceae (Yalcin y Roumiana, 2021). América del Norte es el centro de origen primario, donde crecen especies anuales y perennes, adaptadas a diversos hábitats y altamente variables en cuanto a caracteres morfológicos y fisiológicos (Seiler *et al*.,2017). La forma silvestre de *H. annuus* L. llamada girasol silvestre o polocote es originaria de llanuras secas y praderas del norte de México y Suroeste de E.U.A. (Kantar *et al*. 2015); en México tiene estatus de maleza nativa (Villaseñor y Espinosa, 1998); de ciclo anual con crecimiento vigoroso de reproducción sexual a través de semilla (Rzedowski y Rzedowski, 2008), de importancia agronómica en la región norte del estado de Tamaulipas en los cultivos de sorgo y maíz (Rosales *et al*., 2011). La semilla de las especies del género *Helianthus* presentan latencia en diferentes grados (Seiler *et al*., 2017)

e influye en la persistencia de las malezas (Travlos *et al*., 2020). La latencia tanto primaria (innata), como secundaria (inducida), es una estrategia para germinar en el momento óptimo, en respuesta a las señales ambientales y distribuir la emergencia de plántulas a lo largo del tiempo (Upadhyaya *et al*, 2022), ya que las plántulas de las malezas no emergen en forma uniforme como el cultivo. En malezas anuales, como el girasol silvestre, la formación de una población a partir de semilla viable (Castillo *et al*., 2019) es importante, para realizar bioensayos de resistencia o tolerancia a los herbicidas. El enfoque clásico para confirmar esta respuesta, consiste en recolectar semillas de las plantas sobrevivientes en campos sospechosos y comparar con poblaciones no expuestas (Burgos *et al*., 2013), por lo tanto, es necesario conocer la calidad fisiológica inicial del lote de semilla. Existen varios métodos para romper la latencia de la semilla, en términos generales se pueden dividir en A) Físicos: Escarificación, baja temperatura, lavado o inmersión en diferentes solventes, pre secado y luz. B) Químicos están: Nitrato de potasio, ácido giberélico, etefón y etileno (ISTA, 2017). El objetivo de este experimento fue determinar la presencia de latencia en la semilla de polocote (*H. annuus*) colectado en la Región Norte de Tamaulipas y el tratamiento más efectivo para romperla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de muestreo

La colecta del polocote se realizó en ocho hectáreas en el lote D4, dentro del Campo del Experimental Río Bravo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, se localiza en las coordenadas geográficas 25° 57' 54" latitud norte y 98° 01' 03" longitud oeste; altitud 50 msnm. Con un registro histórico de 648 mm de precipitación y la temperatura media anual de 23.5 ºC (Silva *et al*., 2007).

Material Biológico

La semilla se recolectó durante el mes de marzo del 2023, de plantas individuales con un estado fenológico similar, usando una técnica de muestreo aleatorio simple (Alanís *et al*., 2020). El tamaño de muestra fue de 150 plantas, la cosecha de cada planta constituyo una muestra individual, el número de capítulos colectados por planta fue variable, debido a la floración desuniforme intra planta. Las muestras individuales se integraron para formar una muestra compuesta. Posteriormente las cabezuelas se transportaron en bolsas de papel para secarse en una estufa (Sheldom Manufacturing Inc, Model Fx28-2, serial N 12037012) a temperatura de 34 ºC, por 72 horas. La semilla seca se procedió a trillar y limpiar. Las

muestras se conservaron a temperatura ambiente (25 ºC) en el laboratorio de Agua y Suelo del CERIB-CIRNE, hasta el momento de realizar las pruebas.

Prueba de Germinación Inicial

La prueba de germinación estándar se realizó con 10 cajas Petri sobre papel Whatman No 1 en 20 semillas/caja a capacidad de campo, con agua potable comercial embotellada marca comercial Blanquita™. La siembra se realizó el 20 de marzo del 2023 a temperatura ambiente (20±2 ºC) en el laboratorio Agua y Suelo CERIB-CIRNE. Las variables medidas fueron: PN y PA: plántulas normales con pluma y radícula, al observar completo desarrollo y anormales cuando hay deformación de estas estructuras, SM: semillas muertas cuando hay desarrollo de micelio en el pericarpio y SD: semillas duras, cuando no se hidratan y no germinan después de 14 días posterior a la siembra; los resultados se expresaron en porcentaje (ISTA, 2017).

Prueba de Viabilidad

El tetrazolio al 1 % (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio) se utilizó para verificar la viabilidad de la semilla; se diluyó en 100 ml del buffer de fosfato (1.1 % de difosfato de potasio y 0.9 % de monofosfato sódico (Salazar *et al*., 2019). Previamente se colocó un gramo de semilla en 5 ml de agua/ 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se cortaron en mitades, 10 piezas/caja; con un total de 10 repeticiones. Las cajas se cubrieron con la solución de tetrazolio por 24 h a temperatura ambiente; al termino deldel tiempo se drenaron y lavaron (Espitia *et al*., 2017). El indicador de la viabilidad fue la coloración roja o morado del embrión, debido a la reducción del tetrazolio por la actividad respiratoria de las células; los colores pálidos o falta de coloración indican poca viabilidad o la muerte del embrión (Mercado *et al*., 2020), los resultados se expresaron en porcentaje.

Latencia

Los tratamientos para romper la latencia se hicieron con una combinación de temperatura (5 ºC y 20 ºC), solvente: agua (H_2O), peróxido (H_2O_2), nitrato de potasio (KNO_3) y ácido giberélico (AG_3=$C1_9H_{22}O_6$) y tiempo de inmersión de la semilla (24 y 48 horas) con un total de 16 tratamientos (Cuadro 1). La cantidad de semilla por tratamiento fue de dos gramos. La solución de nitrato de potasio (KNO_3) al 0.2 % (1.978 mM); el ácido giberélico (AG_3=$C1_9H_{22}O_6$) 500 ppm en 500 mL de agua; el peróxido de hidrogeno comercial al 5 % (ISTA, 2017); como testigo se utilizaron 10 mL de agua potable comercial; después se procedió a realizar la prueba de germinación estándar con tres repeticiones de 20 semillas/caja, a los 14 días después de la siembra, los datos se expresaron en porcentaje.

Análisis estadísticos

El análisis de la varianza se realizó de dos formas: a) con un diseño experimental completamente al azar con 16 tratamientos con tres repeticiones para probar la hipótesis Ho: al menos un tratamiento fue el más efectivo para romper la latencia y b) un diseño completamente al azar en arreglo factorial con tres repeticiones y fuentes de variación: Temperatura (TE= 5 ^{o}C y 20 ^{o}C); Solvente (S= H_2O, H_2O_2, KNO_3 y $C_{19}H_{22}O_6$); Tiempo de inmersión (TI= 24 h y 48 h), para probar la hipótesis Ho: Al menos un factor tuvo efecto en romper la latencia. En ambos casos la comparación de medias fue con Tukey. El paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2016). Los datos en porcentaje fueron trasformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados, se mostraron en las tablas se presentan retransformados por seno (Pérez, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba inicial de germinación de la semilla fue cero por ciento, Castillo *et al*. (2019), reportan que el girasol cultivado *H. annuus* y especies silvestres del género *Helianthus* spp., presentan latencia cuando la semilla germina a 20 ^{o}C. El resultado de la prueba con tetrazolio fue de 80 % de viabilidad, este resultado confirma que, la semilla tenía latencia. En la semilla de esta maleza, se reporta latencia prolongada, porque a la cosecha la germinación es de 34.7 %; incluso después de 20 años de almacenada a temperatura ambiente (20 a 22°C), la viabilidad es 90 % (Seiler, 2010). En este experimento, en el análisis de la varianza mostró efecto significativo (*P ≤ 0.001*) de los tratamientos para inducir la germinación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de la varianza, de un diseño completamente al azar entre tratamientos para promover la germinación en la semilla del polocote (*H. annuus*).

F.V	g.l	PN	PA	SM	SD
Modelo	15	0.00072**	0.00130***	0.01992***	0.01962***
Error	32	0.00014	0.00022	0.00037	0.00012
Total	47				
CV		15.4	2.3	13.7	2.2

F.V: Fuente de variación; g.l: grados libertad; CV: Coeficiente de variación. Significancia estadística ***(*P < 0.001*); **(*P < 0.001*); *(*P < 0.01*) y ns: no significativo.

El tratamiento a la semilla en agua por 24 horas a 5 ºC (T1), fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, con un 30 % de germinación de plántulas normales; 3 % de plántulas anormales, 20 % de semillas muertas y 47 % de semillas duras (Cuadro 2). Cabe mencionar, que en este experimento se consideró semilla muerta; aquellas que desarrollaron crecimiento de micelio en la superficie del pericarpio. En segundo lugar, con casi un 50 % menos, de plántulas normales los tratamientos (T2, T13 y T14) estadísticamente similares; semilla; inmersión en agua por 48 horas a 5 ºC; inmersión en ácido giberélico por 24 y 48 horas a 5 ºC respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias entre tratamientos para eliminar latencia en la semilla del polocote.

Tratamiento		PN (%)	PA	SM	SD
T1	5 ºC + H_2O + 24 h	30 a	3 b	20 ab	47 c
T2	5 ºC + H_2O+ 48 h	16 b	0 c	13 b	71 b
T3	20 ºC + H_2O + 24 h	0 c	0 c	7 bc	93 a
T4	20 ºC + H_2O + 48 h	0 c	0 c	5 bc	95 ab
T5	5 ºC + H_2O_2 + 24 h	2c	0 c	10 b	85 ab
T6	5 ºC + H_2O_2 + 48 h	0 c	4 b	17 ab	83 ab
T7	20 ºC + H_2O_2 + 24 h	0 c	0 c	27 a	73 b
T8	20 ºC + H_2O_2 + 48 h	0 c	0 c	0 c	96 a
T9	5 ºC + KNO_3 + 24 h	0 c	3 b	10 b	90 a
T10	5 ºC + KNO_3 + 48 h	4 c	0 c	13 b	84 ab
T11	20 ºC + KNO_3 + 24 h	0 c	2 b	9 b	91 a
T12	20 ºC + KNO_3, + 48 h	0 c	0 c	13 b	88 a
T13	5 ºC + $C_{19}H_{22}O_6$+ 24 h	12 b	7 a	8 bc	80 ab
T14	5 ºC + $C_{19}H_{22}O_6$ + 48 h	12 b	0 c	10 b	78 ab
T15	20 ºC + $C_{19}H_{22}O_6$ + 24 h	0 c	0 c	10 b	90 a
T16	20 ºC + $C_{19}H_{22}O_6$ + 48 h	0 c	0 c	10 b	90 a

PN y PA: plántulas normales y anormales; SM y SD: semillas muertas y duras. H2O: agua; H_2O_2: peróxido; KNO_3: nitrato de potasio y $C_{19}H_{22}O_6$: ácido giberélico. Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

Maiti *et al*. (2006) reporta que la inmersión de las semillas de girasol en agua destilada por 24 h es el método más sencillo y económico para inducir la germinación en semillas latentes. Ningún tratamiento con peróxido y nitrato de potasio promueven la germinación de plántulas normales, sin importar la temperatura y tiempo de incubación o cuando el solvente es agua a 20 ^{o}C (Cuadro 2). Merino *et al*. (2018), reportan en semillas con fuerte latencia como el chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz and Pav.) el mejor resultado de germinación es con $C_{19}H_{22}O_6$ (15 mg durante 24 h) y en H_2O_2 (20 % por 15 min); el tratamiento con H_2SO_4 afecta en forma negativa. Por otra parte, en algunos cultivares de girasol, la germinación fue del 2 % utilizando KNO_3 al 0.2 % (Nasreen *et al*., 2015). En el caso del $C_{19}H_{22}O_6$ se ha encontrado un efecto positivo en especies silvestres del género *Heliantus* spp., cuando se realiza remoción completa del pericarpio (Castillo *et al*., 2018).

En el análisis de la varianza (Cuadro 3), la temperatura presentó el mayor valor estadístico (47 %), en el porcentaje de plántulas normales y de semillas duras, más que en el porcentaje de plántulas anormales y semillas muertas. Es decir, la temperatura condiciona la germinación de la semilla de polocote, en comparación con el solvente y el tiempo de inmersión. En girasol cultivado se reporta que, la germinación puede ocurrir un rango de 5 a 38 ^{o}C, sin embargo, a temperaturas > a 38 ^{o}C, se inhibe la germinación (González *et al*., 2014). En este experimento las interacciones de segundo orden se formaron 12 combinaciones, de las cuales, fueron significativas seis; mientras que de tercer orden se formaron cuatro y dos fueron significativas, es decir el 50 % de los resultados se pueden explicar por la presencia de las interacciones sobre todo el porcentaje de semillas duras o latentes. Estos resultados pueden ser atribuidos a que la latencia de la semilla de polocote es compleja, controlado por factores externos como la temperatura, la capacidad y tiempo para hidratarse e internos como el pericarpio que puede ser una barrera mecánica en especies del género *Helianthus* (Castillo *et al*., 2019). En semillas de girasol cultivado, la germinación está relacionada con la presencia del pericarpio y el tiempo pos cosecha (DDC); después de 30 DDC con y sin pericarpio 26 % y 65 %; 70 DDC 77 % y 96 % respectivamente (Vigliocco *et al*., 2017). En este experimento se usó el peróxido de oxígeno, como un agente químico para escarificar la semilla; debido a que la remoción mecánica del pericarpio es una operación difícil en la semilla del polocote, cuyo tamaño oscila entre 2 a 4 mm, por lo tanto, es lenta, solo se puede hacer en un limitado número de semillas, además durante la remoción puede haber daño al embrión.

Cuadro 3. Cuadros medios del análisis de la varianza, de la prueba para romper latencia en semilla del polocote (*H. annuus*).

F.V	g.l	PN	PA	SM	SD	V.A (%)
TE	1	1074***	0.2 ns	151 ns	1888***	47.0
S	3	320**	12.6 ns	47 ns	301**	10.3
TI	1	23 ns	6.0 ns	137 ns	248*	6.2
TE*S	3	320**	8.2 ns	82 ns	757***	17.6
TE*TI	1	23 ns	42.2**	248**	11 ns	4.9
S*TI	3	45 ns	22.6*	71 ns	222**	5.4
TE*S*TI	3	45 ns	6.4 ns	228**	288*	8.6
CV		17.3	18.4	11.8	6.9	

F.V: Fuente de variación; g.l: grados libertad; TE: temperatura (ºC), S: solvente y TI: tiempo de incubación. Interacciones de segundo y tercer orden: TE*S, TE*TI, S*TI y TE*S*TI. PN y PA: plántulas normales y anormales; SM y SD: semillas muertas y duras. V.A: varianza acumulada. Significancia estadística ***($P < 0.001$); **($P < 0.001$); *($P < 0.01$) y ns: no significativo.

CONCLUSIONES

La semilla de la maleza polocote tiene latencia de un 100 %, al momento de la cosecha. El mejor tratamiento para romper la latencia de la semilla fue inmersión en agua por 24 horas a 5 ^{o}C (T1), fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, con un 30 % y 3 % de germinación de plántulas normales y anormales; 20 % y 47 % de semillas muertas y duras respectivamente. La germinación de la semilla de polocote estuvo influenciada significativamente por la temperatura, porque estadísticamente, contribuyó con el 47 % de la varianza total. Estos resultados indican que es necesario hacer otros experimentos, donde el factor principal sea la temperatura, para determinar los rangos óptimos que inducen la germinación y el efecto post cosecha de la semilla.

REFERENCIAS

Alanís, R. E., Mora, O. A. y Marroquín de la F. J. S. 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Monterrey, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. (Tendencias) Universidad Autónoma de Nuevo León. 62 p.

Burgos, N. R., Patrick, J., Tranel, J. C. Streibig, V., M. D., Dale, S., J. K. N., and Ritz. C. 2013. Review: Confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. Weed Sci. 61: 4-20. doi:10.1614/WS-D-12-00032.1

Castillo, L. E., Pritchard, H.W. and Finch, S. W. E. 2019. Comparison of seed and seedling functional traits in native Helianthus species and crop *H. annuus* (sunflower). Plant Biology 21: 533-534.

Espitia, M., Cardona, C., y Aramendiz, H. 2017. Morfologia y viabilidad de semillas de *Bombacopsis quitana* y *Anacardium excelsum*. Cultivos Tropicales. 38(4):23-29.

González, R. B., Tognetti, J., Benech-Arnold, R. and Izquierdo, N.J. 2014. Germination responses to temperature and water potential as affected by seed oil composition in sunflower, Ind. Crops Prod. 62:537-544. doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.029.

ISTA, Asociación Internacional de Análisis de Semillas. 2017. Normas internacionales para el análisis de semillas. Bassersdorf, Suiza.

Kantar, M. B., Sosa, C. C., Khoury, C. K., Castañeda-Álvarez, N. P., Achicanoy, H. A., Bernau, V., Kane, N. C., Marek, L., Seiler, G and Rieseberg, L. H. 2015. Ecogeography and utility to plant breeding of the crop wild relatives of sunflower (Helianthus annuus L.). Front. Plant Sci. 6:841.

Maiti, R. K. P., Vidyasagar, S. C. Shahapur, Ghosh, S. K. and Seiler, G. J. 2006. Development and standardization of a simple technique for breaking seed dormancy in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 29(45): 117-126.

Mercado, S., Caleño, J., y Rozo, L. 2020. Improvement of the methodology of the tetrazolium test using different pretreatments in seeds of the genus Epidendrum (Orchidaceae). J. Seed Sci.42: 1-8. http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42n1221062.

Merino-Valdés, M., Andrés-Meza, P., Leyva-Ovalle, O. R., et al. 2018. Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). Acta Agronómica. 67(4): 531-537. https://doi.org/10.15446/acag.v67n4.73426

Nasreen, S., Ayub, K. M., Muhammad, Z., Mehwish, I., Saleem, U. A. and Zarrin, F. R. 2015. Response of sunflower to various pre- germination techniques for breaking seed dormancy. Pak. J. Bot., 47(2): 413-416, 2015.

Pérez, P. L. 2018. ¿Cómo Proceder Ante El Incumplimiento de Las Premisas de Los Métodos Paramétricos? O ¿cómo Trabajar Con Variables Biológicas No Normales?" Rev. Jard. Bot. Nac. 39: 1–12.

Rosales-Robles, E., Sánchez-de la Cruz, R. y Cerda-García, P.A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. Rev. Fit. Mex. 34(4): 269-275.

Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. 2008. Compositae. Tribu Heliantheae (II). En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 157. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Salazar, S., Botello, H. and Quintero, J. 2019. Pre-treatments effect on the Tetrazolium Test on *Epidendrum barbaricum* Hágsater & Dodson Seeds. Acta Agron. 68(4): 306-311. doi: 10.15446/acag.v68n4.79619

SAS. Statistical analysis system. 2016. SAS User´s Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.

Seiler, G. J., Lili, L., and Qi, L. F. 2017. Marek Utilization of Sunflower Crop Wild Relatives for Cultivated Sunflower Improvement. Crop Science 57(3): 1083-1101. doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0856

Seiler, G. J. 2010. Germination and viability of wild sunflower species achenes stored at room temperature for 20 years. Seed Sci. Tech. 38: 786-791. doi:10.15258/sst.2010.38.3.27.

Silva, S. M. M., M. A. Cano, G. Díaz, V. Serrano, J. A. Ruiz y G. Medina. 2007. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Tamaulipas (1961-2003). INIFAP. CIRNE-CERIB. Libro Técnico No. 2. 307 p.

Travlos, I., Gazoulis, I., Kanatas, P., Tsekoura, A., Zannopoulos, S. and Papastylianou, P. 2020. Key Factors affecting weed seeds germination, weed emergence, and their possible role for the efficacy of false seedbed technique as weed management practice. Front. Agron. 2:1. doi: 10.3389/fagro.2020.0000

Upadhyaya, M. K., Steve, W. A. and Li, Ma. 2022. Weed seed dormancy and persistence of weeds. Chapet 3. In Persistence Strategies of Weeds. Editor(s): Mahesh K. Upadhyaya, David R. Clements, Anil Shrestha. doi:10.1002/9781119525622

Vigliocco, A., Andrade, A., Lindstrom, L. Alemano, S. 2017. Dormancy in sunflower line A-3: the role of the pericarp. Botany. 95 (8): 853–858 doi:10.1139/cjb-2016-0272.

Villaseñor, R. J. L. y Espinosa G. F. J. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

Yalcin, K. and Roumiana, V. I. 2021. Chapter 9. Wild Sunflowers: The primary genetic resource for sunflower breeding. Wild germplasm for genetic improvement in crop plants. pp. 153-185.

LÍNEAS BASE DE SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS QUÍMICOS EN POBLACIONES DEL PICUDO DE LA GUAYABA *Conotrachelus dimidiatus* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN CALVILLO, AGUASCALIENTES

Rivera-Dávila, Olga Lidia[1]; De Lira-Ramos, Karla Vanessa[2]; González-Gaona, Ernesto[2]; Barajas-Gómez, Héctor Antonio[3]

[1]Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940 C.P. 20131, Aguascalientes, Ags, México.

[2]INIFAP-CEPAB, km 32.5 carr. Ags.-Zac. CP 20660, Pabellón de Arteaga, Ags.

[3]Laboratrorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Pabellón, km 32.5 carr. Ags.-Zac. CP 20660, Pabellón de Arteaga, Ags.

Autor de correspondencia: ramos.vanessa@inifap.gob.mx; vane.delira1523@gmail.com Tel. 01-800-088-2222, ext. 22504.

RESUMEN

El picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* representa la principal plaga para la producción de guayaba en México, con pérdidas económicas importantes cada año. El insecticida malatión es el único insecticida autorizado para controlar dicha plaga. Sin embargo, los productores de la zona han referido resistencia creciente por la plaga a este insecticida, requiriendo el aumento gradual de la dosis y frecuencia de aplicación. Se evaluaron los insecticidas malatión, cipermetrina, lamda cihalotrina, deltametrina y carbofurán, con el objetivo de establecer las líneas bases de susceptibilidad de estos insecticidas en poblaciones de picudo de la guayaba. La dosis obtenida del insecticida malatión requerida para matar al 100% de picudos adultos de la zona fue 3.5 veces menor que la dosis recomendada en el producto comercial por lo que se demuestra que la población evaluada no muestra resistencia al principal insecticida usado en la zona. Por otro lado, de los cinco insecticidas evaluados, el insecticida piretroide cipermetrina fue el que mostró mayor toxicidad letal, requiriendo una dosis 10.7 veces menor que la dosis requerida por el insecticida organofosforado malatión para controlar al picudo de la guayaba, por lo que puede ser una opción para integrarse en el manejo del control del picudo de la guayaba en México.

Palabras clave: Malatión, Cipermetrina, toxicidad letal, CL_{50}, plaga

ABSTRACT

The guava weevil Conotrachelus dimidiatus represents the main pest for guava production in Mexico, with significant annual economic losses. The insecticide malathion is the only insecticide authorized to control the problem, however, producers in the area have reported increasing resistance by the pest to this insecticide, requiring a gradual increase in the dose and frequency of application. In order to establish baselines of susceptibility of these insecticides in guava weevil populations, the insecticides Malathion, cypermethrin, lamda cyhalothrin, deltamethrin, and carbofuran were evaluated. The dose obtained from the insecticide Malathion required to kill 100% of the adult weevils in the area was 3.5-fold lower than the recommended dose in the commercial product, thus demonstrating that the evaluated population does not show resistance to the main insecticide used in the area. On the other hand, of the five insecticides evaluated, the pyrethroid insecticide cypermethrin was that showed the highest lethal toxicity, requiring a dose 10.7-fold lower than the dose required by the organophosphate insecticide malathion to control the guava weevil, so it can be a good choice to integrate into the control management of the guava weevil in Mexico.

Key words: Malathion, cypermethrin, lethal toxicity, LC50, pest

INTRODUCCIÓN

La producción de guayaba en el Municipio de Calvillo, Aguascalientes es de gran importancia gracias a las divisas que genera para el país, la rentabilidad y la competitividad del cultivo (Borja-Bravo, *et al*., 2019).

Los productores se ven afectados por diversos problemas a lo largo de la producción, entre los cuales se encuentran las plagas. El picudo de la guayaba representa la principal plaga, se presenta año con año y afecta directamente la producción ya que daña el fruto dejándolo sin valor comercial. La larva se desarrolla dentro del fruto y se alimenta de la pulpa, causando putrefacción del fruto ocasionando una pseudomaduración del mismo (Vargas *et al*., 2016). El fruto maduro cae al suelo, la larva abandona el fruto y se entierra y entra en un estado de hibernación durante los meses de septiembre hasta febrero, posteriormente, en los meses de marzo a junio se convierte en pupa hasta que se presenten las condiciones favorables para emerger como adulto. Los primeros días de emergencia, los adultos se alimentan de los frutos para madurar sus gónadas y así comenzar con el apareamiento. Las hembras ovipositan en los frutos preferentemente tamaño canica y de esta manera comenzar con el ciclo nuevamente (González *et al*., 2008).

De tal manera, que la única oportunidad para el control del picudo es cuando se presentan los adultos, representando una etapa de su ciclo muy corta (junio-septiembre). Durante la etapa de producción, los productores mantienen bajas las poblaciones del picudo, menos del 10%, con aplicaciones de productos de síntesis química. El malatión es el único producto autorizado para el cultivo de la guayaba con registro ante la COFEPRIS. Dado que las opciones de control son limitadas, los productores se ven en la necesidad de aplicar de manera constante el mismo ingrediente activo. Sin embargo, esta práctica conlleva a que los organismos desarrollen resistencia a los productos, ocasionando que los productores utilicen más cantidad de producto y/o con mayor periodicidad. Para determinar si una población es resistente o susceptible, es necesario el conocimiento de la susceptibilidad base de una población que no ha sido expuesta a productos químicos. A pesar del uso excesivo de malatión en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes, se desconoce el nivel de susceptibilidad de esta plaga. El objetivo de este trabajo fue establecer líneas bases de diferentes insecticidas químicos en poblaciones de picudo de la guayaba, para tener información sobre el estatus actual con el Malatión y otros insecticidas que puedan ser contemplados dentro del sistema de control en el futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los meses de junio a septiembre del 2022, se recolectaron adultos de picudos de la guayaba en la Zona de Calvillo, Aguascalientes, México mediante la técnica del manteo. Los adultos fueron recolectados de árboles o huertas abandonadas donde se corroboró que no hacen aplicaciones de insecticidas. Lo adultos obtenidos se confinaron en recipientes de plástico de 4 L y se trasportaron en hieleras al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CEPAB-INIFAP).

Se eligieron cinco insecticidas de químicos: Malatión, Cipermetrina, Carbofuran, Lambda-Cialotrina y Deltametrina.

Para determinar la susceptibilidad del picudo de la guayaba a los productos mencionados, se realizaron bioensayos para establecer las dosis letales de 24 h (CL_{50}) de cada insecticida. Se prepararon soluciones con productos comerciales de grado técnico a las concentraciones recomendadas de cada insecticida con agua destilada y Tween 20 (0.05%, v/v). Las soluciones se prepararon en frascos de 1 L. Se prepararon soluciones madre a

partir del producto comercial (100%). Se prepararon soluciones stock al 10%, posteriormente, se prepararon dosis de menor concentración en proporción logarítmica para obtener las diluciones del 1 % al 0.00001 %. Se determinó la ventana biológica de cada producto, que es el intervalo de respuesta del tóxico desde el 0 % al 100 % de mortalidad. A partir de estos datos se calcularon las dosis intermedias para realizar los bioensayos definitivos y determinar las dosis letales CL_{50} y CL_{100} de cada insecticida. Se analizaron cinco dosis de cada plaguicida (tratamientos) partiendo de la dosis recomendada en el producto (mL/L de agua) y un testigo sin plaguicida. Se realizaron tres replicas por concentración.

Se seleccionaron 10 adultos del picudo de la guayaba. Los bioensayos de toxicidad letal se realizaron utilizando el método de inmersión (Quintela y McCoy, 1997), el cual consistió en colocar los picudos adultos en una tela de organza y sumergirlos durante 10 segundos en cada tratamiento. Posteriormente, se colocaron en un papel absorbente para eliminar el exceso del tratamiento. Los picudos adultos expuestos se colocaron en frascos de plástico de 100 mL, con una tapa adaptada con una maya de organza que permite el flujo de aire a los cuales se les colocó un trozo de guayaba como alimento. Los tratamientos con los picudos se dejaron incubando a 25 °C en una cámara bioclimática (8:16; Oscuridad: Luz).

Las lecturas de mortalidad se tomaron a las 24 horas después de la exposición. Se observó cada insecto tratado en forma individual. Se tomó como criterio de mortalidad a los picudos que se mantuvieran inmóviles, en posición dorsal o lateral o que presentaran movimientos anormales y no reaccionaron al presionarle el rostrum con unas pinzas. El porcentaje de mortalidad se corrigió con la ecuación de Abbott (Abbott, 1925). Los valores de CL_{50} y CL_{100} se calcularon mediante análisis Probit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación de los niveles de resistencia a insecticidas en poblaciones de campo mediante líneas base y dosis de diagnóstico representan una actividad de suma importancia al momento de establecer estrategias de control de una plaga (Avendaño-Meza *et al*., 2016).

En el presente estudio, el piretroide Lamda-cihalotrina fue el insecticida más tóxico para el picudo de la guayaba, *C. dimidiatus*, presentando menor CL_{50}, seguida por el insecticida

piretroide cipermetrina, siendo carbofurán (Furadan®) el insecticida menos tóxico. La CL_{50} es la concentración que mata el 50% de la población tratada (Lagunes-Tejada *et al*., 2009).

De acuerdo a los resultados de CL_{50}, el orden de toxicidad fue: lamda-cihalotrina > cipermetrina > malatión > deltametrina > carbofurán, siendo lamda-cihalotrina 1.8 veces mayor que cipermerina, 2.9 veces mayor que malatión, 3.4 veces mayor que deltametrina y 16.4 veces mayor que carbofurán (Cuadro 1). En todos los casos hubo diferencias estadísticas significativas entre los valores de CL_{50}.

Cuadro 1. Toxicidad letal media (CL_{50}) de 24 h del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* a cinco insecticidas químicos.

Plaguicida	**Clase**	**CL_{50} (mg/L)**	**IC (95%) (mg/L)**	**r^2**	**Ecuación de la recta**
Malatión	Organofosforado	37.54c	28.18-49.31	0.94	*y = -0.178+3.289x*
Cipermetrina	Piretroide	23.27b	17.78-27.11	0.88	*y= 0.909 + 0.175x*
Carbofurán	Carbamato	206.85e	174.43-239.25	0.85	*y=-0.057 + 0.022x*
Lamda-cihalotrina	Piretroide	12.61a	9.55-16.22	0.87	*y=0.408 + 4.114X*
Deltametrina	Piretroide	43.57d	27.99-67.76	0.87	*y=0.046 + 2.893x*

Los valores de CL_{50} seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes en $\alpha = 0.05$. CL_{50}= Concentración letal donde mueren el 50 % de los individuos expuestos. IC (95 %)= Intervalos de con fianza al 95 %. r^2 =Coeficiente de correlación de la regresión. N = 10.

En el caso de los resultados de las dosis donde mueren el 100% de los individuos expuestos (CL_{100}), el insecticida más tóxico fue el insecticida piretroide cipermetrina, el cual requirió una dosis menor para matar al 100% de la población expuesta, seguido por el también insecticida piretroide lamba-cihalotrina, siendo deltametrina el insecticida menos tóxico, presentando diferencia significativa entre todas las dosis letales (CL_{100}). De acuerdo a los resultados de CL_{100}, el orden de toxicidad fue: cipermetrina > lamda-cihalotrina > carbofurán > malatión > deltametrina. En este caso cipermetrina presentó una toxicidad 1.6 veces mayor que lamda-cihalotrina, 9.9 veces mayor que carbofurán y 10.7 veces mayor que malatión (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de Toxicidad letal de 24 h (CL_{100}) del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* a cinco insecticidas químicos.

Plaguicida	**Presentación**	**Dosis recomendada (mg/L)**	**CL_{100} (mg/L)**	**IC (95%) (mg/L)**
Malatión	Malatión 1000®	1500	426.58d	269.15-676.08
Cipermetrina	CE 200®	300	39.62a	32.15-47.09
Carbofurán	Furadan 350®	600	394.49c	326.94-462.06
Lamda-cihalotrina	Karate Zeon®	500	63.10b	46.77-123.02
Deltametrina	Decis®	250	501.19e	213.79-1258.92

Los valores de CL_{100} seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes en $\alpha = 0.05$. CL_{100}= Concentración en donde mueren el 100% de la población expuesta. IC (95%)= Intervalos de con fianza al 95 por ciento. r^2 =Coeficiente de correlación de la regresión. N = 10.

La información mostrada en el Cuadro 2, sugiere que las dosis requeridas para controlar al picudo de la guayaba, son de 2 a 8 veces menores que las recomendadas por los fabricantes de los productos para controlar plagas de coleópteros, excepto para deltametrina donde la dosis requerida para matar al 100% de los picudos de la guayaba es dos veces mayor que la recomendada por el producto.

Con respecto al insecticida químico Malatión, que es el único plaguicida autorizado en la producción de guayaba (González *et al*., 2008) registró una dosis diagnostico donde muere el 100% de los individuos expuestos (CL_{100}) de 37.54 mg/L, por lo que la dosis recomendada en el producto es 3.51 veces mayor que la dosis obtenida en el presente estudio. De acuerdo con lo reportado por González (2002), Mendoza *et al*. (2004) y Insuasty *et al*. (2008), sugieren una dosis de 250 a 350 cc en 100 L de agua lo cual representa 1820 mg/L de ingrediente activo, siendo 4.26 veces más a la dosis obtenida en el presente trabajo.

Cabe mencionar que los resultados corresponden a poblaciones susceptibles, lo cual indica que no han sido expuesto a ningún insecticida químico. De acuerdo con Young-Joon *et al*. (2004) para determinar sí una población es resistente, se requiere una población susceptible y una población problema (población de campo expuesta a insecticidas químicos). Por lo tanto, los resultados de este estudio son la base para reconsiderar las dosis que actualmente se recomiendan y se aplican en la producción de guayaba en la zona de influencia en Calvillo, Aguascalientes.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en los bioensayos, cuatro de los cinco insecticidas evaluados presentaron buena toxicidad en el control del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus*. La dosis obtenida del insecticida malatión requerida para matar al 100% de picudos adultos de la zona fue 3.5 veces menor que la dosis recomendada en el producto comercial por lo que se demuestra que la población evaluada no muestra resistencia al principal insecticida usado en la zona. Estos resultados demuestran que existen poblaciones de picudo de la guayaba en la zona que aún no muestran resistencia al malatión. De los cinco insecticidas evaluados, el insecticida piretroide cipermetrina mostró mayor toxicidad letal, el cual requiere una dosis 10.7 veces menor que el insecticida malatión para controlar al picudo de la guayaba y 7.6 veces menor que la dosis recomendada en el producto comercial, por lo cual podría ser una opción interesante para integrarse en el manejo del control del picudo de la guayaba en México.

REFERENCIAS

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economy Entomololgy. 18: 265-267. DOI: org/10.1093/jee/18.2.265ª

Avendaño-Meza, F., Corrales-Madrid, J. L., Parra-Terraza, S., Medina-López, R., Gaspar-Aguilar, S. S., & Avendaño-Jatomea, F. D. (2016). Líneas base de susceptibilidad a tres insecticidas en poblaciones de picudos del chile *Anthonomus eugenii* cano, 1894 (Coleóptera: Curculionidae) del estado de Sinaloa. Entomología Mexicana, 3, 775-780.

Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A., Cuevas-Reyes, V., Arellano Arciniega, S., & Almeraya Quintero, S. X. (2019). Competitividad y eficiencia económica de los sistemas de producción de guayaba en Calvillo, Aguascalientes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(7), 1551-1563.

González, G. E. (2002). Control de plagas insectiles. pp. 86−109, *in*: G. E. González, R. J. S. Padilla, M. L. Reyes, M. A. Perales de la Cruz, y V. F. Esquivel (Eds.). Guayaba, su cultivo en México. INIFAP, Coyoacán, México

González, G., Lozano, G., España, L., Tafoya, R., Padilla, R., Perales, C. y Juárez, M. (2008). Estrategias de manejo orgánico - biológico del picudo de la guayaba (*Conotrachelus* spp). Folleto Técnico Núm. 39. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México.

Insuasty B. O., Monroy, R., Díaz, A. y J. Bautista. (2008). Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santander. Boletín Técnico, Publicación del Instituto Colombiano Agropecuario. Imprenta Nacional de Colombia.

Lagunes-Tejeda, Á., Rodríguez-Maciel, J. C., Loera-Barocio, D., & Juan, C. (2009). Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. Agrociencia, 43(2), 173-196.

Mendoza López, M. R., Luis Aguilar, A., y Castillo Orta, S. F. (2004). Guayaba (*Psidium guajava* L.) su cultivo en el oriente de Michoacán. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Campo experimental Uruapan. Folleto técnico, (4), 49.

Quintela, E. D. y Mccoy, A. W. (1997). Pathogenicity enhancement of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to first instars of Diaprepes abbreviates (Coleoptera: Curculionidae) with sublethal doses of imidacloprid. Environmental Entomology. *26*(5): 1173-1182. DOI: org/10.1093/ee/26.5.1173

Vargas-Madriz, H., Martínez-Damian T., Lázaro-Dzul, M., Terán-Vargas, A. y Azuara-Domínguez, A. (2016). New distribution registry of guava weevil, *Conotrachelus dimidiatus* Champion, in Guava (*Psidium guajava* L.) in Mexico. Southwestern Entomologist. 41(3): 883-886. DOI: org/10.3958/059.041.0332

MANEJO AGRONÓMICO Y RENTABILIDA DE LA HIGUERILLA EN EL ALTIPLANO SEMIARIDO DE MÉXICO

Sergio Arellano Arciniega[1*], Mercedes Borja Bravo[1], Rigoberto Rosales Serna[2], Omar Castor Ponce García[3] y Rafael Jiménez Ocampo[2]

[1] INIFAP – Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags., México. C. P. 20660. [2] INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.

[3]INIFAP – Sitio Experimental Sierra de Chihuahua, Chihuahua, México.

Autor responsable: arellano.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La higuerilla se ha convertido en un cultivo de importancia por el uso de sus semillas en la industria aceitera. Los estados del altiplano semiárido de México han mostrado potencial para este cultivo, por lo que el objetivo fue evaluar el comportamiento y rendimiento de dos variedades de higuerilla bajo diferentes densidades de plantas y estimar la rentabilidad del cultivo en los estados de Durango y Aguascalientes. Durante el 2022 se establecieron dos parcelas experimentales en el INIFAP, se evaluaron las variedades SAB14 y OAX1 en diferentes densidades y con riego, así mismo se recopilaron y estimaron variables económicas para determinar la rentabilidad del cultivo. La variedad SAB14 mostró un mejor rendimiento a 1.5 m de distancia entre plantas y OAX1 a 2 m de distancia. En Aguascalientes, la variedad SAB 14 a 1.5 m entre plantas se obtuvo un rendimiento de 2.9 t ha^{-1} y en Durango de 2.2 t ha^{-1}; mientras que, con OAX1 se obtuvieron 2.9 t ha^{-1} en Aguascalientes y 4.2 t ha^{-1} en Durango. La rentabilidad de la higuerilla en Durango osciló entre 33.5 y 115.7%, mientras que en Aguascalientes osciló entre 101.7 a 107.8%. En Durango se obtuvo un mejor rendimiento y como consecuencia una mejor rentabilidad con OAX1. En Aguascalientes ambas variedades mostraron rendimientos similares, aunque con la variedad SAB14 se obtuvo mayor rentabilidad.

Palabras clave: densidad de plantas, rendimiento, rentabilidad.

ABSTRACT

The castor has become an important crop due to the use of its seeds in the oil industry. The states of the semi-arid highlands of Mexico have shown potential for this crop, so the objective was to evaluate the behavior and yield of two varieties of castor beans under different plant

densities and estimate the profitability of the crop in the states of Durango and Aguascalientes. During 2022, two experimental plots were established at INIFAP, the SAB14 and OAX1 varieties were evaluated at different densities and with irrigation, likewise, economic variables were collected and estimated to determine the profitability of the crop. The SAB14 variety showed a better performance at 1.5 m distance between plants and OAX1 at 2 m distance. In Aguascalientes, the SAB 14 variety at 1.5 m between plants yielded 2.9 t ha-1 and in Durango 2.2 t ha-1; while, with OAX1, 2.9 t ha-1 were obtained in Aguascalientes and 4.2 t ha-1 in Durango. The profitability of castor beans in Durango ranged between 33.5 and 115.7%, while in Aguascalientes it ranged from 101.7 to 107.8%. In Durango, a better performance was obtained and, as a consequence, a better profitability with OAX1. In Aguascalientes, both varieties showed similar yields, although with the SAB14 variety, higher profitability was obtained.

Key words: plant density, yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

La higuerilla es una planta que ha generado expectativas para su producción comercial, ya que el aceite extraído de las semillas es apreciado en la industria automotriz, farmacéutica, cosmetológica, aeronáutica y médica. También, se utiliza en la producción de fertilizantes, pesticidas y como fuente alternativa para la producción de biodiesel y bioturbosina (Sepúlveda, 2012). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la higuerilla se puede cultivar en 30 estados del país en una superficie de 10 millones de ha, de las cuales el 38% son de alto potencial productivo y el resto es de potencial medio y bajo (Rico *et al.,* 2011).

La higuerilla se encuentra ampliamente distribuida en México y posee potencial de producción de semilla (Solís *et al*., 2016). Durante el periodo 2018-2020, en promedio se cosecharon 635 ha y se obtuvo una producción de 4,361 toneladas (FAO, 2021). Según datos del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP), durante el periodo 2010-2020, la superficie cosechada tuvo una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 10.3%; mientras que, el rendimiento mostró una tendencia creciente, sobre todo a partir de 2011, este comportamiento se puede atribuir a un auge en la investigación sobre el cultivo, dando origen a semillas mejoradas y paquetes tecnológicos para la producción de esta semilla de manera comercial (Barrios *et al.,* 2018; Valencia *et al.,* 2019).

En Durango y Aguascalientes a partir de 2018, se ha promovido un programa de reconversión productiva. Es así como surge el interés de validar el potencial productivo y económico del cultivo de la semilla de higuerilla en estos estados. Sin embargo, para poder brindar una recomendación efectiva a los tomadores de decisiones y productores, la información agronómica debe ser acompañada de información económica. Es así que el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento y rendimiento de dos variedades de higuerilla bajo diferentes densidades de plantas y estimar la rentabilidad del cultivo en los estados de Durango y Aguascalientes.

MATERIALES Y METODOS

En Aguascalientes, en 2022, se sembró una parcela experimental en el Campo Experimental Pabellón localizado a los 22° 09’ 34” N, 102° 17’ 39” O y una altitud de 1,912 m. El suelo predominante es franco-arenoso, el clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano y la media anual para esa variable es 16.9 °C. La lluvia promedio, acumulada durante el año, alcanza 477 mm y registra valores altos entre junio y septiembre.

En Durango, se sembró una parcela experimental en 2022, en el Campo Experimental Valle del Guadiana ubicado a los 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es franco-arcilloso, el clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano y la media anual para esa variable es 16.3 °C. La lluvia acumulada durante el año alcanza 500 mm y registra valores altos entre junio y septiembre.

Material genético. Se sembraron las variedades de higuerilla SAB 14 y OAX 1, esta última utilizada en siembras comerciales en el estado de Oaxaca.

Manejo agronómico.

En el Campo Experimental Valle del Guadiana se estableció el experimento como un diseño factorial (Variedades y Distancia de Siembra). Las distancias de siembra incluidas en el estudio fueron 1 m (12,300 plantas/ha), 1.5 m (8,200 plantas/ha) y 2 m (6,150 plantas/ha). La siembra se realizó en forma combinada (mecánica y manualmente) el 02 de mayo de 2022 y la parcela constó de 9 surcos de 50 m de longitud y 0.81 m de separación. Se realizaron tres escardas, se fertilizó con la dosis 35-50-00 y se aplicaron cuatro riegos de auxilio, para evitar estrés hídrico severo en las plantas de higuerilla. En el Campo Experimental Pabellón se estableció una réplica del experimento de Durango, se sembró el 25 de mayo de 2022. Se realizaron dos escardas y un deshierbe manual, la fertilización se aplicó 30 días después de

la siembra (DDS) y se utilizó la dosis 60-46-00. Se aplicaron dos riegos de auxilio para evitar el estrés hídrico severo en las plantas de higuerilla.

Variables morfo-agronómicas.

Las variables evaluadas fueron días a inicio de floración, altura de planta y longitud de la espiga principal. El inicio de la floración se registró en el momento que se observó la emergencia de la espiga principal, en más del 50% de las plantas de cada parcela experimental y variedad. La altura de planta se evaluó en el tallo principal de la planta, mediante la medición desde la superficie del suelo y hasta el ápice de la espiga con una regla métrica de 3 m de longitud y precisión de 1 cm. La longitud de la espiga se determinó con una regla métrica de 1 m y se consideró desde la inserción del raquis de la espiga en el tallo principal de la planta y hasta el ápice de la inflorescencia.

En cada muestra se cosecharon todas las espigas de las plantas, para luego ser trilladas en un proceso de dos pasos, que incluyó labor manual (separación de las cápsulas del raquis) y mecánica (separación de la semilla de los carpelos). Después, se limpió el grano para determinar el rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha) y peso de 100 semillas, las cuales fueron tomadas al azar en la muestra de grano cosechada en cada repetición.

Variables económicas.

Se recopiló información sobre coeficientes técnicos, insumos, labores y practicas realizadas en las parcelas experimentales y precios. La información recopilada se ordenó y capturó en formatos elaborados en hojas de cálculo del programa Excel 2016.

Los costos de producción calcularon considerando los precios observados en el ciclo primavera-verano 2022. Los costos fueron divididos en: a) Costos directos que contabilizan el pago por fertilizantes químicos, costo de la semilla, agua de riego y pago por labores mecanizadas y manuales y; b) Costos indirectos que incluyeron los gastos generales como gastos de acarreo y depreciación del sistema de riego. Así mismo, se estimó el ingreso bruto, ganancia, relación beneficio costo y la rentabilidad del cultivo de semilla de higuerilla en Durango y Aguascalientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización morfo-agronómica.

En Durango, se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) únicamente entre variedades (V) de higuerilla para altura de planta y longitud de la espiga (Cuadros 1). Se registró igualdad estadística en la interacción D x V (Densidad * Variedad) para ambas variables, lo que se relacionó con la estabilidad de este atributo en las variedades de higuerilla, entre distancias de siembra. La mayor altura de la planta se registró en la variedad SAB 14 (291.0 - 298.0 cm), que superó significativamente a OAX 1 (193.0 – 225.0 cm). La variedad SAB 14 mantuvo la altura de la planta entre densidades de plantación; mientras que OAX 1 presentó variación, especialmente en la distancia de 1.5 m entre plantas. En Aguascalientes, SAB 14 (218.3-259.6 cm) superó a OAX 1 (153.9-190.0 cm) en altura de planta. Los valores de altura de la planta fueron inferiores a los registrados por Barrios *et al*. (2018), quienes reportaron un valor máximo de 400 cm. En un estudio alterno se observaron valores de altura de planta entre 100.0 y 309.0 cm (Llaven *et al*., 2019), que fueron similares a los valores obtenidos en esta evaluación. Se requiere mejoramiento genético para porte bajo, debido a que ambas variedades superaron los 200 cm de altura de la planta en la mayoría de las distancias de siembra, lo cual es indeseable en higuerilla, por la dificultad para la realización de la cosecha mecánica (Soratto *et al*., 2011).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para características evaluadas en variedades de higuerilla cultivadas en Durango y Aguascalientes, México. 2022.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Altura de Planta (cm)	Longitud de Espiga (cm)
Repetición (R)	2	913.7$^{N.S.}$	16.3
Densidad (D)	2	306.1$^{N.S.}$	83.9$^{N.S.}$
R x D	4	1115.5	46.2
Variedades (V)	1	29930.9**	660.1**
DxV	2	620.4$^{N.S.}$	0.9$^{N.S.}$
Error	6	145.6	36
Coeficiente de Variación (%)		4.8	8.5

**Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); $^{N.S.}$ No significativo.

En Durango, la longitud de la espiga fue estadísticamente igual entre distancias de siembra (70.4 cm) y únicamente se observaron valores significativamente mayores en la variedad SAB 14 (72.9 – 79.9

cm) en comparación con OAX 1 (60.0-67.8 cm) (Cuadro 2). En Aguascalientes, la longitud promedio de la espiga fue inferior (47.8 cm), con valores más altos en SAB 14 (53.5 a 64.3 cm). Los valores que se registraron en SAB 14 fueron similares a los observados en un grupo diverso de germoplasma de higuerilla, donde se obtuvieron longitudes máximas de la espiga entre 70.0 y 73.0 cm (Llaven *et al*., 2019). Solís *et al*. (2016) reportaron valores de longitud de la espiga entre 16.6 cm y 49.9 cm, los cuales fueron superados por SAB 14; aunque no por OAX 1 (30.4 – 40.2 cm) introducida durante 2022 en el Altiplano Semiárido.

Cuadro 2. Valores medios para características morfológicas de variedades de higuerilla cultivadas en Durango y Aguascalientes, México. 2022.

Variedad/Híbrido	Altura de Planta (cm)	Longitud de Espiga (cm)
	Durango	
SAB 14 (1.0 m)	291.0^{a}	76.5^{a}
SAB 14 (1.5 m)	298.0^{a}	72.9^{a}
SAB 14 (2.0 m)	293.7^{a}	79.9^{a}
OAX 1 (1.0 m)	220.0^{bc}	65.2^{b}
OAX 1 (1.5 m)	193.0^{c}	60.0^{b}
OAX 1 (2.0 m)	225.0^{b}	67.8^{b}
Promedio	253.5	70.4
$Tukey_{0.05}$	30.2	15
	Aguascalientes	
SAB 14 (1.0 m)	218.3^{b}	53.5^{a}
SAB 14 (1.5 m)	248.6^{a}	60.6^{a}
SAB 14 (2.0 m)	259.6^{a}	64.3^{a}
OAX 1 (1.0 m)	153.9^{d}	30.4^{b}
OAX 1 (1.5 m)	168.9^{d}	34.0^{b}
OAX 1 (2.0 m)	190.0^{c}	40.2^{b}
Promedio	206.6	47.2
$Tukey_{0.05}$	29.1	13

Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre localidades ($^{A-B}$) y variedades ($^{a-d}$) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

La duración del periodo de crecimiento en 2022, favoreció la altura de planta y longitud de la espiga en la variedad SAB 14, la cual había mostrado un valor inferior en 2014, cuando alcanzó 246.0 cm de altura y 51.0 cm para la longitud del racimo (Jiménez *et al*., 2015). Dicha variedad, es resultado del proceso de selección masal, muestra adaptación local y puede utilizarse en siembras comerciales de higuerilla en Durango y Aguascalientes. Se consideró necesario ajustar la distancia de siembra (1.5 m), para uniformar la altura de planta, incrementar la longitud de la espiga principal, reducir el número de ramas y aumentar el rendimiento en siembras comerciales de higuerilla.

Días a Floración.

La variedad OAX 1 fue la más precoz para iniciar la floración, tanto en Durango (44 DDS) y en Aguascalientes (60 DDS) y fue seguida de SAB 14 (59 a 67 DDS) (Cuadro 3). Se observaron variaciones considerables para el inicio de la floración, cuando se comparó con otros estudios realizados en México, donde se registraron valores entre 60 a 97 DDS (Llaven *et al*., 2019). En las condiciones del cultivo del Altiplano semiárido, se considera que los materiales de higuerilla precoces a floración y llenado de grano tienen oportunidad mayor para producir rendimiento alto, en comparación con las variedades e híbridos con ciclo intermedio a tardío. Lo anterior, debido al estrés de humedad y disminución de la temperatura que se observan en dicha región a partir del mes de octubre, lo que reduce significativamente el crecimiento y desarrollo de la planta de higuerilla.

Cuadro 3. Valores medios para el número de días a floración en variedades de higuerilla cultivadas en Durango y Aguascalientes. 2022.

Variedad	Días a Floración en Durango	Días a Floración en Aguascalientes
SAB 14	59	67
OAX 1	44	60
Promedio	52	64

Los resultados mostraron que la variedad OAX 1 mostró espigas cortas, debido a su morfología. Por su parte, la variedad SAB 14 presentó floración intermedia y por consecuencia un rendimiento bajo, debido a que se combinó con removilización lenta de fotoasimilados a las espigas y granos en formación; así como, por la presencia de heladas a finales del mes de octubre y principio de noviembre, lo que truncó la madurez apropiada de espigas, cápsulas y granos.

Rendimiento y peso de 100 Semillas.

En Durango, se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) únicamente entre variedades para el rendimiento y peso de 100 semillas (Cuadro 4). La interacción Localidad x Variedad (L x V) resultó no significativa para ambas variables, lo que se relacionó con la estabilidad de la respuesta, entre las distancias de siembra evaluadas. La variedad OAX 1 mostró el valor más alto para rendimiento (2,577.9 – 4,220.6 kg/ha) (Cuadro 5), por lo que superó a SAB 14 (1,901.0 – 2,206.6 kg/ha). Los valores de rendimiento en OAX 1 se situaron fuera del intervalo más alto que se registró un estudio de higuerilla realizado en Sinaloa (2,234 a 3,249 kg/ha) (Llaven *et al*., 2019).

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza para características evaluadas en materiales de higuerilla en Durango y Aguascalientes, Méx. 2020.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 Semillas (g)
Repetición (R)	2	50990.6$^{N.S.}$	9.7
Densidad (D)	2	938335.9$^{N.S.}$	7.5$^{N.S.}$
R x D	4	394546.2	6.6
Variedades (V)	1	7178007.9**	97.1**
DxV	2	1221205.8$^{N.S.}$	4.9$^{N.S.}$
Error	6	421643.6	3.7
Coeficiente de Variación (%)		24.2	4.7

$^{N.S.}$No significativo; **Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$).

El valor medio del peso de 100 semillas fue significativamente más alto en la variedad SAB 14 tanto en Aguascalientes (49.1 a 54.1 g/100 semillas), como en Durango (42.3 a 46.2 g/100 semillas) (Cuadro 5); mientras que, la variedad OAX 1 registro valores entre 43.9 y 49.0 g/100 en Aguascalientes y de 39.0 a 39.3 g/100 semillas en Durango. Los valores del tamaño de la semilla fueron inferiores a los reportados por Barrios *et al*. (2018), donde se obtuvieron valores máximos entre 78.7 y 91.6 g/100 semillas.

Los datos de longitud de la espiga, en combinación con el tamaño medio-grande de la semilla, pueden ser una opción para obtener un rendimiento alto en la región del altiplano semiárido de México. Las variedades SAB 14 y OAX 1 mostraron tamaño intermedio del grano, lo cual resultó aceptable. Con la evaluación se determinó la adaptación local de la variedad OAX 1

mostrando un buen rendimiento, por lo tanto, esta variedad puede ser incluida en los programas de validación de manejo agronómico para optimizar el rendimiento y calidad de la semilla. En el caso de la calidad, se debe realizar selección para incrementar el contenido de grasa y proteína en el grano de higuerilla cultivada en la región del altiplano semiárido de México.

Cuadro 5. Valores medios para características evaluadas en materiales de higuerilla en Durango y Aguascalientes, México. 2022.

Variedad/Híbrido	Rendimiento kg/ha	Peso de 100 Semillas (g)
	Durango	
SAB 14 (1.0 m)	1,901.0^{b}	46.2^{a}
SAB 14 (1.5 m)	2,206.6^{b}	42.3^{a}
SAB 14 (2.0 m)	2,045.1^{b}	43.2^{a}
OAX 1 (1.0 m)	3,143.3^{ab}	39.3^{b}
OAX 1 (1.5 m)	2,577.9^{b}	39.0^{b}
OAX 1 (2.0 m)	4,220.6^{a}	39.3^{b}
Promedio	2,682.4	41.6
$Tukey_{0.05}$	1,627.1	4.8
	Aguascalientes	
SAB 14 (1.0 m)	2394.9^{b}	49.1^{a}
SAB 14 (1.5 m)	2997.3^{a}	54.1^{a}
SAB 14 (2.0 m)	2488.5^{b}	54.1^{a}
OAX 1 (1.0 m)	2291.7^{b}	43.9^{b}
OAX 1 (1.5 m)	2407.5^{b}	46.5^{b}
OAX 1 (2.0 m)	2951.3^{a}	49.0^{a}
Promedio	2588.5	49.5
$Tukey_{0.05}$	1437.1	4.9

Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre variedades ($^{a-c}$) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Rentabilidad de la higuerilla

En el Cuadro 6 se observan las variables económicas del cultivo por estado, los datos corresponden a los rendimientos y costos de producción promedio obtenidos en el manejo de la higuerilla con las tres densidades de plantas (Cuadro 5). En cuanto a los costos de producción, los insumos agrícolas fueron los más elevados, esto fue por el gasto en riego y fertilización, seguido de las labores mecanizadas y manuales. Cabe destacar que el mayor gasto de mano de obra se realizó en la cosecha de la semilla. Según Valderrama *et al.* (1994) la dificultad en la cosecha de la semilla es una de las desventajas que tiene el cultivo. La diferencia en costos de producción entre las localidades fue derivada del número de riegos de auxilio que se aplicaron y del costo de la mano de obra.

Cuadro 6. Rentabilidad de la producción de semilla de higuerilla en Durango y Aguascalientes, México (año 2020).

Variable/indicador	Durango		Aguascalientes	
	SAB14	OAX1	SAB14	OAX1
Rendimiento promedio (kg ha^{-1})	2,051	3,314	2,627	2,550
Precio de compra al productor (\$ kg^{-1})	13	13	13	13
Costo de producción (\$ ha^{-1})	19,975	19,975	16,437	16,437
Ingreso bruto (\$ ha^{-1})	26,662	43,081	34,150	33,152
Ganancia (\$ ha^{-1})	6,687	23,106	17,713	16,715
Relación Beneficio Costo	1.3	2.2	2.1	2.0
Rentabilidad (%)	33.5	115.7	107.8	101.7

Para estimar el ingreso bruto se consideraron los rendimientos promedio de las tres densidades de siembra y se utilizó el precio de compra al productor de $13 kg de semilla de higuerilla, pagado en 2022. En el Cuadro 6 se observan los ingresos brutos, que al descontar los costos de producción se obtuvo la ganancia, que fue en promedio de $14,896 por ha en Durango y de 17,214 en Aguascalientes. Las dos variedades evaluadas fueron rentables, pero en el caso de Durango se obtuvo un mejor rendimiento y rentabilidad con OAX1. En Aguascalientes ambas variedades mostraron rendimientos promedio similares, aunque con la variedad SAB14 se obtuvo mayor rentabilidad (107.8 %).

CONCLUSIONES

La higuerilla es una especie que puede ser utilizada exitosamente en la reconversión productiva en Durango y Aguascalientes. El desarrollo de variedades como SAB 14 y el uso de OAX 1 puede favorecer la reducción de los costos de producción, derivados del costo alto de la semilla de los híbridos comerciales de la especie. Además, se puede incrementar el rendimiento mediante la implementación de sistemas de manejo agronómico sostenibles y de bajo costo.

La higuerilla es un cultivo con capacidad de adaptación comercial en Aguascalientes y Durango, ya que es rentable y representa una opción para los productores del Altiplano semiárido de México, quienes pueden ver en este cultivo como una alternativa para obtener ingresos en sus terrenos en sin uso.

REFERENCIAS

Barrios G., E. J., J. Canul-Ku, M. G. Hernández A., y J. L. Solís B. 2018. Evaluación de dos ciclos de higuerilla en Morelos, México: siembra y rebrote. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(8): 1663-173.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. FAOSTAT: datos. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/es/. Consultado el 04 de junio de 2022.

Jiménez O., R., R. Rosales S., C. F. Galindo V., R. Jiménez R., y P. A. Domínguez M. 2015. Rendimiento de variedades e híbridos de higuerilla cultivados en diferentes ambientes de Durango, México. AGROFAZ 15(1): 135-146.

Llaven V., G., A. Borbon G., X. M. Ochoa E., O. Antuna G., A. Hernández H., y J. L. Coyac R. 2019. Productividad de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el norte de Sinaloa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(5): 1011-1022.

Solís B., J. L., A. Muñoz O., J. A. S. Escalante E., and A. Zamarripa C. 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2): 311-323.

Soratto, R. P., G. D. Souza-Schlick, B. M. San Giacomo, M. D. Zanotto, and A. Fernandes. 2011. Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 46(3): 245-253.

Rico P., H. R.; L. M. Tapia V.; R. Teniente O.; A. González A.; M. Hernández M.; J. L. Solís B.; A. Zamarripa C. 2011. Guía para cultivar higuerilla (*Ricinus communis* L.) en

Michoacán. CIRPAC-INIFAP-Campo Experimental Valle de Apatzingán. Michoacán, México. 42 p.

Sepúlveda G., I. 2012. Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas 3(3): 579-594.

Valderrama, J.; A. Mery; F. Aravena. 1994. La higuerilla y su principal producto, el aceite de ricino. Parte 1. Aspectos generales. Información Tecnológica. 5(1): 87-90.

Valencia, G. L., Borbón, A. G., Ochoa, E. X. M., Antuna, G. O., Hernández, H. A. y Coyac, R, J. L. 2019. Productividad De Higuerilla (*Ricinus Communis* L.) En El Norte De Sinaloa. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 10 (5): 1011-1022.

MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA DE RIEGO EN NOGALERAS DEL SUR DE COAHUILA.

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF IRRIGATION WATER IN WALNUT ORCHARDS IN SOUTHERN COAHUILA.

Juan G. Martínez Rodríguez[1], Ignacio Orona Castillo[2] y Juan Manuel Covarrubias Ramirez[1]

[1] INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

[2] Facultad de Agronomía y Zootecnia. UJED. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.

e-mail: martinez.juanguillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La importancia económica actual de la producción de nuez pecanera y su potencial de desarrollo, son evidentes para el país. Sin embargo, las principales zonas productoras se encuentran situadas zonas de riego del norte del país, donde la disponibilidad de agua es escasa. El factor más frecuentemente menospreciado en el riego es la eficiencia del sistema de riego mismo. El objetivo de este trabajo es presentar estrategias en huertas nogaleras para lograr un uso más sustentable del agua de riego. Algunas de estas estrategias tienen que ver con adoptar técnicas de riego eficiente, para reducir la cantidad de agua desperdiciada. También, capacitar a los agricultores sobre técnicas de riego eficiente y prácticas agrícolas sostenibles para maximizar el uso del agua, así como el uso de tecnologías modernas, como sensores y sistemas de monitoreo para determinar el mejor momento de aplicar el riego y la cantidad más adecuada para satisfacer la demanda del cultivo.

ABSTRACT

The current economic importance of pecan nut production and its development potential are evident for the country. However, the main producing areas are located in irrigated areas in the north of the country, where water availability is scarce. The most frequently underestimated factor in irrigation is the efficiency of the irrigation system itself. The objective of this work is to present strategies in walnut orchards to achieve a more sustainable use of irrigation water. Some of these strategies have to do with adopting

efficient irrigation techniques to reduce the amount of wasted water. Also, train farmers on efficient irrigation techniques and sustainable agricultural practices to maximize the use of water, as well as the use of modern technologies, such as sensors and monitoring systems to determine the best time to apply irrigation and the most appropriate amount. to meet crop demand.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años la producción de nuez pecanera en México ha experimentado un rápido crecimiento, su área sembrada casi se ha triplicado en la región Norte del país, correspondiente al área de distribución natural del nogal pecanero [Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch], y su producción ha aumentado 3.7 veces impulsada por el incremento de la demanda internacional, llegando incluso a superar la producción de los Estados Unidos de América en los años de 2014 y 2015. Este incremento de la producción de nuez pecanera ha posicionado a México como uno de los principales exportadores en el mercado internacional, lo cual generó en el año 2015 un superávit comercial nacional mayor a los $330 millones de dólares (Orona-Castillo, et al. 2013).

Sin embargo, las principales zonas productoras se encuentran situados en distritos de riego del norte del país, donde la disponibilidad de agua es escasa, convirtiendo a ésta en el factor principal de manejo agronómico (Godoy-Ávila y Huitrón, 1998). Debido a que este cultivo requiere altas cantidades de agua para su producción, cada vez se pondrá en riesgo su permanencia (Wang et al., 2007). Por lo que, los productores están emigrando a sistemas de riego presurizados con la finalidad de ahorrar agua. Sin embargo, las eficiencias de aplicación observadas en los ranchos están muy por debajo de lo que establece el diseño original. Todo lo anterior, tiene un impacto negativo en la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios.

Algunas estrategias para lograr un uso sustentable del agua, a corto plazo, serían: adoptar técnicas de riego eficiente, como el riego por goteo o el riego por aspersión, para reducir la cantidad de agua desperdiciada. También, capacitar a los agricultores sobre técnicas de riego eficiente y prácticas agrícolas sostenibles para maximizar el uso del agua, así como el uso de tecnologías modernas, como sensores y sistemas de monitoreo, para medir el contenido de humedad del suelo y las necesidades hídricas de los cultivos. Lo anterior, permite un riego preciso y oportuno, evitando el riego excesivo o insuficiente. Es fundamental medir y monitorear el uso del agua en las operaciones agrícolas ya que puede

ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre cuándo y cuánta agua aplicar, evitando el riego excesivo. Al combinar estas estrategias y promover una mentalidad de uso responsable del agua en la agricultura, se puede lograr un manejo sustentable del agua que beneficie tanto a los agricultores como al medio ambiente.

Por lo anterior, los objetivos de este trabajo son presentar algunas evidencias de lo que se está haciendo con los productores de nuez pecanera en el sur y centro del estado de Coahuila para tratar de hacer un uso sustentable del agua de riego en huertas nogaleras a través de la transferencia de tecnología en temas como: determinar la descarga de agua de los emisores y establecer un método sencillo y de bajo costo para evaluar la eficiencia y uniformidad de aplicación del agua de riego en nogal. También en aspectos como evapotranspiración (ET) como herramienta para programar el riego en tiempo real utilizando información climática y de suelo y finalmente, a través de la capacitación del personal encargado del manejo del agua en los ranchos como piedra angular para lograr el manejo sustentable del agua en las huertas regionales.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Campo Experimental Saltillo. La información climática considerada en el estudio corresponde a las estaciones de Zaragoza, Coahuila y se obtuvo de la página web del Global Weather Data for SWAT desde el Climate Forecast System Reanalysis Data de 1979 – 2014 (CFRD). Esta información climática tiene una resolución diaria en cuanto a: temperatura máxima y mínima (°C), viento (ms-1), humedad relativa (fracción), precipitación (mm) y radiación solar (MJ m-2). En el Cuadro 1 se presenta, la información climatológica promedio mensual de la serie de tiempo de 1979 a 2014. Esta información sirvió como base para la estimación de la ET de cultivo de nogal pecanero utilizando el modelo CROPWAT (Martínez Rodríguez, et al.,2020).

.**Cuadro 1. Datos climáticos promedio mensual de la zona de estudio.**

Mes	Tmax	Tmin	Preci	Viento	Humedad R	R Solar
	°C	°C	mm	$m s^{-1}$	fracc	$MJ m^{-2}$
ENE	13.45	5.16	2.89	2.61	0.72	9.95
FEB	21.37	8.91	0.22	3.42	0.47	16.62
MAR	27.24	13.78	0.71	3.91	0.47	19.09
ABR	33.65	17.21	0.08	4.03	0.26	24.84
MAY	34.44	20.91	2.74	4.22	0.45	24.03
JUN	35.60	23.79	4.19	4.80	0.05	20.71
JUL	34.97	24.10	7.65	4.10	0.49	20.10
AGO	36.13	25.09	2.90	4.11	0.45	19.83
SEP	32.44	21.25	3.54	3.80	0.52	18.24
OCT	26.86	18.38	5.71	2.88	0.73	13.26
NOV	22.42	11.74	1.09	3.04	0.60	13.35
DIC	20.95	12.00	1.83	2.54	0.71	9.34

Desgraciadamente, los cálculos de la evapotranspiración (ET) de manera local no son frecuentes y en la mayoría de los casos, aun cuando el productor conoce el termino, no se utiliza o no se encuentra disponible por no contar con una estación climática cercana para tener acceso a esta información, por lo que el momento y la cantidad de agua aplicada se establece de manera cuasi empírica en la mayoría de las huertas de nogal (Martínez Rodríguez, et al., 2021).

También, se caracterizaron tres huertas para conocer el funcionamiento hidráulico y operativo del sistema de riego, lo cual, permitió conocer el volumen de agua total disponible, así como las fuentes de abastecimiento. Por otro lado, el funcionamiento hidráulico, permitió detectar fallas en la entrega del agua en los distintos puntos de emisión y corregirlas con lo cual se asegura que todas las plantas reciban la misma cantidad de agua y se logre una alta uniformidad de aplicación.

RESULTADOS

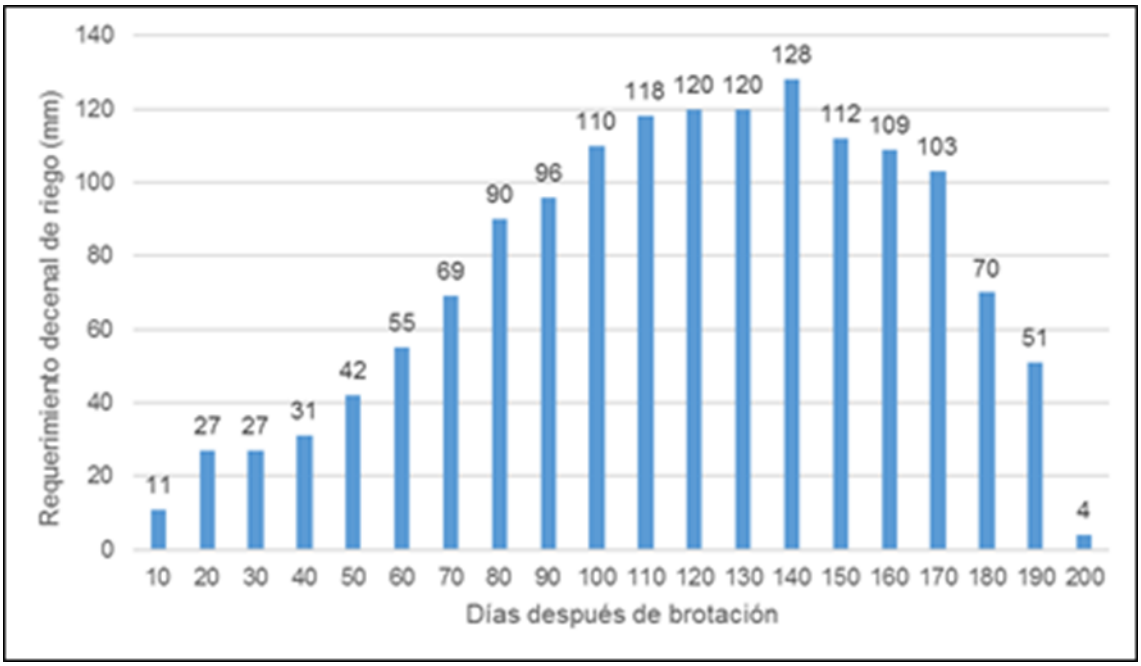
Las estrategias de riego son los criterios que se adoptan para decidir de antemano el momento oportuno de efectuar el riego, así como de la cantidad de agua a aplicar riego (Howell, et al., 1998). La estrategia tomada aquí, fue aplicar el riego al consumirse el 50 por ciento de la humedad aprovechable del suelo. El suelo de la huerta nogalera es un franco – arcilloso con una retención de humedad de 180 mm de lámina por metro de profundidad.

El primer riego se aplica al momento de brotación que para fines de este estudio se definió ser el 15 de marzo. En esta estrategia se dejó que el agua en el suelo disminuyera hasta un 50 %, del agua que se encuentra entre los parámetros de humedad del suelo.

La Figura 1 presenta los requerimientos hídricos decenales históricos, provenientes de la serie de 34 años. La mayor demanda se presenta en el mes de julio, cuando el nogal se encuentra en la etapa de “estado acuoso”,en la mayoría de las ocasiones. A partir de ahí, se mantiene hasta alcanzar el máximo en la etapa de “llenado de almendra”. En esta figura, para encontrar los milímetros por día, simplemente se divide el total de milímetros del periodo entre el número de días del mismo.

Existen etapas fenológicas que son más susceptibles a la falta de agua y que necesariamente se debe aplicar el riego. Una de éstas es la expansión foliar, que se presenta alrededor del 1 al 5 de mayo. Por ejemplo, si el último riego se aplicó el 15 de abril, en el inicio del crecimiento del brote (30 días después brotación), y al 5 de mayo son 20 días después del último riego, se tienen que aplicar 73 mm (31 + 42) de lámina de riego, para satisfacer la demanda evaporativa de la atmosfera.

Con respecto al sistema de riego, el total de las huertas cuentan con riego presurizados del tipo micro aspersión con algunas variantes en el número de aspersores por árbol y gastos de operación variables. En su mayoría aplican el riego con un intervalo de tres o cuatro días y en ninguno de los casos cuentan con una estación climática de referencia para estimar la evapotranspiración (ET) del cultivo ni las necesidades hídricas del mismo. En general, no se realizan labores para determinar la eficiencia de operación de sus sistemas de riego y confían en que estén funcionando bien de acuerdo al diseño del sistema de la compañía que lo instalo. Por lo anterior, se realizaron pruebas de campo en las huertas y se determinaron los gastos de los emisores, así como también la presión de operación de los emisores dentro de las unidades de riego.



La Figura 1, distribución decenal de la evapotranspiración a partir del inicio de brotación.

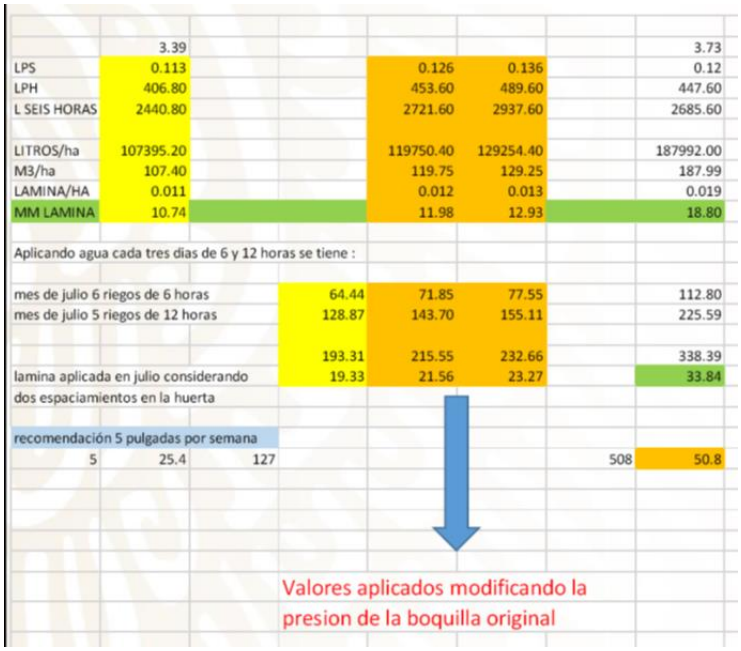
Con la información recolectada se procedió a calcular la uniformidad de aplicación de los emisores. Así como la eficiencia de operación del sistema de riego. Finalmente se calculó el gasto por emisor y con esta información, la lámina promedio aplicada en la unidad de riego (Figura 2).

CONCLUSIONES

La estimación de valores históricos de requerimiento hídricos del nogal, constituye una herramienta que facilita y simplifica el cálculo de la lámina a aplicar, así como para establecer la programación del riego y optimizar el uso del agua beneficiando con esto el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y ayudando a mantener la sustentabilidad de un recurso tan preciado como lo es el agua.

La toma de información de volumen y presión de los emisores en una unidad de riego permite de una manera sencilla calcular la uniformidad de aplicación del sistema, así como la eficiencia de operación del mismo, también determinar las láminas de riego aplicadas al nogal ya que en la mayoría de los casos los manejadores de agua de las huertas no saben exactamente que lamina están aplicando y manejan el riego en número de horas por unidad, independientemente de la edad o condición de la huerta.

Es de suma importancia capacitar al mayor número de personas que toman la decisión del manejo del riego en una huerta, ya que depende de ellos hacer un uso más sustentable del agua a nivel regional



La Figura 2. Calculo de agua aplicada por aspersor (lh^{-1}) bajo diferente numero de horas de riego.

REFERENCIAS

Godoy, A. C. y Huitrón, R. M. V. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. Agrociencia. 32:331-337.

Howell, T.A., S.R. Evett, A.D. Schneider, R.W. Todd, and J.A. Tolk. 1998. Evapotranspiration of irrigated fescue grass in a semi-arid environment. ASAE Paper no. 982117. ASAE Annual International Meeting, Orland, FL, July 12-16.

Martínez Rodríguez J.G., Anaya Salgado A., Juan Manuel Covarrubias Ramírez J.M., y Parga Torres V.M., 2020. Programacion del riego superficial en nogal usando el modelo cropwat – fao en el sureste de Coahuila. Memorias de la 32ª Semana Internacional de Agronomia FAZ – UJED. pp 848 – 853.

Martínez Rodríguez J.G., 2021. Manejo sustentable del agua de riego en huertas nogaleras: Visión a futuro. 8vo. Congreso Nogalero del Norte de Coahuila. Nutrición y rentabilidad. Memorias del Congreso. Pp 25 -65.

Orona-Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Fortis-Hernández, M., Vázquez-Vázquez, C., & Gallegos-Robles, M. 2013. Producción y comercialización de nuez pecanera (Carya illinoensis Koch) en el norte de Coahuila , México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(3), 461–476.

Sifuentes Ibarra, E., Samaniego Gaxiola, J. A., Anaya Salgado, A., Núñez Moreno, J.H., Valdez Gascón, B., Gutiérrez Soto, R.S., Ruelas Islas, J.R. y Macías Cervantes, J. 2015. Programación del riego en nogal pecanero (*Carya illinoinensis*), mediante un modelo integral basado en tiempo térmico. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol.6 Núm.8 p. 1893 – 1902.

Wang, J., T. Sammis, A. Andales, L. Simmons, V. Gutschick and D. Miller. 2007. Crop coefficients of open-canopy pecan orchards. Agricultural Water Management, 88(1-3): 253-262.

MANEJO Y CONTROL DE LA ENFERMEDAD DENOMINADA SECADERA DE VAREJON DEL HENQUEN, PARA LA PRODUCCIÓN DE VASTAGOS DE HENEQUÉN EN SEMILLEROS

MANAGEMENT AND CONTROL OF THE DISEASE CALLED DRYER OF VAREJON OF HENEQUÉN, FOR THE PRODUCTION OF HENEQUEN OFFSHOOTS IN SEEDS

Díaz Plaza Raúl[1] y Guerrero Medina Rubén[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México. Correo-e: diaz.raul@inifap.gob.mx, radipla59@gmail.com

RESUMEN

Desde hace ya algunos años, los gobiernos del estado de Yucatán y algunos empresarios se han propuesto rescatar la actividad henequenera en la región, alentados por la demanda cada vez mayor de fibras naturales por muchos mercados, incluyendo los internacionales en sustitución a las fibras sintéticas. Algunas cifras que han manejado es el establecimiento de 1500 has por año, para poder tener una superficie suficiente para producir aproximadamente 20,000 toneladas de fibra, prácticamente más de un 120% de lo que se produce actualmente. El reto es producir vástagos de calidad para la superficie a establecer, que en este caso es aproximadamente cerca de 4 millones de plantas, de buena calidad. Para cumplir con esta expectativa, se integró una serie de tecnologías generadas para llegar a producir el material vegetal demandado, y poner la tecnología a disposición del sector que lo demanda; dicha tecnología consiste en: control de la enfermedad “secadera de varejón”, control de la “palomilla de los bulbillos del varejón”, con estas prácticas producir entre 800 a 1200 bulbillos por varejón de al menos 5 cm de tamaño, y establecer semilleros donde se crezcan estos bulbillos con prácticas que permitan obtener material vegetativo de al menos 35-40 cm de altura para su trasplante a plantel definitivo, material que pueda conservar su zona radicular para su rápida adaptación a las condiciones del suelo local. Los resultado fueron los esperados, logrando conjuntar todas las prácticas, produciendo en promedio 1000 bulbillos por varejón, se establecieron en el semillero, en el cual se obtuvieron vástagos de excelente calidad, con la ventaja que en los semilleros se producen suficientes vástagos de rizoma, en tamaño adecuado para iniciar nuevos semilleros, sin la necesidad de producir bulbillos nuevamente, o combinar la extracción o colecta de material biológico de acuerdo a la cantidad de semilleros a establecer.

Palabras clave: Bulbillos de henequén, Vástagos de henequén, Semillero.

ABSTRACT

For some years, governments of Yucatan State and some executives have proposed to rescue the henequen activity in the region, encouraged by the increasing demand for natural fibers by many markets, including international ones, instead of synthetic fibers. Some figures that they have managed is the establishment of 1500 hectares per year, in order to have a sufficient area to produce approximately 20,000 tons of fiber, practically more than 120% of what is currently produced. The challenge is to produce quality shoots for the surface to be established, which in this case is approximately 4 million plants. To meet this expectation, a series of generated technologies were integrated to produce the demanded plant material, and make the technology available to the sector that demands it; Said technology consists of: control of the disease "dryer of varejon of henequén", control of the "moth of the bulbils of the varejón", with this technology it was possible to produce between 800 to 1200 bulbils per varejón of at last 5 cm in size, and establish seedbeds where these bulbils are grown with practices that allow us to obtain vegetative material of at least 35-40 cm in height for its transplantation into a definitive plantation, material that can preserve its root zone for its rapid adaptation to local soil conditions. The results were as expected, managing to combine all the practices, producing an average of 1000 bulbils per varejón, they were established in the seedbed, in which excellent quality shoots were obtained, with the advantage that enough rhizome shoots are produced in the seedbeds, in adequate size to start new seedbeds, without the need to produce bulbils again, or combine the extraction or collection of biological material according to the number of seedbeds to be established.

Key words: Henequen bulbils, henequen stem, seedbed

INTRODUCCION

La demanda de fibras naturales se encuentra nuevamente en auge, impulsada mayormente por países desarrollados quienes buscan la reducción del uso de productos contaminantes y tendencias a lo natural, esta expectativa parece representar ventajas a los países productores de fibra, entre los cuales encuentra Yucatán, el cual produce henequén, del cual se aprovecha la fibra de sus hojas; en la entidad, el cultivo tubo una decaída dramática en su superficie sembrada, su producción y productividad, en forma dramática, a partir de que las fibras sintéticas se posicionaron del mercado, lo cual afectó tanto económica como socialmente a la región. El cultivo de henequén, en Yucatán ha afrontado a través de los últimos 50 años, diversas situaciones sociopolíticas y económicas (Diaz et al, 2009) que le han afectado significativamente al grado que en la actualidad se cultiva solo el 4% de la

superficie que se cultivaba hace poco más de 100 años, la cual era aproximadamente 240,000 has. (El financiero 2013). Yucatán posee una amplia cultura agrícola y experiencia en la producción del henequén, lo que sin duda le permitirá reposicionarse si la economía mundial de las fibras duras se fortalece. En 2022 la superficie sembrada de henequén (nuevas siembras, en cultivo y en producción) era de aproximadamente13,000 has, de las cuales cerca de 8000 se encontraban en producción, produciendo cerca de 6 mil toneladas de fibra, las cuales no abastecían la demanda de la industria local y nacional, por lo que se tenía que importar parte de la fibra que se requería; por lo cual para abastecer dicha demanda, se calculaba que se debería producir 20 mil toneladas (Irigoyen A. 2022), lo cual implica que se deberán tener cerca del doble de superficie actual en producción. Para tal proceso se calcula que se debe estar estableciendo cerca de 1500 has cada año, en los próximos 5 años, lo que representa que se requieren más o menos 4 millones cien mil vástagos para el trasplante en dicha superficie. La recomendación técnica es que estos vástagos tengan un manejo y producción en un semillero, para que su manejo permita que se reduzca su mortalidad en el trasplante y la producción se inicie entre los 3.5 y 4 años despues del trasplante; sin embargo, no existen en la zona la cantidad de vástagos suficientes para iniciar los semilleros. Una alternativa es la producción de bulbillos, que son plantas producidas en los escapos florales del henequén, los cuales so producen cuando las plantas entran en su fase de decadencia, o fin de su ciclo, cuando ya no producirán hojas, sin embargo, a nivel rural, en las plantaciones se presenta una enfermedad que necrosa y pudre por completo la inflorescencia; para su protección se puede usar un fungicida que controla al hongo causal y posteriormente a un insecto que ataca a los bulbillos. El objetivo de este trabajo ha sido la conjunción de las prácticas para el control de la secadera del varejón, el control de la palomilla de los bulbillos y la producción de vástagos de henequén en semilleros con una base de bagazo o residuos de la raspa de hojas, como sustrato.

MATERIALES Y METODOS

Para el establecimiento de nuevos planteles de henequén generalmente se recurre a la extracción de vástagos que crecen de rizomas de las plantas de henequén. Sin embargo, la cantidad de este material no es suficiente cuando la superficie que se pretende establecer es muy grande, y la por la forma de su extracción este material vegetativo se daña mucho y su desarrollo es lento al momento de su trasplante; entonces la insuficiente cantidad de

material vegetativo se convierte en una seria limitante. Para solventar esta deficiencia, se aprovecha la forma de reproducción vegetativa de los agaves, además de los rizomas, la cual ocurre en la inflorescencia, en donde, se pueden producir entre 800 y 1200 bulbillos o vástagos, de entre 5 y 12 centímetros, los cuales se llevan a un semillero para desarrollarlos y usarlos posteriormente para el trasplante definitivo.

El proceso inicia seleccionando plantas vigorosas de planteles en proceso de iniciar la etapa en decadencia, etapa en la cual inicia la floración de estas plantas que están terminando su ciclo vegetativo (mediados de septiembre); como en forma natural las inflorescencias son atacadas y eliminadas por completo por un hongo del genero Cercospora, se debe de realizar la aplicación de la mezcla de carbendazim + maneb, aplicando por primera vez a los 15-20 días de que el varejón se ha emitido, las aplicaciones se realizan cada 10 días hasta la cosecha de los bulbillos. La dosis de la mezcla es de 0.76 + 0.12 g de i.a. por planta durante las primeras ocho aplicaciones y se aumenta posteriormente a 1.52 + 0.24 g. por planta (al crecer y emitir brazos y el crecimiento de los bulbillos) (Diaz, 1987 y Guerrero 2022). Cuando aparecen los primeros brazos de la inflorescencia se eliminan las hojas y la planta se debe inclinar en un ángulo de aproximadamente 45 grados para que al realizar la aplicación se logre cubrir la zona más distante del suelo, ya que el varejón llega a alcanzar hasta 6 metros de altura. Aproximadamente a finales de noviembre empiezan a aparecen los botones florales que abren un mes despues, en este momento se deben eliminar, para estimular que los bulbillos broten en forma uniforme, y más rápido, ya que los bulbillos se emiten hasta que las flores se secan y caen en forma natural, y esto toma entre 4 y 5 semanas (figura 1). Ya formados los bulbillos, se deben revisar periódicamente, para detectar la presencia del barrenador de los bulbillos (un lepidóptero del genero Tetralopha), al detectar los primeros daños, se debe aplicar (además del fungicida) una mezcla de paratión metílico + metomilo en dosis de 0.5 + 0.9 g de i.a. por litro de agua a usar, las aplicaciones se realizan cada 15 días. La cosecha de bulbillos se realiza a finales de febrero, cuando las plántulas más pequeñas han alcanzado unos 5 cm., las cuales serán las de los brazos más distantes de la planta, también se pueden cosechar primero los de los brazos más cercanos a la planta, y cada 10 días ir cosechando por secciones para que las plántulas alcancen un buen tamaña para llevarlos al semillero.



Plantación de henequén en decadencia; se observan las plantas que han emitido varejón (el cual ha sido cortado para evitar se convierta con foco de infección).



Varejón bien desarrollado, el cual muestra los brazos florales llenos de botones.



Detalle de los brazos florales, parte superior y brazos sin flores en parte inferior; en estos últimos es donde se desarrollan los bulbillos.

Figura 1: Crecimiento de un varejón en plantación de henequén

Además de la falta de material vegetativo para el establecimiento de los planteles definitivos de parcelas de henequén, también se tiene la gran deficiencia en cuanto a calidad y vigor de los vástagos que se extraen de las plantaciones en explotación (práctica tradicional), ya que, por el tipo de suelo y el desarrollo de la planta, al extraerlos la zona de la raíz se poda, por lo cual al trasplantarlos su desarrollo se ve afectado, ya que se elimina totalmente la zona radicular, además de que el número de hojas es muy reducidas (figura 2). Por lo que la producción de los vástagos en un semillero incrementa sustancialmente el vigor del material, y se puede extraer con gran parte de la zona radicular, pues al estar en una cama de bagazo de henequén su extracción es más fácil.



Vástagos desarrollados cerca de la planta madre; su desarrollo es poco vigoroso.



Los vástagos se ubican en zonas complicadas de extracción por lo que su corte es al ras del suelo, eliminando la zona radicular.



Vástagos con corte al ras del cuello (tradicional), eliminado la zona radicular por lo que se retrasa su establecimiento en el plantel definitivo.

Figura 2: Desarrollo de vástagos y su preparación, a partir de plantaciones definitivas.

El uso y establecimiento de un semillero de henequén inicia con la preparación del terreno, el cual deberá ser cubierto con una capa de bagazo de henequén (el mejor sustrato encontrado hasta el momento), producto de la desfibración de la hoja. El material debe haber pasado por un período de descomposición de al menos cuatro meses. La capa debe de ser de al menos 10 cm de grosor. Se delimitan "camas", usando piedras, con el fin de facilitar el manejo del mismo (control de maleza, siembra y cosecha). Los bulbillos se siembran a una distancia de 30 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, formando camas de cuatro hileras y dejando una separación de 1.1 m entre ellas. Con estas distancias se obtiene una población de aproximadamente 100,000 plantas por hectárea. Se sugiere que los bulbillos tengan como mínimo 5 cm., los cuales deberán cosecharse con todo y las raicillas que han desarrollado en los brazos florales. Los semilleros pueden ser de temporal, sembrando el material iniciando el mismo, y los vástagos estarán listos entre los 22 y 24 meses alcanzando entre 40 y 45 cm. de altura de cogollo. Si se cuenta con riego, el semillero se puede establecer en febrero, y los vástagos tendrán el tamaño adecuado en 16 o 18 meses. La maleza se puede controlar en forma combinada, control manual o control químico (atrazina+terbutrina en dosis de 690+705 g de i.a./h., para maleza mixta, cuando predomine las gramíneas se usa glufosinato de amonio en dosis de 96 g. de i.a./ha.). Al extraer los vástagos se deberá dejar parte de las raíces y evitar lastimar la cebolla (tronco de donde salen las raíces) (Guerrero y Díaz 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

La secadera de varejón es causada por un hongo del género Cercospora. Ataca principalmente los varejones de henequén, desde su aparición; el ataque se presenta inicialmente con pequeños círculos rojizos o café obscuros, y conforme avanza la enfermedad las lesiones se unen, el color de la lesión se torna a color pardo oscuro a gris, con los centros de la lesión claros (por la esporulación del hongo). Inicia en la base del varejón y avanza rápido a las ramificaciones florales. La enfermedad cubre completamente a la inflorescencia evitando la producción de bulbillo o hijuelos en esta parte de la planta. Por esta razón, normalmente los productores eliminan el varejón desde que se comienza su desarrollo, pues el hongo además puede dañar las hojas de plantas cercanas a los

varejones. La aplicación de fungicidas e insecticidas en los varejones se inició a finales de septiembre, en una plantación en decadencia, en donde se seleccionaron varejones vigorosos. Con el tratamiento se logró el control de la enfermedad y la plaga, y con las prácticas sugeridas de eliminación de flores se logró obtener los bulbillos a mediados de febrero, realizándose 15 aplicaciones de fungicidas y 6 de insecticidas. En promedio se logró la producción de 1000 bulbillos por varejón tratado, con un tamaño promedio de 9 cm. de longitud, cumpliendo con las expectativas técnicas del material vegetativo (figura 3).



Síntoma de la Secadera de varejón.



Varejón con brazos con bulbillos



Detalle de bulbillo de henequén.

Figura 3: Secadera de varejón y producción de bulbillos en varejones de henequén.

Se preparó una superficie de aproximadamente un cuarto de hectárea con el sustrato de bagazo de henequén, en el cual se establecieron los bulbillos producidos. Se logró la obtención de entre 800 y 1200 bulbillos por varejón tratado, con un tamaño entre los 5 y 12 cm de longitud. Así que la totalidad de los bulbillos tratados se establecieron en la superficie preparada. Los vástagos producidos, alcanzaron su altura sugerida para su trasplante, 35 – 40 cm. de cogollo a los 20 meses ya que la superficie establecida fue de temporal (figura 4).



Semillero con bagazo de henequen



Semillero con bulbillos



Semillero de bulbillos con bástagos de excelente calidad



Detalle de las plantas de semillero, con la o zona raicular sin deteriorar, listas para transplante.

Figura 4: Semillero de bulbillos de varejón y vástagos producidos.

CONCLUSIONES

La sintomatología de la enfermedad de las plantas muestreadas y evaluadas corresponde a las reportadas por Díaz (1988, y 1993) quien reporta por primera vez esta enfermedad.

Se ha conjuntado varios procesos para lograr producir plántulas de muy buena calidad para el trasplante definitivo del cultivo de henequén.

Esta tecnología permite obtener en cada varejón de 800 a 1200 bulbillos de edad y tamaño uniforme por lo que con únicamente 125 varejones se puede obtener material suficiente para establecer una hectárea de semillero. Dando una opción a la falta de material vegetativo para establecer grandes áreas de semillero. Con lo anterior se puede reducir la falta de material vegetativo para establecer grandes áreas de semillero.

El empleo de semilleros de henequén garantiza la disponibilidad de vástagos para poder cumplir las metas estatales en cuanto al incremento de superficie nueva a establecer con henequén.

Una vez establecido un semillero, se producen suficientes rizomas (vástagos pequeños), de buena calidad, con los cuales se puede iniciar (otro semillero) o continuar en la misma superficie la producción de vástagos.

REFERENCIAS

- Díaz P.R. 1987. Guía para obtener bulbillos del varejón mediante el control de plagas y enfermedades. INIA-SARH. Mérida, Yucatán. México.
- Díaz P.R. 1988. Principales enfermedades del henequén. SARH-INIA Folleto técnico No 4. Mérida, Yucatán, México.
- Díaz P.R. 1993. Capitulo; Enfermedades y su control en: HENEQUEN, 1993 (Barrera H.J.A. y Díaz P.R.). SARH-INIFAP. Publicación especial. Yucatán, México. 38-42 pp.
- Díaz P.R., Piña R.J. y Barrera H.J.A. 2009. Análisis de la Comunicación de Innovaciones en la Experiencia Henequenera. INIFAP-CIRSE. Mérida, Yucatán, México. 228 p
- Guerrero M.R. y Díaz P.R. 2011. Producción de planta de calidad de Henequén (Agave Forucroydes). Folleto técnico # 9. SAGARPA-INIFAP. Mérida, Yucatán, México. 26 pp.
- Guerrero M.R. y Díaz P.R. 2022. Alternativas en el manejo de semilleros de henequén. https://www.gob.mx/inifap/articulos/alternativas-en-el-manejo-de-semilleros-de-henequen.
- El financiero. 2013. Área de cultivo de henequén en Yucatán crece 25% en seis años, https://www.elfinanciero.com.mx/peninsula/area-de-cultivo-de-henequen-en-yucatan-crece-25-en-seis-anos/ [Fecha de consulta 15 de agosto de 2020].
- Irigoyen A. 2022. Lluvias ayudan con la producción del henequén. https://www.yucatanalamano.com/lluvias-ayudan-con-la-produccion-del-henequen/
- SADER-AGRICULTURA-YUCATÁN. 2015. Impulsa SAGARPA el cultivo de henequén. https://www.gob.mx/agricultura%7Cyucatan/articulos/impulsa-sagarpa-el-cultivo-de-henequen.

MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO (N-NO_3) EN DOS SUELOS ASOCIADOS EN UNA MILPA MAYA RECIÉN QUEMADA EN EL ESTADO DE YUCATÁN.

ORGANIC MATTER AND NITROGEN (N-NO_3) IN TWO ASSOCIATED SOILS IN A RECENTLY BURNED MAYAN MILPA IN THE STATE OF YUCATÁN

Jorge Humberto Ramírez Silva[1], Genovevo Ramírez Jaramilo[1] y Mónica Gpe. Lozano Contreras[1*]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Sistema de Roza, Tumba y Quema (RTQ), practicado por los mayas de Yucatán, es una forma muy antigua del uso de la tierra. Después de la RTQ, el suelo se cultiva con maíz durante dos o tres años consecutivos y luego se abandona de 15 a 40 años para restaurar la fertilidad del suelo, cuando la nueva vegetación se corté y se queme nuevamente. Existen visiones contrastantes relacionados con las ventajas de la RTQ sobre la fertilidad del suelo. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los contenidos de Materia Orgánica (OM) y Nitrógeno como Nitratos (N-NO_3) en dos suelos típicos de una milpa maya recién quemada en el oriente de Yucatán. Se tomaron tres sub-muestras a media hectárea de dos suelos asociados a la milpa: *Leptosol rendzico* (***LP rz***) y Cambisol (***CM***) a 0-20 cm de profundidad para mezclar y formar una muestra compuesta para el laboratorio. Los atributos del suelo fueron comparados con Límites Críticos (***LC***) de la Norma Oficial Mexicana. El ***LP rz*** ubicado en las lomas mostró contenidos extremadamente más altos tanto de MO (19.43%) como de N-NO_3 (111.80 ppm) en comparación con el ***CM*** rojo cuyos contenidos fueron de 3.75% y 17.60 ppm respectivamente. La MO del ***LP rz*** rebasó 5 veces al del suelo rojo ***CM*** de la parte baja del paisaje. Los ***LC*** que reporta la Norma Oficial Mexicana para MO es de 1.6 a 3.5% como contenidos Medios. En cuanto al nitrógeno inorgánico disponible (N-NO_3), se pudo observar que el suelo del ***CM***, con menor contenido de MO, también tuvo el contenido más bajo de N-NO_3 con 17,6 ppm. Por otra parte, el suelo ***LP rz*** con un contenido muy elevado de MO también mostró el contenido más alto de N-NO_3 (111,86 ppm) rebasando 5.5 veces al ***LC*** de 20 ppm.

Palabras clave: Nutrientes, Niveles críticos, Leptosol, Cambisol

ABSTRACT

The Slash,and Burn (SB) System, practiced by the Mayans of Yucatan, is a very ancient form of land use. After SB, the soil is cultivated with maize for two to three consecutive years and then abandoned for 15 to 40 years to restore soil fertility, when new vegetation is cut and burned again. There are contrasting views related to the advantages of SB on soil fertility. The objective of this work was to asses the content of Organic Matter (OM) and Nitrogen as Nitrates ($N\text{-}NO_3$) in two typical soils of a recently burned Mayan milpa in Yucatan. Three sub-samples at half a hectare of two milpa-associated soils: *rendzic Leptosol* (***rz LP***) and *Cambisol* (***CM***) were taken at 0-20 cm deep to form a composite sample. Soil attributes were compared with Critical Limits (***CL***) of the Official Mexican Standard. The ***LP rz*** located in the upper part of the landscape showed extremely higher contents of both OM (19.43%) and $N\text{-}NO_3$ (111.80 ppm) as compared to the red ***CM*** whose contents were 3.75% and 17.60 ppm respectively. The OM of the ***rz LP*** exceeded 5 times that of the red soil ***CM*** located of the lower part of the landscape. The ***CL*** for OM, as Medium Contents, reported by the Official Mexican Standard are from 1.6 to 3.5%. Regarding the available inorganic nitrogen ($N\text{-}NO_3$), it could be observed that the ***CM*** soil, had the lowest OM content and so was the $N\text{-}NO_3$ content with 17.6 ppm. On the other hand, the ***LP rz*** soil with a very high OM also showed the highest $N\text{-}NO_3$ (111.86 ppm), exceeding 5.5 times the ***CL*** of 20 ppm.

Keywords: *Nutrients, Critical levels, Leptosol, Cambisol*

INTRODUCCIÓN

A fines de la década de 1970, las tasas de deforestación para los trópicos húmedos se estimaron en 6,9 millones de hectáreas por año (Lanly, 1982) y se duplicaron a 14,8 millones en 1991. El número de personas que dependen de la agricultura migratoria, practicando la Roza-Tumba-Quema (RTQ), se ha estimado en alrededor de 250 a 300 millones (Hauck, 1974 y Myyers, 1994).

En Yucatán México, la producción de maíz continúa realizándose principalmente bajo condiciones de temporal en aproximadamente 130 mil hectáreas y el 90 por ciento se produce bajo RTQ. Este es un antiguo sistema de producción denominado Milpa Maya (MM) y desde los años 70 se hicieron esfuerzos considerables para comprender por qué los campesinos mayas enfrentaban una importante reducción del rendimiento del maíz en la MM (Pool Novelo,1986).

La MM se considera un sistema manejado localmente que altera menos el ecosistema que otros sistemas modernos de producción agrícola (Rappaport, 1975). El profesor Hernández Xolocotzi comentó que el MM es un sistema eficiente que aprovecha los recursos del bosque y es adaptable a los suelos calcáreos de Yucatán (Arias Reyes, 1994) pero su capacidad productiva se puede mantener solo si se deja reposar la tierra por un mínimo de 7 años hasta que el bosque se regenere. La fertilidad del suelo está relacionada con la acumulación de hojarasca, la circulación de nutrientes y los períodos de barbecho. La Materia Orgánica (MO) y los nutrientes se incorporan a través de las cenizas (Remmers y Ucán Ek´, 1990).

El problema que se enfrenta es el uso del fuego, provocando una disminución de los valores iniciales de Materia Orgánica (MO) cuando las temperaturas están por encima de los 450 °C. Algunos otros trabajos sugieren que en fuegos de baja intensidad el efecto es el contrario cuando las cenizas se acumulan sobre el suelo (Martínez et al. 1991). El fuego también puede alterar la calidad de la MO al actuar como un agente que acelera las tasas de mineralización y en la descomposición post-incendio, el humus es más resistente a la degradación microbiana (González-Vila et al. 2009 y González R., 2011).

Por otro lado, la quema aumenta la mineralización de las formas orgánicas del nitrógeno, pero las pérdidas por volatilización dan como resultado un balance negativo para este elemento (Giardina et al. 2000a).

Debido a la incertidumbre sobre las ventajas del sistema RTQ, este trabajo tuvo como objetivo cuantificar la cantidad de MO y $N\text{-}NO_3$ del suelo cuando la vegetación es sometida a la RTQ y comparar los resultados con los Límites Críticos definidos por la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002)

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en suelos kársticos calcáreos de una comunidad maya de Nuevo Tezoco, municipio de Tizimín en el estado de Yucatán, ubicado en: 21° 18´ 24.94" Latitud Norte y 87° 33´ 42.00 Longitud Oeste con una altura de 13 metros sobre el nivel del mar con un clima Aw2 [21].

Se seleccionó la MM del Sr. Epitacio Ku Puc donde la vegetación de 10 años fue recién quemada y donde se encontraron dos suelos asociados, los rojos semi-profundos (*Cambisoles)*, ubicados en la parte baja del paisaje (***CM***) y los negros con piedras sueltas (*Leptosoles rendzicos*) en la parte alta del paisaje (***LP rz***). Ambos suelos se clasificaron como *Chac Lu´um* y *Pus Lu´um*, respectivamente, en la terminología maya.

Muestreo de suelo y pruebas analíticas

Se tomaron tres sub-muestras de suelo, a 0-20 cm de profundidad, por cada tipo de suelo y se mezclaron hasta formar una muestra compuesta para analizar en Laboratorio (Phytomonitor, 2020): Materia Orgánica (MO) por Walkley y Black y Nitrógeno como Nitratos ($N\text{-}NO_3$) por el método de Brusina.

Valores de referencia del suelo para la fertilidad del suelo

Los niveles críticos de referencia (Cuadro 1), para efectos de comparación, se tomaron de la Norma Oficial Mexicana que establece especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos (SEMARNAT 2002).

Todas las muestras con contenidos inferiores a los Niveles Críticos son Deficientes y aquellas con valores superiores se consideraron Suficientes o incluso en exceso.

Cuadro 1. Niveles Críticos de MO y N-NO3 de acuerdo a la NOM-021 (SEMARNAT 2002)

Atributos del suelo	Niveles Críticos		
	Alto	Medio	Bajo
MO (%)	3.6-6.0	1.6-3.5	0.6-1.5
$N\text{-}NO_3$ (ppm)	40-60	20-40	10-20

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia Orgánica (OM) y Nitrógeno Nítrico (N-NO3)

Se encontraron contenidos de MO Altos en el suelo ***CM*** y Muy Altos en el ***LP rz*** (Cuadro 2). Sin embargo, resalta el valor muy elevado del ***LP rz*** con 19.43% contra 3.75% del CM, es decir el suelo ubicado en lomas con piedra suelta rebasa en 5 veces al suelo rojo de la parte baja del paisaje. Los límites críticos que reporta la Norma Oficial Mexicana es de 1.6 a 3.5% como Medios (Cuadro 1). Valores de MO de 3.26% fueron encontrados por Medina et al., (2017) en suelos cultivados durante 5 años en Campeche.

En cuanto al nitrógeno inorgánico disponible ($N\text{-}NO_3$), se pudo observar (Cuadro 2), que el suelo ***CM***, con menor contenido de MO, también tuvo el contenido más bajo de $N\text{-}NO_3$ con 17.6 ppm. Por otra parte, el suelo ***LP rz*** con un contenido muy elevado de MO también observó un contenido muy alto de $N\text{-}NO_3$ (111.86 ppm).

La diferencia tan contrastante entre suelos puede estar relacionado con lo que sucede comúnmente con la mineralización del nitrógeno en ecosistemas áridos y semiáridos. En este caso la conversión de la materia orgánica hasta nitratos, pasando por los procesos de Aminación, Amonificación (NH_4-), Nitritación (NO_2-) y Nitratación (NO_3-) ocurre en parches, de manera heterogénea. Esto en respuesta a condiciones específicas de diferentes microrregiones con aportaciones contrastantes en la cantidad y calidad de MO proveniente de diferentes tipos de vegetación.

La fertilidad del suelo se distribuye en islas dependiendo de la presencia y abundancia de la vegetación. Los valores de mineralización de N son más altos bajo las copas de los árboles y arbustos que en las zonas de espacios abiertos adyacentes (Celaya-Michel, 2011).

Cuadro 2. Contenido de MO (%) y $N\text{-}NO_3$ (ppm) en dos suelos asociados en la Milpa Maya de Yucatán.

Suelo	Atributos del suelo	
	MO	$N\text{-}NO_3$
*Cambisol (**CM**)*	3.75	17.60
*Leptosol redzico (**LP rz**)*	19.43	111.80

CONCLUSIONES

Los suelos de la Milpa Maya donde se practica la Roza-Tumba-Quema son contrastantes en sus condiciones físicas y químicas. Los contenidos más altos de Materia Orgánica (MO) se obtuvieron en el suelo con piedra suelta ubicado en la parte alta del paisaje denominados *Leptosoles rendzicos* (***LP rz***) con un contenido (19.43%) cinco veces más alto que el del *Cambisol* (***CM***) de las partes bajas (3.75%).

El suelo ***CM***, con menor contenido de MO, también tuvo el contenido más bajo de $N\text{-}NO_3$ con 17.6 ppm y en contraste, el suelo ***LP rz*** con un contenido muy elevado de MO también observó un contenido muy alto de $N\text{-}NO_3$ (111.86 ppm) rebasando 5.5 veces el Límite Crítico de 20 ppm.

Esas diferencias pueden estar relacionadas con los diferentes ecosistemas que se forman en cada suelo cuando no comparten el mismo tipo, cantidad y calidad de la vegetación.

REFERENCIAS

-Arias Reyes, L. M. 1994. Análisis de las investigaciones del Programa Dinámica de la Milpa en Yucatán. Programa Dinámica de la Milpa 1979-1991. Revista de Geografía Agrícola, 28:173-178.https://documen.site/download/analisis-de-las-investigaciones-del-programa-dinamica-de-la-milpa_pdf

-Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, A.E. 2011. Mineralización del nitrógeno en el suelo de Zonas áridas y semiáridas. Terra Latinoamericana, 29, 343-356. https://www.redalyc.org/pdf/573/57321283013.pdf

-Giardina, C.P., Sandford Jr., R.L., Dockersmith, I.C. 2000a. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash-and-burn clearing of a dry tropical forest. Soil Science Society of America Journal, 64(1): 399-405.

-González, R. 2011. Impacto de los incendios forestales en la materia orgánica de los suelos. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. España. 25-40 pp.

-González-Vila, F. J., Almendros, M. G., González-Pérez, J. A., Knicker, H., González-Vázquez, R., Hernández, Z., Piedra-Buena, A., Rosa Arranz, J. M. de la. 2009. Transformaciones de la materia orgánica del suelo por incendios naturales y calentamientos controlados en condiciones de laboratorio. Editor: Cátedra de

divulgación de la ciencia. Valencia. 224-238 pp. https://digital.csic.es/handle/10261/54782

-Hauck, F.W. 1974. Shifting cultivation and soil conservation in Africa. FAO Soils Bull.24:1–4.

-Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resources. FAO, Rome, Italy.

- Martínez, J., De las Heras, J., Herranz, J. 1991. Impacto ecológico de los incendios forestales. Catedra de Botánica Forestal y Ecología y Medio Ambiente. Escuela Universidad Politécnica de Albacete. Universidad de Castilla La Mancha.

-Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., Galvis-Spínola, A., Cortés-Flores, J. I., Santiago-Cruz, Ma. De J. 2017. Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. Agronomía Mesoamericana, 28(2): 499-508.

-Myyers. N. 1994. Tropical deforestation: Rates and patterns. In K. Brown and D.W. Pearce (eds.). The causes of tropical deforestation. UCL Press, London. 388 p.

-Phytomonitor. 2020. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

-Pool Novelo, L. 1986 Experimentación en producción maicera bajo roza tumba quema en Yaxcabá, Yucatán, México, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 41-45 pp.

-Rappaport, R. 1975 El flujo de energía en una sociedad agrícola. Biología y Cultura, 34:379-391.

-Remmers, G. G. A., Ucán Ek´, E. 1990. La roza-tumba-quema maya: evaluación de un Sistema agroecológico tradicional bajo presiones de cambio tecnológico. Etnoecologia, 3(45):1-8.

-SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial.

MODELACIÓN DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE Y GRANO DE MAÍZ CULTIVADO BAJO RIEGO CON EL MODELO AQUACROP

Hilario Flores-Gallardo[1], Héctor Flores-Magdaleno[2], Jorge Víctor Prado-Hernández[3], Roberto Ascencio-Hernández[2], Nora Meraz-Maldonado[4] y Juan Enrique Rubiños-Panta[2]

[1]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5, Durango, México. C.P. 34170. [2]Colegio de Postgraduados - Programa en Hidrociencias. Carretera México - Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C.P. 56264. [3]Universidad Autónoma Chapingo - Departamento de Suelos. Carretera México - Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. [4]Agribest. Camino a la Reforestación S/N. San Luis Huexotla. Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56220.

RESUMEN

La constante demanda de forraje y grano de maíz (*Zea mays*) ocasiona que la agricultura de riego sea eficiente en mayor medida para satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento. En México se tiene una gran tradición sobre el consumo de maíz en la alimentación poblacional, pero no se cuenta con una autosuficiencia sobre dicho grano, generando la necesidad de importar grandes cantidades del producto para satisfacer la demanda nacional. Con las nuevas tecnologías y el enfoque hacia una agricultura de precisión, se requieren de herramientas que permitan ofrecer alternativas a los productores sobre el manejo adecuado del cultivo para asegurar rendimientos con calidad y cantidad, entre dichas herramientas se encuentran los modelos de simulación del crecimiento y rendimiento de los cultivos, los cuales permiten predecir cosechas ante diferentes escenarios de manejo agronómico y disponibilidad de agua, para ello se requiere la realización de trabajos experimentales que sean transferidos a los productores con éxito a través de la adopción de tecnología. En la presente investigación se parametrizó el modelo AquaCrop para modelar el rendimiento del cultivo de maíz con dos híbridos (XR20A y XR21) comerciales que fueron sembrados bajo riego por gravedad en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP, ubicado en el Distrito de Riego 052 “Durango”, durante los ciclos agrícolas primavera-verano (P-V) 2015, 2016 y 2017. Por lo tanto, se compararon los datos observados y simulados sobre algunas variables del cultivo para calibrar y validar el modelo AquaCrop, entre dichos datos se consideró la cobertura del dosel vegetal,

rendimiento de grano y manejo agronómico en general. Los resultados indicaron que las predicciones del rendimiento de grano con el modelo son viables debido a la obtención de un valor de 0.47 t ha^{-1} para la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE) y un índice de Willmott (d) de 0.99. El modelo AquaCrop es una alternativa viable para conocer el rendimiento esperado y potencial del cultivo de maíz, coadyuvando en la toma de mejores decisiones de los agricultores.

Palabras clave: Calibración, parametrización, simulación, validación, *Zea mays*.

ABSTRACT

The constant demand for forage and corn grain (*Zea mays*) makes the irrigated agriculture more efficient to meet the demands of an ever-growing population. In Mexico, there is a great tradition about the consumption of corn in the population diet, but there is no self-sufficiency on this grain, generating the need to import large quantities of the product to satisfy national demand. With new technologies and focus on precision agriculture, tools are required to offer alternatives to producers on the proper management of the crop to ensure yields with quality and quantity, among these tools are the simulation models for crop growth and yield, which allow predicting harvests under different scenarios of agronomic management and water availability, for this it is required to carry out experimental works that are successfully transferred to producers through the adoption of technology. In the present research, the AquaCrop model was parameterized to model the yield of the corn crop with two commercial hybrids (XR20A and XR21) that were sowed under surface irrigation in the Valle del Guadiana Experimental Station of INIFAP, located in the Irrigation District 052 "Durango", during the spring-summer (S-S) growing seasons 2015, 2016 and 2017. Therefore, the observed and simulated data on some crop variables were compared to calibrate and validate the AquaCrop model, among these data the canopy cover, grain yield and agronomic management in general were considered. The results indicated that grain yield predictions with the model are viable due to obtaining a value of 0.47 t ha^{-1} for the root mean square error (RMSE) and the Willmott index (d) with 0.99. The AquaCrop model is a viable alternative to know the expected and potential yield of the corn crop, contributing to the making of better decisions of farmers.

Key words: Calibration, parameterization, simulation, validation, *Zea mays*.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel nacional e internacional, lo cual es resultado de su importancia alimenticia, social y económica (Flores-Gallardo *et al*., 2015). Esta especie se ha convertido en uno de los principales productos de carácter alimenticio e industrial en los mercados mundiales, debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, consumo humano y uso industrial (FIRA, 2016). El maíz es una de las especies con mayor cantidad de estudios en el ámbito agronómico, puesto que se han realizado diferentes investigaciones sobre su respuesta al agua bajo diferentes condiciones de manejo y clima, pero también con un sentido de evaluación económico (Gadedjisso-Tossou *et al*., 2019). Con el modelo AquaCrop no es la excepción, puesto desde la liberación del modelo, uno de los cultivos iniciales que se incluyeron en el catálogo fue precisamente el maíz (Heng *et al*., 2009; Hsiao *et al*., 2009; Raes *et al*., 2009). A partir de ello, se realizaron estudios en diferentes regiones del mundo con dicha especie (Abedinpour *et al*., 2012; Flores-Gallardo *et al*., 2013; Ahmadi *et al*., 2015) y también bajo diferentes escenarios de cambio climático (Abedinpour *et al*., 2014; Arce-Romero *et al*., 2020). El objetivo de esta investigación fue realizar la parametrización del modelo AquaCrop con datos experimentales para modelar el rendimiento del cultivo de maíz, mediante su calibración y validación de los parámetros requeridos para utilizar el modelo con dos híbridos comerciales que fueron sembrados bajo riego por gravedad en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP, ubicado en el Distrito de Riego 052 “Durango”, durante los ciclos agrícolas primavera-verano (P-V) 2015, 2016 y 2017.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se realizaron durante tres ciclos agrícolas primavera-verano (P-V) 2015, 2016 y 2017, estableciendo parcelas semi-comerciales de maíz en el Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP-Durango) con unas coordenadas geográficas LN 23° 59’ 18.6”, LW -104° 37’ 32.4” y una altitud de 1878 m, para ello, se utilizaron dos híbridos comerciales de maíz utilizados en la región (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los materiales de maíz utilizados en Durango durante los ciclos agrícolas P-V 2015, 2016 y 2017.

Características	XR20A	XR21
Ciclo (tipo duración)	Intermedio - Precoz	Intermedio - Precoz
Días a floración (d)	65 - 70	66 - 68
Días a madurez (d)	132 - 135	138 - 140
Días a cosecha (d)	160 - 170	165 - 175
Altura de la mazorca (m)	1.14	1.15 m
Altura de la planta (m)	2.45 - 2.75	2.8 - 2.9

El clima predominante en el sitio de estudio es el templado semiárido, con régimen de lluvias en verano, mostrando variación fuerte de temperatura [BS1 Kw(w)(e)] y la media anual para esa variable es 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al*. 2005). La evapotranspiración de referencia (ETo) media anual es de 4.9 mm d^{-1} con un intervalo de 0.3 a 8.9 mm d^{-1} (INIFAP, 2017). Las características edáficas presentan una clase textural franco arenosa, con una distribución diferente de partículas del suelo para arena (A), limo (L) y arcilla (R), así como de una densidad aparente (*ρa*) y contenido de materia orgánica (*MO*). Los datos precisos de las principales propiedades físicas y químicas se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del suelo.

Propiedad	Valor
Arena (%)	62
Limo (%)	28
Arcilla (%)	10
Densidad aparente (g cm^{-3})	1.295
Materia orgánica (%)	0.60
pH	8.15

Una vez obtenidos los datos de las parcelas de validación, se utilizaron los parámetros conservativos del modelo AquaCrop para fines de simulación del rendimiento del cultivo de maíz, dichos parámetros fueron reportados por primera vez para tres experimentos de maíz, los cuales se realizaron en España y Estados Unidos (Hsiao *et al*., 2009). Sin embargo, se

utilizó como referencia los reportados por Flores-Gallardo *et al*. (2013) para adaptarlos y realizar la adecuada validación del modelo para las condiciones climáticas de Durango. Una vez realizada la parametrización, se procedió a la calibración y validación del modelo AquaCrop con los datos obtenidos en campo, aplicando el análisis estadístico de los datos de rendimiento y duración del ciclo del cultivo observados en campo y simulados (Flores-Gallardo *et al*., 2013). Para lo anterior, se utilizaron los siguientes análisis estadísticos: raíz cuadrada del cuadrado medio del error (*RMSE*) y el índice de Willmott (*d*) de acuerdo con (Willmott, 1982), calculados con las siguientes ecuaciones:

$$RMSE = [n^{-1} \sum_{i=1}^{n} (Si - Oi)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (Si - Oi)^2}{\sum_{i=1}^{n} (|Si| + |Oi|)^2}\right], 0 \leq d \leq 1 \quad (2)$$

En donde *n* es el número de observaciones realizadas, *Si* y *Oi* son los valores simulados y observados, respectivamente. Debido a que *RMSE* representa una medida global entre los valores observados y simulados, es considerado como un indicador de la incertidumbre porque toma las mismas unidades de la variable simulada y, por consiguiente, el valor más cercano a cero indica un buen desempeño en la simulación. El valor *d* (ecuación 2) varía desde cero hasta uno y, por lo cual, ambos análisis fueron aplicados de forma secuencial a los datos observados y simulados. Por último, con la finalidad de comparar estadísticamente los valores *Si* contra los valores *Oi*, se utilizaron los siguientes análisis estadísticos: coeficiente de variación (*CV*) y desviación estándar (*σ*) calculados con las siguientes ecuaciones:

$$CV = \frac{\sigma}{|\bar{X}|} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \bar{X})^2} \quad (4)$$

Donde σ es la desviación estándar, $\bar{x}$ es el valor medio, y x_i es cada observación registrada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la calibración del modelo AquaCrop, se consideraron los datos de las parcelas durante el primer ciclo agrícola P-V 2015 y posteriormente, se procedió a realizar la validación con el resto de ciclos agrícolas P-V 2016 y 2017. De lo anterior se obtuvo un resultado en el rendimiento de grano de 0.47 t ha^{-1} del *RSME* y un índice de Willmott (*d*) con valor de 0.99

para la misma variable. Sin embargo, también se realizaron otros análisis estadísticos en donde se obtuvo una R^2 de 0.95 entre los datos de rendimiento de grano observado (*Oi*) y simulado (*Si*) con el modelo AquaCrop (Figura 1).

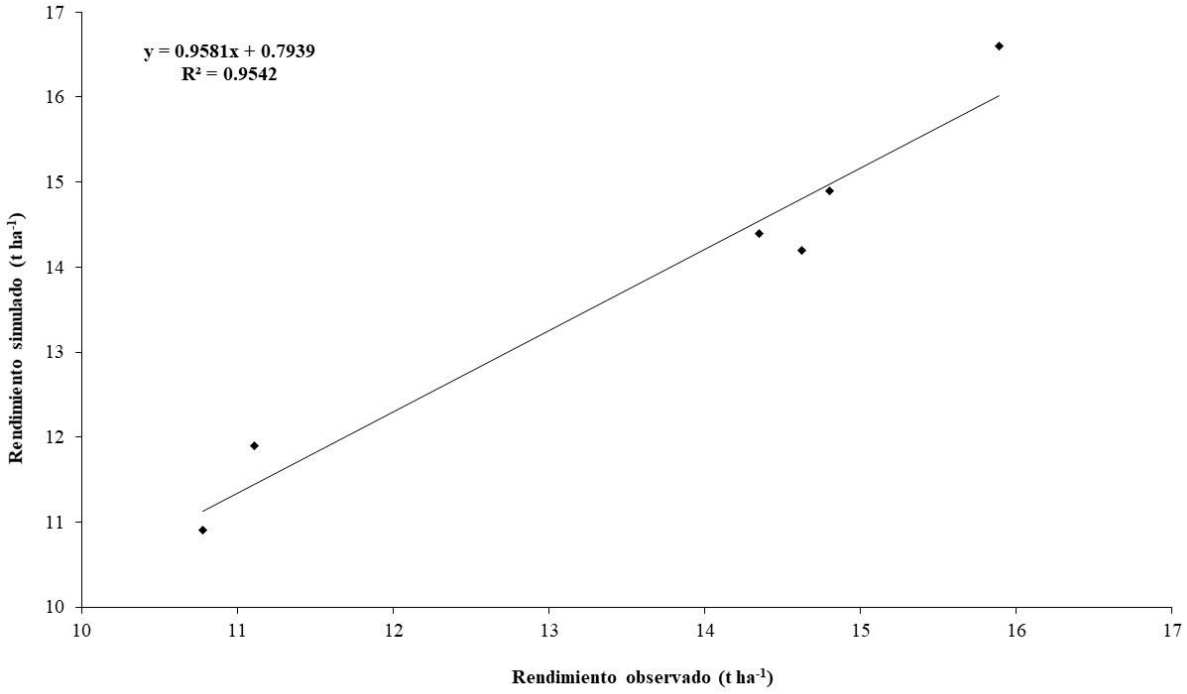


Figura 1. Coeficiente de determinación (R^2) entre los valores de rendimiento de grano *Oi* y *Si* con el modelo AquaCrop.

En estudios realizados en otras regiones para el mismo cultivo, se obtuvieron valores estadísticos similares por Flores-Gallardo *et al*. (2013), He *et al*. (2021). Sin embargo, con la utilización de otros modelos en maíz, como el CROPWAT y EPHICphase, se obtuvieron valores bastante diferentes con 5.25 t ha^{-1} para el *RSME*, lo cual convierte a los resultados menos confiables para realizar simulaciones en condiciones de alta variabilidad climática (Cavero *et al*., 2000). Para el caso del forraje producido por el cultivo de maíz, se consideraron los valores referentes a la Biomasa (*B*) que estima el modelo AquaCrop, en donde se obtuvieron resultados en campo (*Oi*) entre 14.6 a 25.6 t ha^{-1}, mientras que los datos simulados (*Si*) por el modelo AquaCrop oscilaron entre 13.5 a 22.8 t ha^{-1}, resultados similares a los reportados por Greaves y Wang (2016) con rangos en dichos valores de 15.8 a 21.9 t ha^{-1}. No obstante, se obtuvo una R^2 de 0.65 entre los datos de *B Oi* y *B Si* con el modelo AquaCrop (Figura 2).

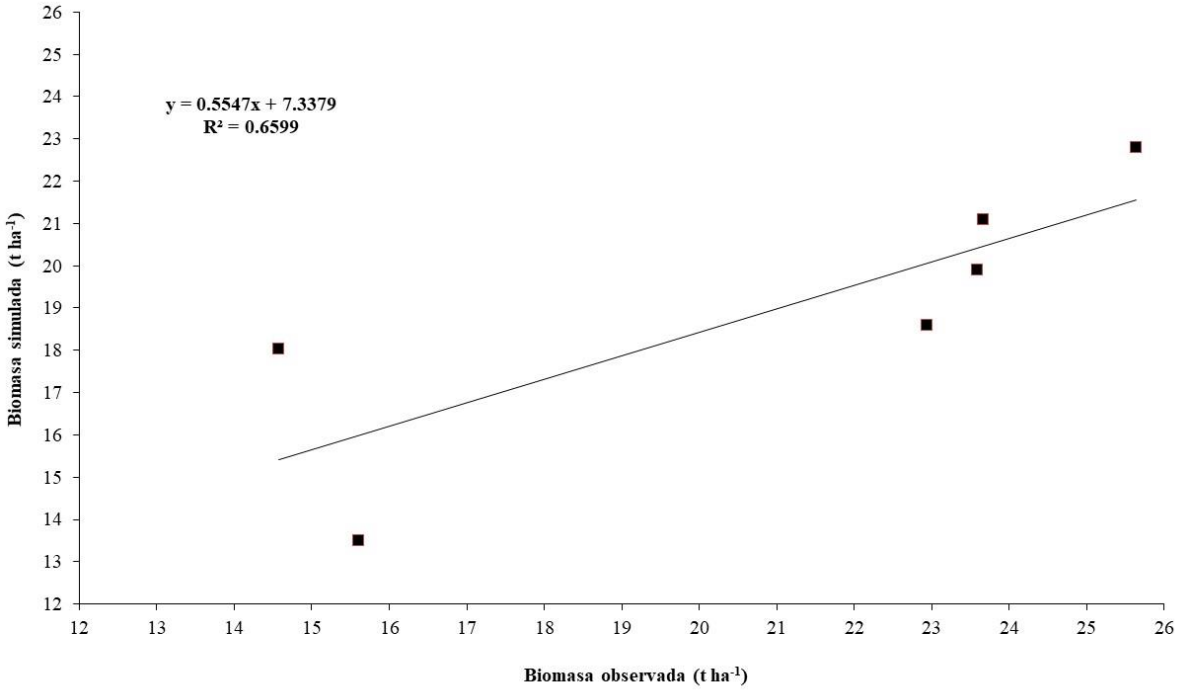


Figura 2. Coeficiente de determinación (R^2) entre los valores de *B Oi* y *B Si* con el modelo AquaCrop.

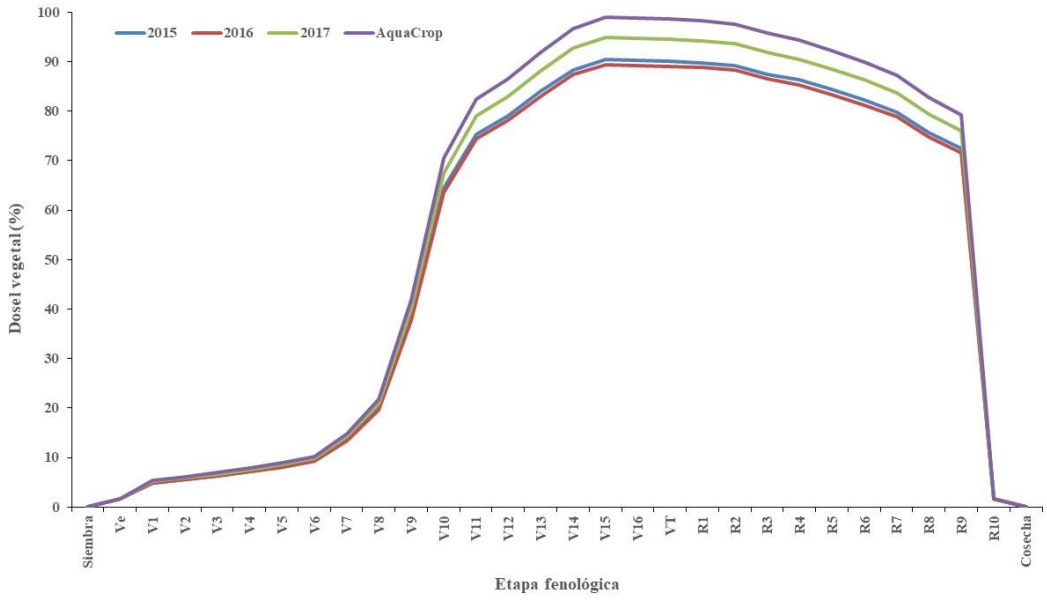


Figura 3. Comportamiento del dosel vegetal observado en campo (*Oi*) y simulado (*Si*) con AquaCrop expresado en porcentaje en comparación con la fenología del maíz.

También cabe mencionar que los datos obtenidos para la modalidad de producción bajo riego son mayores y los que se puedan obtener bajo la modalidad de producción de temporal son menores, por lo que su diferencia es lógica al presentar restricciones y no contar con un control del suministro de agua (Greaves y Wang, 2017).

CONCLUSIONES

Los análisis estadísticos muestran un gran desempeño del modelo AquaCrop para las condiciones predominantes de Durango, debido a que tiene una sobreestimación del rendimiento de 0.47 t ha^{-1} (RMSE) y un 0.99 (d). Por lo tanto, puede ser replicado en otras regiones maiceras del estado para ofrecer alternativas de manejo a los productores y apoyar en la toma de decisiones en su manejo agronómico. El modelo AquaCrop mostró ser una excelente herramienta por sus resultados estadísticos, lo cual genera confianza para realizar simulaciones a nivel parcelario sobre el rendimiento del maíz bajo diferentes condiciones climáticas, de manejo agronómico y disponibilidad hídrica, lo cual se considera como posibles escenarios en el Distrito de Riego 052 “Durango”.

REFERENCIAS

Abedinpour, M., A. Sarangi, T.B.S. Rajput, Man Singh, H. Pathak and T. Ahmad. 2012. Performance evaluation of AquaCrop model for maize crop in a semi-arid environment. Agricultural Water Management. 110: 55-66.

Abedinpour, M., A. Sarangi, T.B.S. Rajput and Man Singh. 2014. Prediction of Maize Yield under Future Water Availability Scenarios Using the AquaCrop Model. Journal of Agricultural Science. 152: 558-574.

Ahmadi, S. H., Mosallaeepour, E., Kamgar-Haghighi, A. A. and Sepaskhah, A. R. 2015. Modeling Maize Yield and Soil Water Content with AquaCrop Under Full and Deficit Irrigation Managements. Water Resource Management. 29: 2837-2853.

Arce-Romero A., A. I. Monterroso-Rivas, J. D. Gómez-Díaz, M. Á. Palacios-Mendoza, E. N. Navarro-Salas, J. López-Blanco and A. C. Conde-Álvarez. 2020. Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. Atmósfera. 33:215-231.

Cavero, J., I. Farre, P. Debaeke and J. M. Faci. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPICphase and CROPWAT models. Agronomy Journal. 92:679-690.

Flores-Gallardo H., W. Ojeda-Bustamante, H. Flores-Magdaleno, E. Sifuentes-Ibarra y E. Mejía-Sáenz. 2013. Simulación del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el norte de Sinaloa usando el modelo AquaCrop. Agrociencia. 47:347-359.

Flores-Gallardo H., W. Ojeda-Bustamante, A. Ruiz-García y H. Flores-Magdaleno. 2015. AquaCrop: una herramienta para generar calendarios de riego. *In*: W. Ojeda-Bustamante y J. Flores-Velázquez (eds.). Calendarización del riego: teoría y práctica. Anexo E. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Pp. E1-E22. ISBN: 978-607-9368-40-1.

Gadedjisso-Tossou A., Avellán T. and Schütze N. 2019. An Economic-Based Evaluation of Maize Production under Deficit and Supplemental Irrigation for Smallholder Farmers in Northern Togo, West Africa. Resources. 8(4): 175.

García, M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.

Greaves G. E. and Wang Y-M. 2016. Assessment of FAO AquaCrop Model for Simulating Maize Growth and Productivity under Deficit Irrigation in a Tropical Environment. Water. 8(12): 557.

Greaves G. E. and Wang Y-M. 2017. Identifying Irrigation Strategies for Improved Agricultural Water Productivity in Irrigated Maize Production through Crop Simulation Modelling. Sustainability. 9(4): 1-17.

He Q., Li S., Hu D., Wang Y. and Cong X. 2021. Performance assessment of the AquaCrop model for film-mulched maize with full drip irrigation in Northwest China. Irrigation Science. 39: 277-292.

Heng L. K., T. Hsiao, S. Evett, T. Howell and P. Steduto. 2009. Validating the FAO AquaCrop model for irrigated and water deficient field maize. Agronomy Journal 101:488-498.

Hsiao T. C., L. K. Heng, P. Steduto, B. Rojas-Lara, D. Raes and E. Fereres. 2009. AquaCrop - The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. Agronomy Journal. 101:448-459.

Medina G. G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C. y M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 224 p.

Raes D., P. Steduto, T. C. Hsiao and E. Fereres. 2009. AquaCrop. Reference Manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 218 p.

Steduto P., T. C. Hsiao, E. Fereres and D. Raes. 2012. Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper # 66. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 500 p.

Willmott C. J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of the American Meteorological Society. 63:1309-1313.

MONITOREO DE LA ROYA DE LA HOJA EN TRIGO CRISTALINO EN LOS VALLES DEL SUR DE SONORA

Torres-Cruz, María Monserrat*, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *tcmonserrat90@gmail.com

RESUMEN

La presencia y severidad de los daños causados por la roya de la hoja están influenciados por la fecha de siembra, la variedad utilizada y las condiciones climatológicas. Los factores climáticos fundamentales en el caso de las enfermedades son la temperatura, por una parte, la humedad relativa y la precipitación por otra, pero actúan conjuntamente y pueden producir daños considerables en la planta. El objetivo del presente trabajo fue analizar la influencia de la temperatura y humedad relativa en relación a parcelas que han presentado roya de la hoja en diferentes puntos del sur de Sonora. Se tomó la información de las estaciones meteorológicas ubicadas en el sur de Sonora, se digitalizó una base de datos del SIMROYA (Sistema de Monitoreo de Roya del Trigo) y de los boletines semanales por parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal, considerando el porcentaje de predios con presencia de roya de la hoja de los ciclos agrícolas 2000-2001, 2008-2009, 2016-2017 y 2021-2022. Se llevó a cabo la relación de las condiciones climáticas y la presencia de roya de la hoja y se realizó un análisis descriptivo en cada uno de los ciclos agrícolas. Durante el ciclo 2000-2001, a mediados de marzo se dio el repunte de la roya de la hoja, manifestándose en el 100% de los predios monitoreados, donde la temperatura promedio del día del mes de marzo osciló entre los 15 y 18 °C, y a finales de marzo e inicio de abril se presentaron días muy húmedos. En el ciclo 2008-2009, la enfermedad se manifestó en gran medida de enero a mediados de marzo, con un porcentaje de predios infectados del 96%. En cambio, durante los ciclos 2016-2017 y 2021-2022, disminuyó el porcentaje de predios que presentaron presencia de roya con 65 y 36%, respectivamente.

Palabras claves: Trigo cristalino, *Triticum durum*, Roya de la hoja, *Puccinia triticina*, Temperatura.

ABSTRACT

The presence and severity of the damage caused by leaf rust, are influenced by the sowing date, the cultivar used, and weather conditions. The most important climatic factors in the case of plant diseases are the temperature on one side, and relative humidity and rainfall on the other, but they interact and may cause considerable damage to the plants. The objective of this work was to analyze the influence of temperature and relative humidity in relation to fields that have had leaf rust, in different areas of southern Sonora. Date were obtained from the weather stations located in southern Sonora, and a database was digitalized from SIMROYA (Monitoring System of Wheat Rust) and from the weekly bulletins published by the Local Plant Health Councils, considering the percentage of fields with presence of leaf rust during the crop seasons 2000-2001, 2008-2009, 2016-2017, and 2021-2022. A relationship was established between weather conditions and the presence of leaf rust, as well as a descriptive analysis in each of the crop seasons. During the crop season 2000-2001, an outbreak occurred by the middle of March, so that 100% of the fields monitored showed the presence of the disease; the daily average temperature in March oscillated between 15 and 18 °C, and at the end of that month and beginning of April the relative humidity was high. During the crop season 2008-2009, the disease showed up primarily from January to the middle of March with 96% of the fields affected. On the other hand, during crop seasons 2016-2017 and 2021-2022 the percentage of affected fields with leaf rust was reduced to 65 and 36%, respectively.

Key words: Durum wheat, *Triticum durum*, Leaf rust, *Puccinia triticina*, Temperature.

INTRODUCCIÓN

La roya de la hoja causada por el hongo *Puccinia triticina* E., es un una de las principales enfermedades del trigo en México y la población de *P. triticina* es muy variable, compuesta por muchas razas, con distinta combinación de genes de virulencia (Huerta-Espino *et al*., 2011). La roya de la hoja puede causar graves pérdidas de rendimiento al afectar la biomasa, el peso del grano y número de granos por m^2 (Herrera-Foessel *et al*., 2005). La presencia y severidad de los daños causados por la roya están influenciados por la fecha de siembra, la variedad utilizada y las condiciones climatológicas. Los factores climáticos fundamentales en el caso de las enfermedades son la temperatura, por una parte, humedad y precipitaciones por otra, pero actúan conjuntamente y pueden producir daños

considerables en la planta (Coscollá, 1980). El sur de Sonora, en los Valle del Yaqui y Valle del Mayo son regiones en las que las condiciones del clima son diferentes, como sucedió en el año 1991 donde los niveles más altos de infección de carbón parcial fueron registrados en el Valle del Mayo (Lira Ibarra, 1992). Lo mismo sucede con la aparición y desarrollo de roya amarilla (Fuentes *et al*., 2019), roya de la hoja (Singh *et al*., 2004) y mancha borrosa de trigo en los diferentes valles. Diversos estudios que se han realizado utilizando los datos que proporcionan estaciones meteorológicas (Grageda Grageda *et al*., 2014; Morales-Coronado *et al*., 2019), han demostrado que la fluctuación de la temperatura o humedad entre los diferentes sitios del Valle del Yaqui y del Mayo provoca diferencias en el rendimiento de los cultivos, e influye en la presencia e incidencia de plagas y enfermedades en diferentes sectores del valle. El objetivo del presente trabajo fue analizar la influencia de la temperatura y humedad relativa en relación a parcelas que han presentado roya de la hoja en diferentes puntos del sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó la información de la temperatura del aire y humedad relativa de las estaciones meteorológicas ubicadas en el sur de Sonora pertenecientes a la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora (REMAS) y de la CONAGUA. Se digitalizó una base de datos del SIMROYA (Sistema de Monitoreo de Roya del Trigo) y de los boletines semanales por parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal (JLSV), considerando el porcentaje de predios con presencia de roya de la hoja de los ciclos agrícolas 2008-2009, 2016-2017 y 2021-2022. Además, se tomaron los resultados del ciclo 2000-2001 publicados por Figueroa López *et al*. (2001). Se llevó a cabo la relación de las condiciones climáticas y la presencia de roya de la hoja, así como un análisis descriptivo en cada uno de los ciclos agrícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ciclo agrícola 2000-2001, la temperatura promedio fue de 15.62 °C, donde la temperatura mínima fue de 10.66 °C y la temperatura máxima de 20.51 °C, con una humedad relativa promedio de 67.88% (Figura 1). Se consideró el 14 de febrero como fecha de inicio de la epidemia, pero a partir del 15 de marzo se dio el repunte de la enfermedad donde el porcentaje de predios fue en aumento hasta el 12 de abril, donde se presentó el 100% de predios infectados. Durante el mes de marzo, la temperatura promedio del día

osciló entre los 15 y 18 °C, observándose como un mes cálido; además, a finales de marzo e inicio de abril se presentaron días muy húmedos.

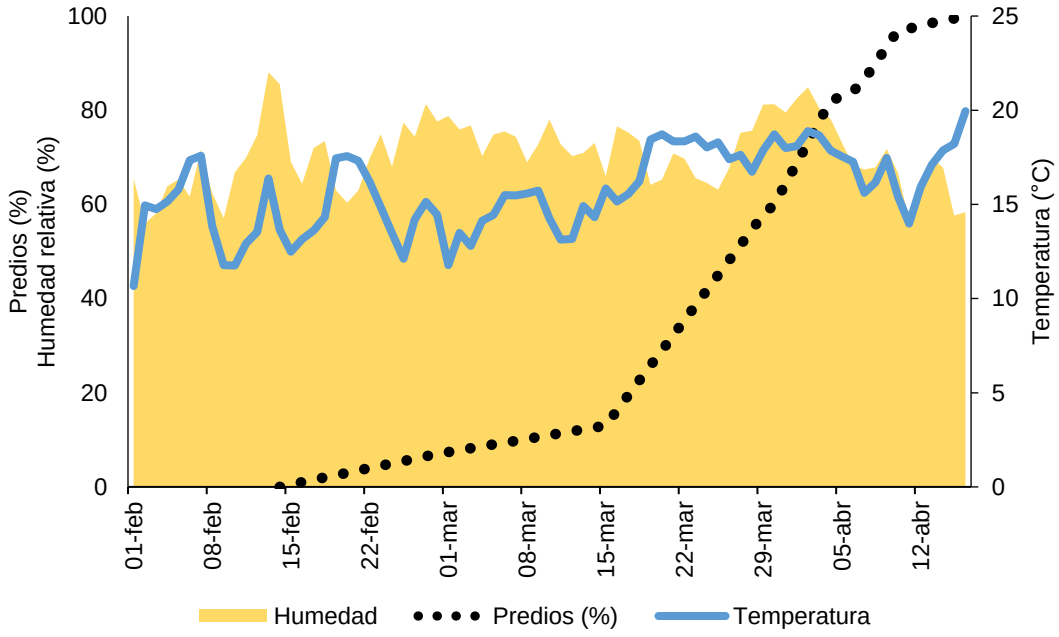


Figura 1. Ciclo 2000-2001

El ciclo 2008-2009 la epidemia inició el 29 de diciembre con un porcentaje muy bajo de predios infectados (2%), fue a partir del 06 de enero donde el porcentaje de predios infectados fue en aumento, siendo constante la enfermedad hasta el 14 de marzo y el 96% de predios monitoreados estaban infectados de roya. La temperatura promedio del ciclo agrícola fue de 16.95 °C, donde la temperatura mínima fue de 12.34 °C y la temperatura máxima de 23.17 °C, con una humedad relativa promedio de 73.06% (Figura 2).

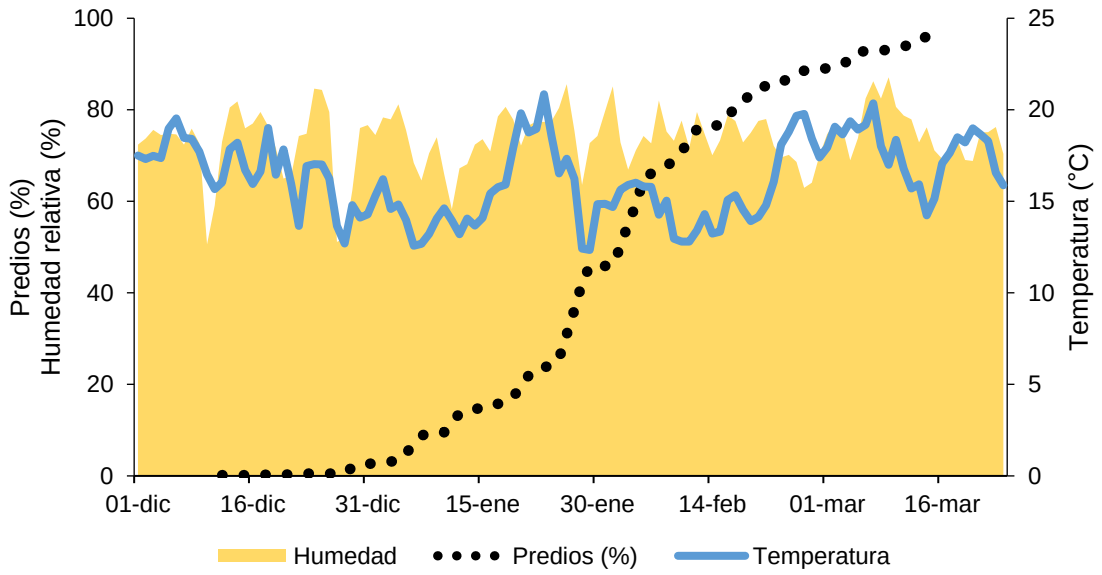


Figura 2. Ciclo 2008-2009

El ciclo 2016-2017 la epidemia inició el 15 de enero con un porcentaje muy bajo de predios infectados, fue a partir del 10 de febrero donde el porcentaje de predios infectados fue en aumento hasta el 10 de abril, donde se llegó hasta un 65% de predios infectados. La temperatura promedio del ciclo agrícola fue de 17.76 °C, donde la temperatura mínima fue de 12.63 °C y la temperatura máxima de 23.80 °C, con una humedad relativa promedio de 72.31%. Además, se observa como a inicios de marzo, el porcentaje de predios infectados fue en constante aumento y se puede ver como la mayoría del mes de marzo la temperatura promedio estuvo arriba de los 20 °C y la humedad relativa estuvo por debajo del 70% (Figura 3).

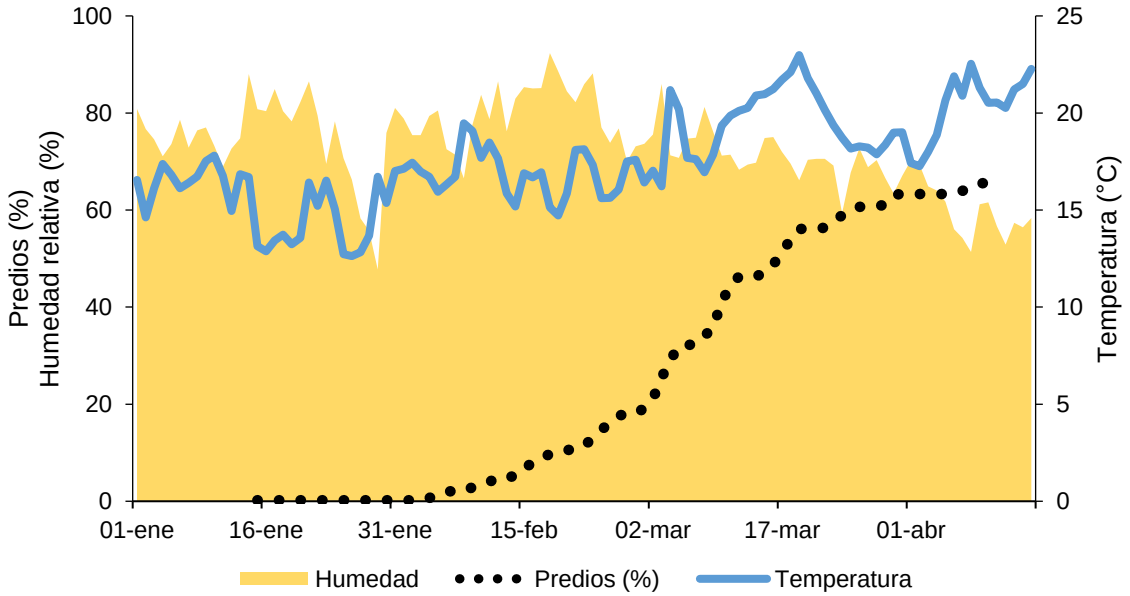


Figura 3. Ciclo 2016-2017

El ciclo 2021-2022, la temperatura promedio fue de 17.01 °C, donde la temperatura mínima fue de 11.68 °C y la temperatura máxima de 24.54 °C, la humedad relativa oscilo entre un 53 y 91% con un promedio de 70.99%. El inicio de la aparición de la roya fue 18 de enero con un porcentaje muy bajo de predios infectados (1%); en el mes de febrero el porcentaje de predios infectados aumentó en un 25% y fue hasta los primeros quince días de marzo donde se siguieron presentando predios infectados en un 36% del total de los predios monitoreados. Del 16 de marzo al 15 de abril se mantuvo el porcentaje de predios infectados en un rango de 33% al 36% (Figura 4).

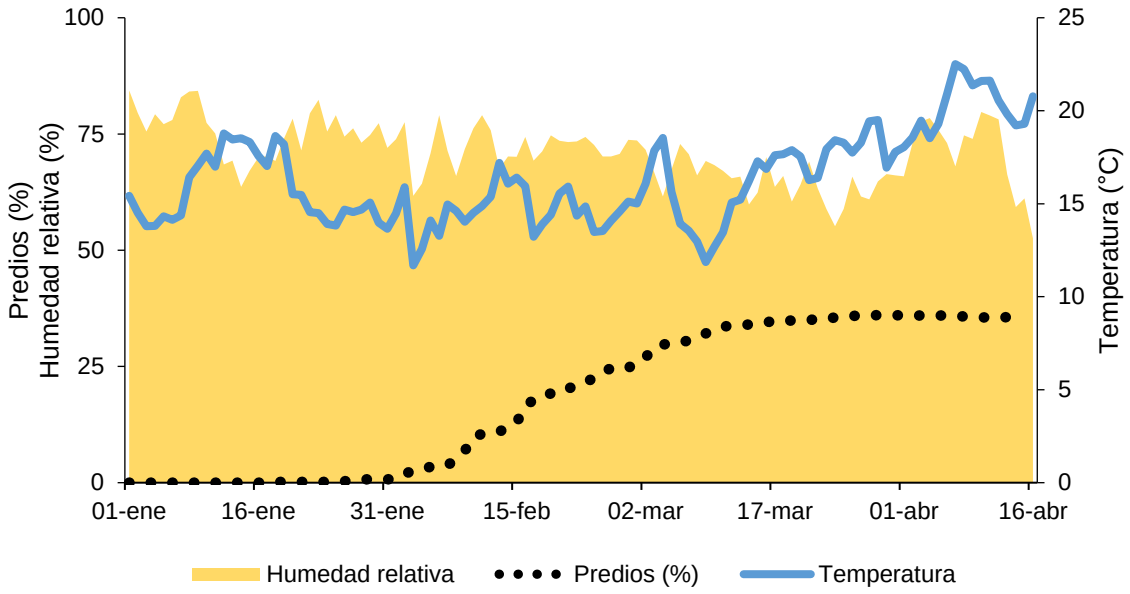


Figura 4. Ciclo 2021-2022

CONCLUSIONES

Durante el ciclo 2000-2001, a mediados de marzo se dio el repunte de la roya de la hoja, manifestándose en el 100% de los predios monitoreados, donde la temperatura promedio del día del mes de marzo osciló entre los 15 y 18 °C, y a finales de marzo e inicio de abril se presentaron días muy húmedos. En el ciclo 2008-2009, la enfermedad se manifestó en gran medida de enero a mediados de marzo, con un porcentaje de predios infectados del 96%. En cambio, durante los ciclos 2016-2017 y 2021-2022, disminuyó el porcentaje de predios que presentaron presencia de roya, con 65 y 36%, respectivamente.

REFERENCIAS

Coscollá R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. Boletin de Sanidad Vegetal-Plagas 6(2):123-139.

Figueroa-López P, Gaxiola-Verdugo LA, Suárez-Beltrán A, Álvarez-Zamorano R y Camacho-Casas MA. 2001. Monitoreo de la epidemia de roya de la hoja en trigo cristalino en el Valle del Yaqui, Sonora, en el ciclo 2000-2001. Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Entomología y XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Julio 15 al 18 de julio del 2001. Querétaro, Querétaro, México. 2001; Resumen F-148.

Fuentes-Dávila G, Torres-Cruz MM, Félix-Valencia P, Valdenebro-Esquer B, Castelo-Muñoz G, and Félix-Fuentes JL. 2019. Presence of wheat stripe rust in southern Sonora during the 2018-19 crop season. Annual Wheat Newsletter 65:35-39.

Grageda Grageda J, Ruiz Corral JA, Jiménez Lagunes A, y Fu Castillo AA. 2014. Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5(10):1913-1921.

Herrera-Foessel SA, Singh RP, Huerta-Espino J, Yuen J, and Djurle A. 2005. New genes for leaf rust resistance in CIMMYT durum wheats. Plant Disease 89:809-814. https://doi.org/10.1094/PD-89-0809

Huerta-Espino J, Singh RP, Germán S, McCallum BD, Park RF, Chen WQ, Bhardwaj SC, Goyeau H. 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. Euphytica 179: 143-160. https://doi.org/10.1007/s10681-011-0361-x

Lira Ibarra M. 1992. Karnal Bunt (*Tilletia indica*) of Wheat in the State of Sonora, México. pp. 6-9. In: Update on Karnal Bunt Research in México. Wheat Special Report No. 7. Eds. Fuentes-Davila, G., and Hettel, G.P. CIMMYT. Cd. Obregon, Sonora, Mexico. May 8-9, 1991. Pages 1-38.

Morales-Coronado D, Argentel-Martínez L, Castro-Espinoza L, Gutiérrez-Coronado M, Garibaldi-Chávez J, and Ortiz-Enríquez J. 2019. Global warming is reducing the tillering capacity and grain yield of wheat in Yaqui valley, Mexico. Agronomia Colombiana 37(1):5-11. DOI: 10.15446/agron.colomb.v37n1.75736.

Singh RP, Huerta-Espino J, Pfeiffer W, and Figueroa-Lopez P. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in northwestern Mexico from 2001 to 2003. Plant Disease 88(7):703-708. DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.7.703.

MONITOREO DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN CAMPOS COMERCIALES DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Torres-Cruz, María Monserrat*, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *tcmonserrat90@gmail.com

RESUMEN

El índice de área foliar (IAF) es una variable fundamental para estudiar el desarrollo, crecimiento y rendimiento agronómico de los cultivos. Determinar la relación entre el IAF y el rendimiento de grano, podría ser una herramienta útil para el desarrollo de modelos precisos de predicción de cosecha. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre el IAF y el rendimiento de trigo, durante el desarrollo fenológico en diferentes fechas de siembra en la región del Valle del Yaqui en Sonora. El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2021-2022, en trece campos comerciales sembrados con la variedad de trigo cristalino CIRNO C2008. Se realizaron recorridos de campo para monitorear el desarrollo del cultivo y tomar lecturas del IAF en las diferentes etapas fenológicas con un ceptómetro lineal; además, se tomaron cuatro muestras de 1 m^2 de cada campo para calcular el rendimiento y se contó el número de espigas de cada muestra. El IAF no fue constante conforme al desarrollo del trigo, la mayor expresión del IAF se presentó en ½ grano formado. El rendimiento promedio de los campos monitoreados fue de 7.22 t ha^{-1}, donde la fecha del 11 de diciembre obtuvo el mejor rendimiento 8.63 t ha^{-1} y mayor número de espigas/m^2 con 428. La correlación fue de 0.31, lo que significa que los datos obtenidos en los campos monitoreados no mostraron una relación directa entre el IAF y el rendimiento.

Palabras clave: Índice de área foliar, *Triticum durum*, Trigo cristalino, Rendimiento de grano.

ABSTRACT

The leaf area index (LAI) is a fundamental variable to study development, growth, and agronomic yield of crops. Determination of the relationship between LAI and grain yield could be a useful tool for development of precision models for production forecast. The objective of this work was to determine the relationship between LAI and grain yield of wheat,

during the phenologic development in different sowing dates in Yaqui Valley region in Sonora. Thirteen commercial fields sown with durum wheat cultivar CIRNO C200 were monitored by taking LAI readings with a linear ceptometer during the different phenological stages, during the crop season 2021-2022. Also, four 1 m^2 samples were harvested from each field in order to calculate grain yield, and the number of spikes per sample were counted. The LAI was not constant as the wheat developed, the greatest expression of LAI occurred during half grain formation. The average grain yield of the fields monitored was 7.22 t ha^{-1}; the highest grain yield and number of spikes /m^2 were obtained during the sowing on December 11, 2021, with 8.63 t ha^{-1} and 428, respectively. Correlation was 0.31 which indicate that the data obtained from the fields monitored, did not show a direct relationship between LAI and grain yield.

Key words: Leaf area index, *Triticum durum*, Durum wheat, Grain yield.

INTRODUCCIÓN

El trigo es el cultivo alimentario con la mayor superficie mundial y el segundo cereal más producido después del maíz. El estado de Sonora es el principal productor nacional de trigo, aportando el 58.05 % de la producción nacional (SIAP, 2022). La gran producción de trigo en Sonora se efectúa en el sur del estado, principalmente en el Valle del Yaqui y en menor medida en el Valle del Mayo (Márquez *et al*., 2014).

El índice de área foliar (IAF) es una variable fundamental para estudiar el desarrollo y crecimiento y rendimiento agronómico de los cultivos (Liu *et al*., 2016, Pakovai and Fodor, 2019). En relación al trigo, el período crítico de la disminución del área foliar ocurre 30 días alrededor de floración, abarcando el final de encañe, espigamiento, floración, y el comienzo del llenado del grano. Por lo tanto, la reducción del IAF en el mismo puede ocasionar una disminución en el número real de espigas/m^2, espiguillas/espiga, número de granos/m^2 y peso de los granos (Herranz *et al*., 2017).

La determinación del IAF se efectúa por medio de dos métodos: métodos directos e indirectos. Los primeros requieren de un muestreo destructivo e implican la medición directa del follaje del árbol o la recolección de hojarasca durante un tiempo, por ello son costosos y de lenta aplicación (Muñoz *et al*., 2008). Los métodos indirectos consisten en una serie

de lecturas tomadas directamente en campo con instrumentos específicos, basadas principalmente en la medición de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) por encima y por debajo del follaje, y en el uso de modelos matemáticos complejos (Jonckheere *et al*., 2004; Casaa *et al*., 2019).

Determinar la relación entre el IAF y rendimiento de grano, podría ser una herramienta útil para el desarrollo de modelos precisos de predicción de cosecha. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre el IAF y rendimiento de trigo, durante el desarrollo fenológico en diferentes fechas de siembra en la región del Valle del Yaqui.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la región del Valle del Yaqui durante el ciclo agrícola 2021-2022, con el cultivo de trigo cristalino variedad CIRNO C2008, bajo condiciones de riego. Se eligieron 13 campos comerciales mediante recorridos durante el período del 15 de noviembre al 15 de diciembre (Figura 1).

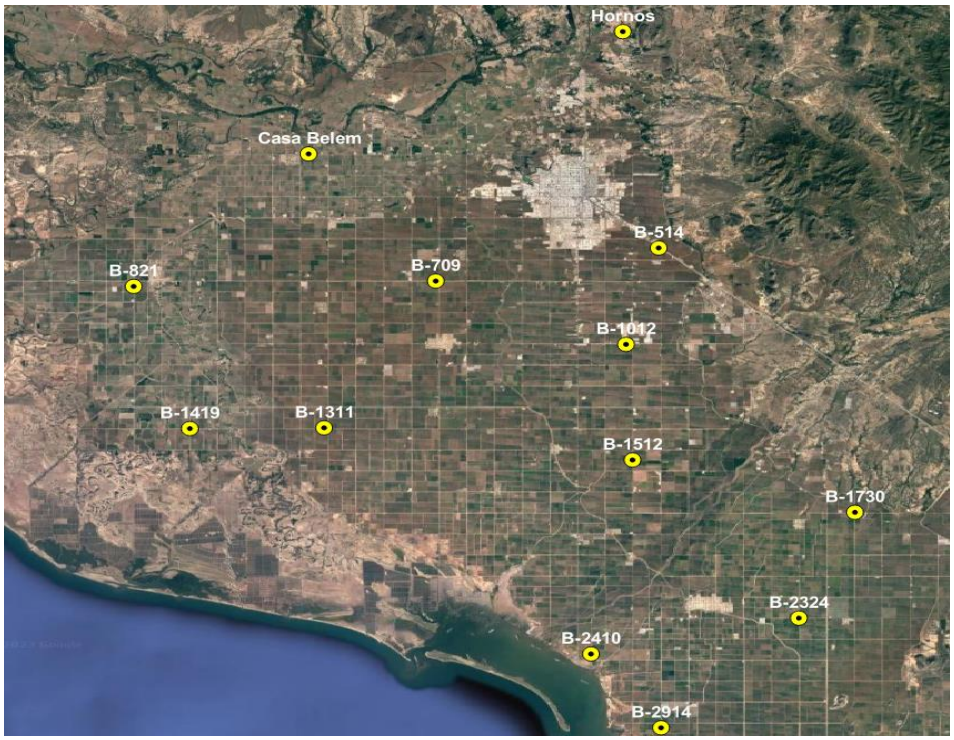


Figura 1. Ubicación geográfica de las parcelas en la región del Valle del Yaqui

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron tres lecturas del IAF con la ayuda de un ceptómetro lineal AccuPAR LP-80 (METER Group, 2022), donde se midió la intensidad lumínica sobre y debajo del dosel del cultivo, colocando la barra del ceptómetro de manera perpendicular al surco en cuatro puntos del campo, que abarcó desde el segundo nudo a grano lechoso, programado desde el primer recorrido que se realizó en cada una de las parcelas. En cada una de los campos se tomaron cuatro muestras de 1 m^2 para calcular el rendimiento y se contó el número de espigas de cada muestra. Después, se realizaron correlaciones simples de Pearson entre el IAF, el número de espigas y el rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La expresión del IAF no fue constante conforme se fueron presentando las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de trigo. En la Figura 2, se puede observar que de embuche a floración, el IAF se mantuvo entre 5.4 y 6.0; la expresión más alta del IAF se mostró en ½ grano con un valor de 6.86, y después disminuyó en las etapas posteriores, a diferencia de los resultados obtenidos por Inzunza-Ibarra *et al*. (2010), donde la mayor expresión del IAF se dio en el inicio de la etapa de floración, y posteriormente se obtuvieron IAF menores hasta alcanzar la madurez fisiológica. Por lo que concuerda con lo reportado por Valverde y Arias (2020), que el IAF varía de acuerdo con las condiciones ambientales que se presentan en cada región durante el desarrollo del cultivo, y también con el manejo agronómico que le brinda el agricultor.

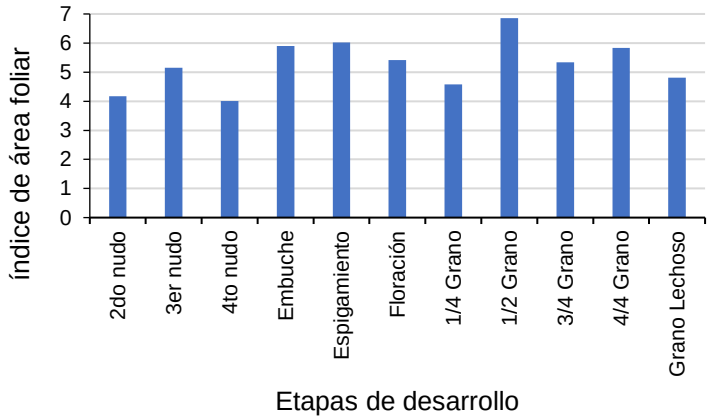


Figura 2. Índice de área foliar promedio de trigo en las diferentes etapas de desarrollo en la región del Valle del Yaqui, Sonora

De acuerdo a las estadísticas reportadas por el SIAP (2022), el rendimiento promedio de la región del Valle del Yaqui fue de 7.57 t ha^{-1}, mientras que el rendimiento promedio de los 13 campos monitoreados fue de 7.22 t ha^{-1}. En base a los recorridos que se realizaron, en la mayoría de los campos se observaron diferencias, en algunos había problemas de maleza, en otros el desarrollo del cultivo se adelantó, además de que algunos tuvieron presencia de roya de la hoja y pulgón. En relación a la fecha de siembra, las fechas del 19 de noviembre y del 11 al 15 de diciembre, se obtuvieron rendimientos arriba de las 8 t ha^{-1}, en cambio, en las fechas del 16 de noviembre y 6 de diciembre, el rendimiento fue menor a las 6 t ha^{-1} (Figura 3). El promedio de espigas/m^2 fue de 366, siendo la fecha del 11 de diciembre la que obtuvo el mayor número con 428 así como el mejor rendimiento de 8.63 t ha^{-1}, en cambio, en la fecha del 30 de noviembre se obtuvieron 309 espigas/m^2 siendo el valor más bajo de todas las muestras (Figura 3).

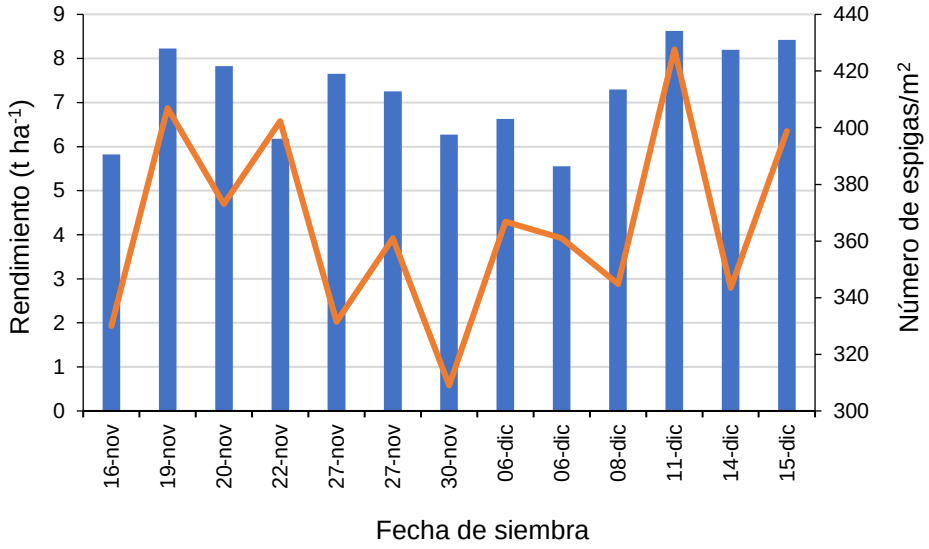


Figura 3. Rendimiento y número de espigas/m^2 en campos comerciales del Valle del Yaqui, Sonora

En relación a los campos monitoreados en cuanto a la correlación entre el índice del área foliar con el rendimiento, resultó un coeficiente de determinación R^2 de 0.095, por lo tanto, el valor de la correlación fue de 0.31 (Figura 4).

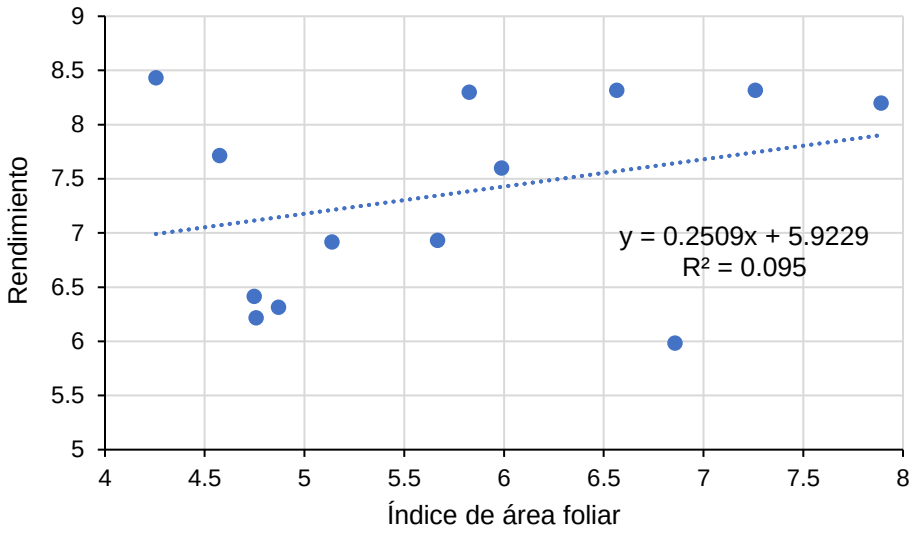


Figura 4. Relación entre el rendimiento y el IAF en el cultivo de trigo de parcelas comerciales monitoreadas

CONCLUSIONES

El índice de área foliar no fue constante conforme al desarrollo del trigo, la mayor expresión del IAF se presentó en ½ grano. El rendimiento promedio de los campos monitoreados fue de 7.22 t ha^{-1}, donde la fecha del 11 de diciembre obtuvo el mejor rendimiento con 8.63 t ha^{-1} y mayor número de espigas/m^2 con 428. La correlación fue de 0.31, lo que significa que los datos obtenidos en los campos monitoreados no mostraron una relación directa entre el IAF y el rendimiento. Por lo tanto, la medición del IAF de forma indirecta pudiera considerarse como un método adecuado, pero se debe de tener en cuenta las condiciones ambientales y al manejo agronómico por parte de los productores, para poder realizar estimaciones del rendimiento.

REFERENCIAS

Casa R, Upretib D, Pelosic F. 2019. Measurement and estimation of leaf area index (LAI) using commercial instruments and smartphone-based systems. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 275(1): 012006. doi:10.1088/1755-1315/275/1/012006

Herranz F, Lovera J, Cauzillo P, Varas F, Cruciani M. 2017. Incidencia de la defoliación sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de Trigo (*Triticum aestivum*).

Agromensajes 47: 8-13. https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2017/05/2AM47.pdf

Inzunza-Ibarra MA, Catalán-Valencia EA, Sánchez-Cohen I, Villa-Castorena M, y Román-López A. 2010. Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. Terra Latinoamericana 28(4):335-344. Available online: https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a5.pdf

Jonckheere I, Fleck S, Nackaerts K, Muys B, Coppin P, Weiss M, and Baret F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology 121(1-2):19-35. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.027

Liu K, Zhou QB, Wu Wb, XIA T, TANG Hj. 2016. Estimating the crop leaf area index using hyperspectral remote sensing. Journal of Integrative Agriculture 15(2): 475-491. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61073-5

Márquez Berber SR, AlMmaguer Vargas G, Rindermann Schwentesius R y Ayala Garay AV. 2014. Trigo en Sonora y su contexto nacional e internacional. http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cedrssa/lxii/trig_soncon_nacint.pdf. Consultado el 20 de julio, 2023.

METER Group. 2022. Canopy Interception and Leaf Are Index, Accurate Canopy Analysis in Real Time. Available online: https://www.metergroup.com/environment/products/accupar-lp-80-leaf-area-index/ (Consultado 15 julio, 2023).

Muñoz F, Espinosa M, Cancino J, Rubilar R y Herrera M. 2008. Efecto de la poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. Bosques 29(1):44-51. Doi: 10.4067/S0717-92002008000100005

Pokovai K, and Fodor N. 2019. Adjusting ceptometer data to improve leaf area index measurements. Agronomy 9(12): 866. https://doi.org/10.3390/agronomy9120866

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Trigo grano. Ciclo otoño-invierno. Riego + temporal. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ Consultado 15 julio, 2023.

Valverde JC y Arias D. 2020. Evaluación del índice de área foliar con método indirecto y directo en distintas condiciones ambientales en plantaciones dendroenergéticas de *Eucalyptus tereticornis* Sm. Madera y Bosques 26(2):1-12. https://doi.org/10.21829/myb.2020.2621953.

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN LECHUGAS HIDROPONICAS (NFT)

Fortis-Hernández, Manuel[1*]; Pivaral-Chávez, Alexis G.[2]; Galindo-Guzmán, Alma[1]; Preciado-Rangel, Pablo[1]; Ruíz-Ortega, Francisco J.[1]; Trejo-Valencia, Radames[3]

[1]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. Tel: (871) 1117279.

[2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Suelos. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170.

[3]Tecnológico Nacional de México – Campus Mérida, Av. Tecnológico S/N km 4.5 C.P. 97118, Mérida, Yucatán.

*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) sobre el rendimiento y la actividad enzimática de plantas de lechuga hidropónica. Para este propósito se evaluaron cinco tratamientos (0, 10, 20, 30 y 40 mg L^{-1}) con diez repeticiones distribuidas bajo un diseño completamente al azar. En un sistema hidropónico NFT se establecieron lechugas tipo orejona, llevándose a cabo cuatro aplicaciones de las nanopartículas. Los resultados muestran mayor rendimiento y una mayor actividad enzimática respecto al control. Con la dosis más alta la catalasa aumento su actividad un 46 % y la peroxidasa 80 %. La mayor concentración de Zn en las hojas de lechuga se obtuvo con las dosis de 40 mg L^{-1}, con un valor de 116.666 µg g^{-1} PS, superando en un 39 % al tratamiento control. Por lo que la aplicación foliar de 40 mg L^{-1} de las NPs-ZnO mejoran la producción de lechuga e incrementan la actividad de las enzimas catalasa y peroxidasa.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L., biofortificación, catalasa, peroxidasa.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of foliar application of different concentrations of zinc oxide nanoparticles (NPs-ZnO) on the yield and enzymatic activity of hydroponic lettuce plants. For this purpose, five treatments (0, 10, 20, 20, 30 and 40 mg L^{-}

[1]) with ten replicates distributed under a completely randomized design were evaluated. In a NFT hydroponic system, lettuce was established in an ear type, and four applications of the nanoparticles were carried out. The results show higher yields and higher enzyme activity compared to the control. At the highest dose, catalase increased its activity by 46 % and peroxidase by 80 %. The highest Zn concentration in lettuce leaves was obtained with doses of 40 mg L^{-1}, with a value of 116.66 µg g^{-1} PS, exceeding the control treatment by 39 %. Thus, the foliar application of 40 mg L^{-1} of NPs-ZnO improved lettuce production and increased the activity of catalase and peroxidase enzymes.

Key words: *Lactuca sativa* L., biofortification, catalase, peroxidase.

INTRODUCCIÓN

La lechuga es una de las hortalizas de hoja más cultivadas y consumidas en el mundo, es un cultivo valorado por sus propiedades organolépticas y por la fuente de minerales, vitaminas y compuestos con actividad antioxidante (Kim, 2016). Este cultivo se ha identificado como un alimento funcional y nutraceútico. Las variedades más cosechadas son la Orejona y la Romana con un 98 % de la producción nacional. El cultivo se produce en 21 estados del país. Al cierre del año agrícola 2021, Guanajuato fue el principal estado productor con un volumen anual de 138 mil toneladas; seguido de Zacatecas, con 96 mil toneladas y Puebla con 66 mil toneladas (SIAP, 2022). El consumo anual per cápita de lechuga en México es de 2.5 kg (CEDRSSA, 2020). Por otra parte, el zinc es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de los vegetales. La cantidad de zinc que las plantas necesitan para crecer y poder desarrollarse adecuadamente, oscila entre 15 y 20 miligramos por kilogramo de tejido seco; estos valores son muy pequeños y representan menos de 0.1% del peso seco total del tejido (Amezcua y Lara, 2017). Sin embargo, las plantas con deficiencia de Zn muestran clorosis en las áreas internervales de las hojas, además, se vuelven de color verde pálido, amarillentas o uniformemente blancas. Frecuentemente los brotes mueren, las hojas caen prematuramente, el desarrollo de las hojas es restringido, las plantas forman menos brotes, también se ven afectados severamente los órganos reproductores de las plantas y los rendimientos y calidad comercial de los cultivos se ven drásticamente reducidos. La deficiencia de este microelemento está estrechamente relacionada con la inhibición de la síntesis del RNA (Kyrkby y Römheld, 2007). Actualmente, el uso de nanopartículas para la producción agrícola ha sido rentable, ya que se utilizan como nanofertilizantes, nanoplaguicidas o nanoencapsulados para la lenta liberación de fertilizantes e inductores de crecimiento

vegetal, sin embargo, es indispensable conocer los efectos tóxicos de las NPs metálicas y sus interacciones con las plantas (Lira- Saldívar et al., 2018). En el caso de la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) han demostrado incrementar el rendimiento, la calidad comercial y nutracéutica en frutos como el melón (Rivera-Gutiérrez et al., 2021). Y en plántulas de lechuga han logrado aumentar la concentración de compuestos bioactivos, como antioxidantes y metabolitos secundarios (Galindo-Guzmán et al., 2022). Reportes señalan que una alta **exposición de NPs-ZnO pueden causar estrés oxidativo y desencadenar los mecanismos de defensa antioxidantes por la planta. Siendo las enzimas catalasa, peroxidasa y superóxido dismutasa las que son capaces de mitigar el exceso de especies reactivas de oxígeno (ROS) (**Faizan et al., 2021). Se ha reportado que existe influencia de algunas NPs en la función de las enzimas antioxidantes como la catalasa (CAT), la peroxidasa (POD) y superóxido dismutasa (SOD) (Laware and Raskar, 2014). Por ejemplo, en plantas tratadas con NPs-Ag manifestaron un alto nivel de actividad de CAT y POD e implica una menor formación de ROS por lo que, refleja menos toxicidad y un mejor crecimiento para las plantas que puede ser beneficioso y protegerlas contra ataques de fitopatógenos (Krishnaraj *et al*., 2012). Por lo que el uso de NPs-ZnO para aplicarlas a las plantas requieren de investigaciones a nivel subcelular ya que se ha encontrado que contrarrestan favorablemente los efectos antagonistas de ROS bajo estrés abiótico a través del aumento de la actividad de CAT, POD y SOD (Faizan *et al*., 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023 durante los meses de noviembre a febrero, en un sistema hidropónico NFT ubicado en una malla sombra del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), localizado en la ciudad de Torreón, Coahuila, México. El sistema NFT consistió en una estructura de tubos de PVC de 3 pulgadas de diámetro, con una separación de 20 cm entre orificios y con una pendiente del 10%, con recirculación de la solución nutritiva (Figura 1).



Figura 1. Estructura del sistema hidropónico NFT utilizado para producir lechugas.

Se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) tipo orejona de la empresa Seeds of Change®, la cual se cosecha entre los 60 a 80 días. Las NPs-ZnO fueron sintetizadas a través de un método químico de precipitación controlada (Galindo-Guzmán *et al*., 2022), con un tamaño entre 67 y 71 nm, una pureza del 99%, de color blanco y de forma estructural semiesférica y poligonal. Fueron aplicadas a partir de las 7:00 am, utilizando atomizadores cilíndricos y agregando un surfactante y adherente INEX-A no iónico (Cosmocel®). La primera aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante (ddt), posteriormente cada aplicación se realizó cada 15 días, acumulando un total de cuatro aplicaciones. Los tratamientos evaluados fueron: un tratamiento control (0) y cuatro dosis equidistantes de 10, 20, 30 y 40 mg L^{-1} de las nanopartículas sintetizadas. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente bajo un diseño completamente al azar. El experimento considero diez repeticiones, dando un total de 50 plantas o unidades experimentales.

Para la nutrición del cultivo se elaboró la solución nutritiva (Steiner, 1984), usando los fertilizantes: MPK, nitrato de calcio, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, boro (0.9%), cobre (0.6%), hierro (6.8%), manganeso (2.6%), molibdeno (0.2%), zinc (1.1%). La conductividad eléctrica de la SN se manejó entre 2.0 a 2.5 dSm^{-1} y el pH de 5.5. Se realizó un manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y fue aplicado de forma preventiva jabón potásico (KOH), a una dosis de 10 ml por litro de agua, la aplicación se hizo en intervalos de 15 días. Las variables evaluadas fueron; rendimiento (peso fresco y materia seca); se preparó un extracto crudo enzimáticamente activo para determinar la enzima catalasa (Blackwell *et al.*, 1990) y peroxidasa (Pascual *et al*., 1983). Para el caso de la concentración de zinc se cuantificó en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific® AAS iCE 3000 en modo flama, los resultados se reportaron en µg g^{-1} PS. Para el análisis de la información

se llevó a cabo la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianza con la prueba de Bartlett y Kolmogorov-Smirnov (Bartlett, 1937; Steinskog et al., 2007). Se hizo análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.11 (Statical Analysis System Institute).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis estadístico para peso fresco, mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). El rendimiento de las lechugas aumento a medida que se incrementaron las dosis, en la concentración de 10 mg L^{-1} el aumento fue del 47 %, para la dosis de 20 mg L^{-1} presentó 48 % más de peso fresco y para los tratamientos de 30 y 40 mg L^{-1} incrementó hasta un 53 y 56 %, respecto al tratamiento control. Los rendimientos obtenidos en las plantas de lechuga fueron de 371 g en el tratamiento control, seguido de 708, 726, 804 y 858 g, respectivamente (Figura 2a). Resultados similares han sido reportados por Garza-Alonso *et al*. (2023), encontrando que nanopartículas de zinc favorecen la ganancia de materia fresca y seca en plantas de lechuga. Este efecto promotor presenta relación con la actividad que tiene el Zn como fitoestimulante hormonal, siendo precursor en la síntesis de auxinas que promueven la división celular, así como en la reactividad del ácido indolacético, favoreciendo el desarrollo de las plantas (Méndez-Argüello *et al*., 2016). Los resultados para la concentración de Zn en las hojas de lechuga también mostraron diferencias estadísticas significativas, confirmando que las aplicaciones de nanopartículas puede ser una práctica que logre un aumento en la concentración de zinc. En nuestro estudio todos los tratamientos con nanopartículas mostraron tener un mayor contenido de zinc; las concentraciones fueron de 70 µg g^{-1} de peso seco (PS) para el tratamiento control, 103.33 µg g^{-1} para los tratamientos de 20 y 30 mg L^{-1} mostrando un 32 % más de zinc y los tratamientos de 10 y 40 mg L^{-1} la concentración fue de 116.666 µg g^{-1}, es decir, superando un 39 % al tratamiento control (Figura 2b). Debido a que las nanopartículas se adhirieren a las superficies de las hojas por la aplicación foliar, se ha logrado aumentar la eficiencia y mayor disponibilidad de nutrientes en las plantas (Nandhini *et al*., 2019). En este sentido, la aplicación foliar de NPs-ZnO es una manera eficiente de enriquecer los cultivos, ya que, al trasladar Zn por los tejidos vegetales se provocará una acumulación de este microelemento, lo que podría ayudar a mejorar la insuficiencia de Zn en la dieta humana (Cakmak y Kutman, 2018).

Para la actividad enzimática de la catalasa la concentración de 40 mg L^{-1} incrementó la actividad de esta enzima hasta un 46 %, respecto al tratamiento control. Las concentraciones de 10 y 20 mg L^{-1} mostraron un aumento del 37 %, mientras que el tratamiento con 30 mg L^{-1} presentó un incremento del 43 % (Figura 2c). La catalasa es un antioxidante enzimático que ayuda a mitigar el estrés oxidativo y actúa eliminando el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en las plantas (He *et al*., 2018). En este caso, las nanopartículas inducen al estrés oxidativo y pueden ser capaces de aumentar la actividad de enzimas antioxidantes como la catalasa (Muthuraman *et al*., 2014). Los resultados de la peroxidasa también presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$), los resultados mostraron que los tratamientos de 10, 20, 30 y 40 mg L^{-1} fueron estadísticamente iguales, pero diferentes al tratamiento control. Las concentraciones de los tratamientos con 10 y 20 mg L^{-1} presentaron un aumento de hasta un 77 %, la concentración de 30 mg L^{-1} incremento 73 % y el de 40 mg L^{-1} supero al testigo un 80 % más de la enzima peroxidasa (Figura 2d). En ambas enzimas, como era de esperarse, se observó un incremento, esto fue posible gracias a que estas enzimas brindan protección contra el daño oxidativo y forma parte del sistema de defensa antioxidante de las plantas (Dimkpa *et al*., 2012).

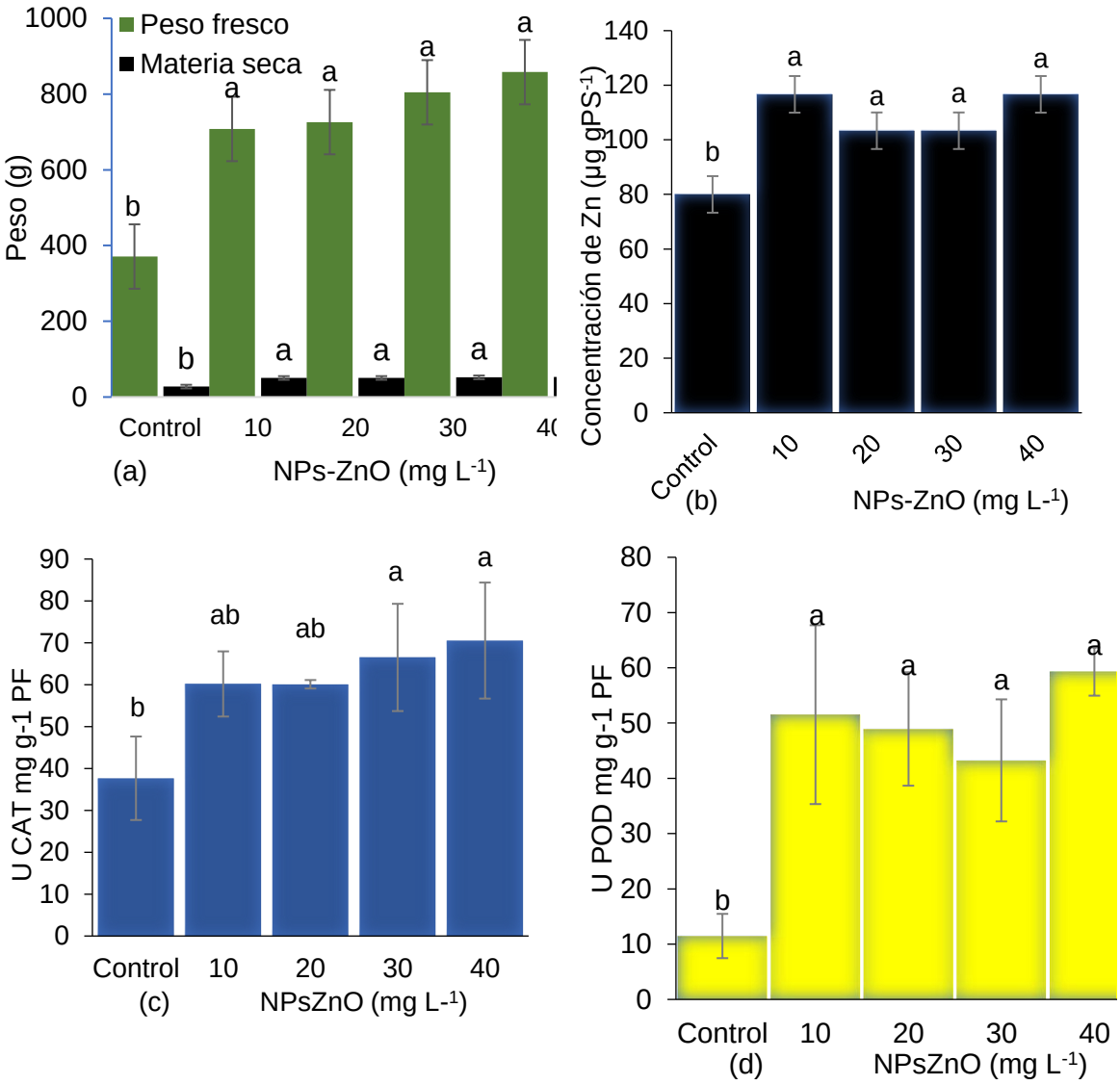


Figura 1. Rendimiento en fresco y materia seca (a), concentración de Zn (b), actividad enzimática de la catalasa (c), y peroxidasa (d) en hojas de lechuga por efecto de la aplicación foliar de NPs-ZnO. Valores con letras distintas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

La aplicación de nanopartículas de zinc (NPs-ZnO) influyeron significativamente en el rendimiento de las lechugas. El mayor aumento de la generación de enzimas oxidorreductasas en las plantas de lechuga fueron con los tratamientos con NPs, principalmente con la concentración de 40 mg L^{-1} se presentó más actividad en las enzimas catalasa y peroxidasa. Esta aplicación foliar incrementó el contenido de zinc en las hojas, con ello se podría lograr un aporte de este oligoelemento al consumidor.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por Financiar este Proyecto: 17268.23-P

REFERENCIAS

Dimkpa, C. O., McLean, J. E., Latta, D. E., Manangón, E., Britt, D. W., Johnson, W. P. & Anderson, A. J. 2012. CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat. Journal of Nanoparticle Research. 14: 1-15.

Elemike, E. E., Uzoh, I. M., Onwudiwe, D. C., & Babalola, O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences, 9*(3), 499-510.

Faizan, M., Hayat, S. & Pichtel, J. 2020. Effects of zinc oxide nanoparticles on crop plants: A perspective analysis. In Sustainable Agriculture Reviews 41: 83-99.

Galindo-Guzmán, A. P., Fortis-Hernández, M., De La Rosa-Reta, C. V., Zermeño-González, H., & Galindo-Guzmán, M. (2022). Síntesis química de nanopartículas de óxido de zinc y su evaluación en plántulas de Lactuca sativa. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 13*(28), 299-308.

Garza-Alonso, C. A., Juárez-Maldonado, A., González-Morales, S., Cabrera-De la Fuente, M., Cadenas-Pliego, G., Morales-Díaz, A. B. & Benavides-Mendoza, A. 2023. ZnO nanoparticles as potential fertilizer and biostimulant for lettuce. Heliyon. 9(2023): e12787.

Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B. & Waterland, N. L. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (Lactuca sativa L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. *49*: 19-34. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004

Laware, S.L. and Raskar, S. 2014. Effect of titanium dioxide nanoparticles on hydrolytic and antioxidant enzymes during seed germination in onion. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 3(7): 749-760.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Cultivo de lechuga. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. (verified 09 noviembre 2022).

Song, C. Z., Liu, M. Y., Meng, J. F., Chi, M., Xi, Z. M., & Zhang, Z. W. (2015). Promoting effect of foliage sprayed zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of Vitis vinifera cv. merlot growing on zinc deficient soil. *Molecules, 20*(2), 2536-2554.

NITRÓGENO (N-NO_3) EN SUELO *Luvisol ródico* CALCARICO DE YUCATÁN Y NUTRICIÓN DEL MAÍZ Nukuch Nah CON TRATAMIENTO ÁCIDO Y SUBSOLEO.

Jorge Humberto Ramírez Silva[1], Alejandro Cano González[1]* y Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez[1]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: cano.alejandro@inifap.gob.mx

RESUMEN

El nitrógeno (N) es uno de los elementos esenciales que más limitan la producción de maíz en el estado de Yucatán. El pH elevado conduce a altos contenidos de hidroxilos (OH^-´s) que al reaccionar con formas iónicas asimilables como el NH_4^- favorecen su volatilización como gas amoníaco (NH_3). Los suelos arables rojos *Luvisoles ródicos,* de Yucatán además de enfrentar el problema de la alcalinidad han estado expuestos a más de 30 años de uso intensivo para el cultivo de maíz con la consecuente compactación y efectos negativos colaterales. En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de ácido y el sub-soleo en la concentración de N en el suelo y en la nutrición de maíz variedad *Nukuch Nah* en un suelo *Luvisol ródico* a través de los siguientes tratamientos: T1 = Sin Ácido + Sub-soleo, T2 = Sin Ácido + No Sub-soleo, T3 = Con Ácido + Sub-soleo, T4 = Con Ácido + No Sub-soleo. Los contenidos de N-NO_3 en el suelo fueron superiores al Límite Crítico de 20 ppm al aplicar ácido. Sin embargo, donde no se aplicó ácido los contenidos de N-NO_3 estuvieron abajo del rango crítico. Por otra parte, independientemente del ácido, el uso del arado disminuye el contenido de N-NO_3. El N en hojas de todos los tratamientos estuvieron por debajo del Límite Crítico de 2.7%. Sin embargo, es de notar que el contenido de N es más alto (2.6%) Con Ácido + No sub-soleo mientras que el más bajo (2.45%) fue Sin Ácido + Sub-soleo. El ANOVA de los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, se encontró una muy buena correlación entre el N-NO_3 (ppm) del suelo con los contenidos de N (%) en la planta (**r^2=0.98**).

Palabras clave: *deficiencias*, *alcalinidad, compactación, nutrición*

ABSTRACT

Nitrogen (N) is one of the essential elements that most limit corn production in the state of Yucatan. The high pH leads to high contents of hydroxyls (OH^-'s) which, when reacting with N assimilable ionic forms such as NH_4^-, favor their volatilization as ammonia gas (NH_3). The red arable *rhodic Luvisols* of Yucatan, in addition to facing alkalinity problems, have been exposed to more than 30 years of intensive use for corn cultivation with consequent soil compaction and negative collateral effects. In this work, the effect of the application of acid and subsoiling on the concentration of N in the soil and on the nutrition of maize Chichen Itza (*Nukuch Nah)* variety in a *rhodic Luvisol* was evaluated through the following treatments: T1 = Without Acid + Sub-soil, T2 = Without Acid + No Sub-soil, T3 = With Acid + Sub-soil, T4 = With Acid + No Sub-soil. The $N\text{-}NO_3$ in the soil were higher than the Critical Limit of 20 ppm when applying acid whilst where no acid was applied, the $N\text{-}NO_3$ contents were below the Critical Limit. On the other hand, regardless of the acid, subsoiling decreased the $N\text{-}NO_3$ content. On the other hand, the N in leaves of all treatments were below the Critical Limit of 2.7%. It is noteworthy that the N content in leaves was higher (2.6%) With Acid + No subsoiling while the lowest (2.45%) was Without Acid + Subsoiling. The ANOVA of the treatments did not show statistical differences. However, a very good correlation was found between the soil $N\text{-}NO_3$ (ppm) vs. the N contents (%) in the plant (**r^2=0.98**).

Keywords: *deficiencies, alkalinity, compaction, nutrition*

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es uno de los elementos esenciales que más limitan la producción de maíz en el estado de Yucatán. Los suelos de origen calcáreo tienen pH´s elevados donde los contenidos de hidroxilos (OH^-´s) sobresalen y en consecuencia reaccionan con iones de N asimilables para las plantas como el NH_4^- favoreciendo su volatilización como gas amoníaco (NH_3). Estudios realizados por Ramírez et al., (2018) reportaron contenidos promedio de 16 ppm de N-NO3 en dos lotes experimentales con suelos *Luvisol ródico* del Campo Experimental Uxmal; contenidos por debajo del límite crítico de 20 ppm reportado por la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002).

Se ha comentado que un tercio de los suelos del mundo tienen la misma génesis que los de Yucatán y en consecuencia deben enfrentar los mismos problemas debido a su

alcalinidad. Un problema que puede solventarse con la aplicación de ácidos como lo reportó Martínez-Garza (2003).

Por otra parte, los suelos arables rojos *Luvisoles ródicos,* de Yucatán con mayor potencial productivo que los pedregosos *Leptosoles* han estado expuestas a más de 30 años de cultivo intensivo de maíz. Aun cuando se conocen los efectos dañinos de un suelo compacto, es muy raro que los productores prevengan la formación de zonas compactas o *piso de arado* con prácticas de sub-soleo para permitir mejor aireación, mayor actividad microbiana y disponibilidad nutricional. La compactación del suelo ha sido bien fundamentada en la franja maicera de la Frailesca, Chiapas (López Baez et al., 2018).

Por lo anterior, se pueden visualizar tres factores de riesgo como son: la deficiencia recurrente de N, la alcalinidad y la compactación; por lo que este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de ácido y el arado de sub-soleo en la concentración de N en el suelo y en la nutrición de maíz variedad CHICHEN ITZA (*Nukuch Nah*) en un suelo *Luvisol ródico.*

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ciclo Otoño-invierno 2022/2023 bajo condiciones de riego en el Sitio Experimental INIFAP-UXMAL en un suelo rojo *Luvisol ródico.*

Se usó como fitómetro la variedad *Chichen Itza* de grano amarillo con Calidad Proteínica establecida a 56 plantas ha^{-1} con los siguientes tratamientos: T1 = Sin Ácido + Sub-soleo, T2 = Sin Ácido + No Sub-soleo, T3 = Con Ácido + Sub-soleo, T4 = Con Ácido + No Sub-soleo.

El sub-soleo se realizó con arado vertical de cincel a 40 cm de profundidad. Se realizó una fertilización base con Fosfato Diamónico (18 N-46 P_2O_5-00 K_2O) enterrado a 10 cm del tallo. Los riegos por goteo se realizaron todos los días con aplicaciones de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%, calidad agrícola, dos veces por semana.

A seis plantas con competencia completa se les midió la concentración foliar de N en la hoja opuesta a la mazorca y posteriormente en la rizósfera, de esas mismas plantas, se tomaron muestras compuestas del suelo para enviarlas al Laboratorio Phytomonitor de Culiacán Sinaloa (Phytomonitor, 2022)

Los contenidos de N-NO_3 en suelo se compararon con los niveles de referencia de 20 ppm de la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002) y del 2.7% para follaje reportado por

Jones Jr. et al. (1973). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de Bloques Completamente al Azar con dos repeticiones a los que se les sometió a un Análisis de Varianza (ANOVA) al 5%, calculando los Coeficientes de Determinación ($\mathbf{r^2}$) para medir la relación entre N en el suelo y el follaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nitrógeno Nítrico ($N\text{-}NO_3$) en el suelo

Los contenidos de $N\text{-}NO_3$ (Figura 1) fueron superiores al aplicar ácido con cantidades que superaron al límite crítico de 20 ppm. Al aplicar ácido los rangos fluctuaron de 22.8 (Con Arado) a 37.6 ppm (Sin Arado). No así, donde no se aplicó ácido los contenidos de $N\text{-}NO_3$ estuvieron abajo del rango crítico fluctuando de 16.40 Con Arado (sub-soleo) y 17.60 ppm Sin Arado.

Independientemente del arado, el promedio general de $N\text{-}NO_3$ Con Ácido (30.2 ppm) fue 77% más alto (17.0 ppm) que Sin Ácido. Esto indica, que el ácido puede aumentar los contenidos de Nitrógeno en el suelo.

Por otra parte, independientemente del ácido, el uso del arado disminuye el contenido de $N\text{-}NO_3$

en el suelo ya que Con Arado el promedio de $N\text{-}NO_3$ fue de 19.6 ppm contra 27.6 ppm Sin Arado; es decir el arado puede disminuir 29% su contenido.

La influencia del arado sobre la disminución en el contenido de $N\text{-}NO_3$ puede estar relacionada con una pérdida por lixiviación a horizontes profundos.

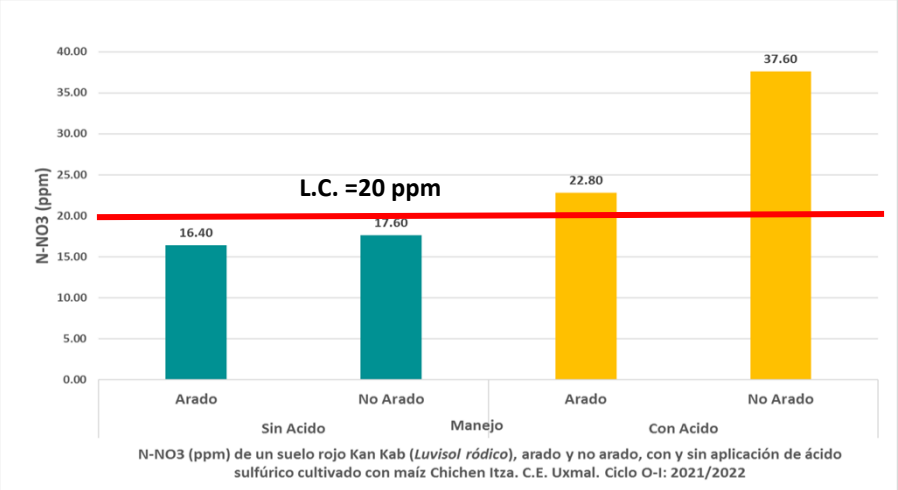


Figura 1. Contenido de N-NO_3 (ppm) en suelo *Luvisol ródico* con tratamiento ácido y sub-soleo

Nitrógeno (N) en hojas (%) de maíz Chichen Itza (Nukuch Nah)

En la Figura 2 se observan los contenidos de N en hojas de maíz donde los contenidos de N están por debajo del Límite Crítico de 2.7%. Sin embargo, es de notar que el contenido de N es más alto (2.6%) en el T4 (Con Ácido + No sub-soleo) mientras que el más bajo (2.45%) fue con el T1 (Sin Ácido + Sub-soleo) semejante (2.45%) al T2 (Sin Ácido + No Sub-soleo).

Esto, indica que, aunque el ácido tiene un efecto positivo en la absorción de nitrógeno, el efecto del sub-soleo fue en detrimento. Lo que indica que el sub-soleo al mejorar los niveles de infiltración pueden también aumentar el grado de lixiviación de nutrientes como es el caso de los nitratos.

Por otra parte, se ha comprobado que la fertilización con azufre incrementa la absorción de N en el cultivo de trigo. Observándose que la absorción de N es mayor cuando el cultivo tiene mayor disponibilidad de S, especialmente a partir del inicio de encañazón o etapa de máximo crecimiento cuando la absorción de N se incrementa.

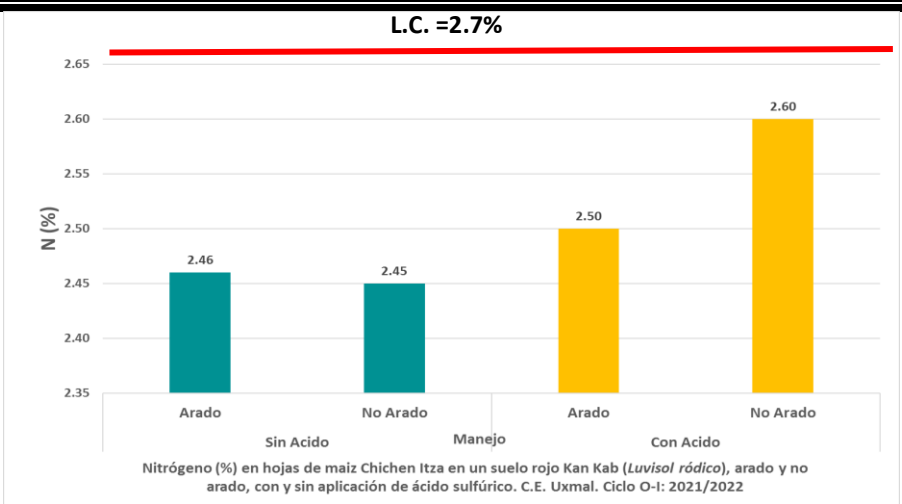


Figura 2. Contenido de N (%) en hojas de maíz Chichen Itza (*Nukuch Nah)* en un suelo con tratamiento ácido y sub-soleo

Análisis estadístico

El ANOVA de los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, se encontró una muy buena correlación entre el N-NO_3 (ppm) del suelo con los contenidos de N (%) en la planta como se muestra en la Figura 3 con un Coeficiente de Determinación ($\mathbf{r^2}$) de 0.98.

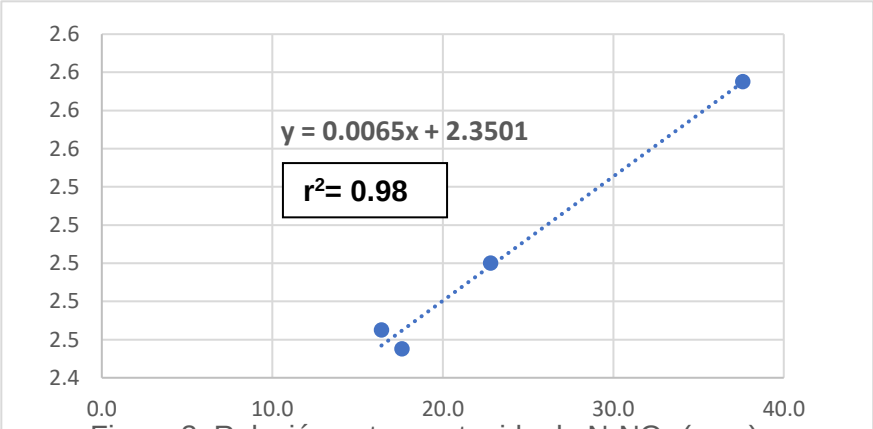


Figura 3. Relación entre contenido de N-NO_3 (ppm) del suelo (X) y concentración de N (%) en hojas (Y) de maíz Chichen Itza (*Nukuch Nah)*.

CONCLUSIONES

Los contenidos de N-NO_3 en el suelo fueron superiores al Límite Crítico de 20 ppm al aplicar ácido. Sin embargo, donde no se aplicó ácido los contenidos de N-NO_3 estuvieron abajo del rango crítico. Por otra parte, independientemente del ácido, el uso del arado disminuye el contenido de N-NO_3. El N en hojas de todos los tratamientos estuvieron por debajo del Límite Crítico de 2.7%. Sin embargo, es de notar que el contenido de N es más alto (2.6%) Con Ácido + No sub-soleo mientras que el más bajo (2.45%) fue Sin Ácido + Sub-soleo. El ANOVA de los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas, pero se encontró una muy buena correlación entre el N-NO_3 (ppm) del suelo con los contenidos de N (%) en la planta (**r^2=0.98**).

REFERENCIAS

-Jones Jr. Benton and Eck Harold V. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: Soil and Plant Analysis. Eds. Walsh, L.M. and Beaton. D. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA. 1973.

-López Báez, W., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., Camas Gómez, R., y Tasistro, A. 2018. Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *9*(1), 65-79.

-Overstreet, R., J. C. Martin y H. M. King. 1951. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming and alkali soil of the fresno series. Hilgardia 21: 113-127.

Phytomonitor. 2022. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

-Rivera-Ortiz, P., Etchevers-Barra, J.D., Hidalgo-Moreno, C., Castro-Meza, B., Rodríguez-Alcázar, J., Martínez-Garza, Á. 2003. Dinámica de hierro y zinc aplicados en soluciones ácidas a suelos calcáreos Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, 2003, pp. 341-350 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial.

ORGANIZACIÓN Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Ignacio Orona-Castillo[1*], Cirilo Vázquez Vázquez[1], Joaquín Osornio Córdova[2], Elizabeth Zúñiga Valenzuela[1] y Apolinar González Mancilla[1]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango.

[2] Escuela Secundaria Técnica 83 Unidad Laguna

Email: orokaz@yahoo.com

RESUMEN

El cultivo del algodón en la Comarca Lagunera data desde el año 1851 pues sus condiciones edafológicas, climáticas y con escurrimientos de agua procedente de la sierra madre occidental han permitido su permanencia; sin embargo, en los últimos años -2005 al 2021- la superficie sembrada disminuyó 37.3 % y la producción se ha concentrado en cinco municipios de los que San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero concentran el 82 %; ante esta situación este estudio tiene como objetivo mostrar cómo se encuentra organizada la producción de éste cultivo y mostrar la rentabilidad mostrada por el mismo, la cual oscila año con año dependiendo del comportamiento de los precios internacionales de la fibra, teniendo como hipótesis que a pesar de los vaivenes del mercado del algodón, existe vocación algodonera y condiciones de infraestructura que permiten el funcionamiento de este sistema productivo. Para hacer el estudio se utilizó el muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 95 % para determinar el número de productores a los que se aplicó una encuesta que comprendió aspectos organizativos del manejo del algodón, aplicada de julio de 2021 a febrero de 2022 en los municipios de San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero Coahuila. Los resultados muestran que el funcionamiento del cultivo se basa en la permanencia de plantas despepitadoras que funcionan como dispersoras de crédito a ejidatarios y pequeños productores, siendo el personal de la planta la que ministra el crédito, proporciona maquinaria para operar el cultivo, cosecha y empaca el algodón en fibra y al final hace la liquidación del crédito al productor, concluyéndose que la rentabilidad del cultivo es buena sólo cuando los precios internacionales de la fibra son altos en el mercado internacional; de otra manera existe el riesgo inminente de pérdidas financieras y desmotivación para continuar produciendo algodón.

Palabras clave: Despepitadoras, organización y rentabilidad

ABSTRACT

The cultivation of cotton in the Comarca Lagunera dates from the year 1851 because its soil and climatic conditions and water runoff from the Western Sierra Madre have allowed its permanence; however, in recent years -2005 to 2021- the planted area decreased 37.3% and production has been concentrated in five municipalities of which San Pedro de las Colonias and Francisco I. Madero concentrate 82%; Faced with this situation, this study aims to show how the production of this crop is organized and show the profitability shown by it, which fluctuates from year to year depending on the behavior of international fiber prices, assuming that despite Despite the ups and downs of the cotton market, there is a cotton vocation and infrastructure conditions that allow the operation of this productive system. To carry out the study, simple random sampling was used with a confidence level of 95% to determine the number of producers to whom a survey was applied that included organizational aspects of cotton management, applied from July 2021 to February 2022 in the municipalities of San Pedro de las Colonias and Francisco I. Madero Coahuila. The results show that the operation of the crop is based on the permanence of ginning plants that function as dispersers of credit to ejidatarios and small producers, with the staff of the plant providing the credit, providing machinery to operate the crop, harvest and pack. the buckwheat in fiber and in the end it makes the liquidation of the credit to the producer, concluding that the profitability of the crop is good only when the international prices of the fiber are high in the international market; otherwise there is an imminent risk of financial loss and demotivation to continue producing cotton.

Keywords: Gins, organization and profitability

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera se ha caracterizado siempre por ser una zona algodonera; sin embargo, en los últimos años la superficie sembrada ha venido disminuyendo por diversas causas como los altos costos de producción del cultivo; la alta volatilidad del precio internacional que rige al producto; por la elevada incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo (aunque este último punto ha sido disminuido por la introducción de semillas transgénicas,) y por la falta de apoyos gubernamentales destinados a la producción del cultivo.

Con base a los datos estadísticos reportados por el SAGDER (2022), para la Comarca Lagunera la superficie sembrada y cosechada disminuyó 37.3 % mientras la producción lo hizo en 35.3 %; el rendimiento se incrementó 12.1 %, el precio medio rural 277.4 % y el valor de la producción lo hizo en un 123.2 %. Cabe señalar que para el año 2005 el algodón se sembró en diez municipios (cinco de la Comarca Lagunera de Coahuila y otros cinco de la Comarca Lagunera de Durango), mientras que en el 2021 sólo se sembró en sólo en cinco (Madero, Matamoros, San Pedro, Gómez Palacio y Tlahualilo) de los cuales el 82 % se concentró en los municipios de Fco. I. Madero y San Pedro de las Colonias, en la Comarca Lagunera de Coahuila.

La situación anterior es la que motivó la realización del presente estudio, que tiene por objetivo mostrar cómo se encuentra organizada la producción de éste cultivo y la rentabilidad mostrada por el mismo, la cual oscila año con año dependiendo del comportamiento de los precios internacionales de la fibra, teniendo como hipótesis que a pesar de los vaivenes del mercado del algodón, existe vocación algodonera y condiciones de infraestructura que permiten el funcionamiento de este sistema productivo

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio queda comprendida en la región llamada Comarca Lagunera, ubicada en el centro-norte de México. El clima de esta zona, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (Cháirez y Palerm, 2013), corresponde a BWhw" (e´), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semi cálido con invierno fresco, con una temperatura media anual entre 18 y 22 ºC, y del mes más frío menor a 18 ºC, con una precipitación media de 250 mm y una evaporación del orden de 2,500 mm anuales.

El estudio se concentró en dos de trece despepitadoras enclavadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila, que concentraron ese año el 83 % de la superficie sembrada con algodón.

De un universo muestral de 580 productores de algodón, registrados en despepitadoras ubicadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila se determinó el tamaño muestra, aplicando para ello la siguiente fórmula estadística aportada por Stephen and William (1996), habiéndose estimado un tamaño de muestra de 80 productores.:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

Establecido los valores adecuados, se procedió a realizar la sustitución de estos y se aplicó la fórmula para obtener el tamaño de la muestra poblacional, que fue de 80. Para realizar la caracterización del funcionamiento de las despepitadoras y productores de algodón se dividió la muestra en tres estratos: el primero comprendió los que sembraron hasta cinco hectáreas, llamándoles pequeños productores; el segundo a los que sembraron entre 5.1 y 25 hectáreas, llamándoles medianos productores, y el tercer grupo a los productores que sembraron superficies mayores a 25 hectáreas, llamándoles grandes productores. De acuerdo con dicho criterio, 28 % de los productores de algodón quedan clasificados como pequeños; 32 % como medianos, y 20 % como grandes productores.

Los datos se obtuvieron de una encuesta integrada por 41 preguntas contestadas por los dueños de las unidades de producción algodoneras; dicha encuesta contuvo información sobre aspectos de organización y apoyo al productor. La rentabilidad del cultivo se estimó a partir del estado de cuenta de la liquidación hecha a un productor de la despepitadora San Rafael de Arriba, ubicada en el ejido del mismo nombre, del municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Esta etapa comprendió del mes de junio de 2022 hasta el mes de enero del 2023. Revisada la información de los cuestionarios se procedió a su captura, utilizando para ello el Programa Microsoft Excel, en donde fue procesada para su análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas despepitadoras de algodón

Los productores de algodón encuestados se encuentran distribuidos en dos de trece despepitadoras ubicadas en la parte del estado de Coahuila de la Comarca Lagunera, localizadas en los municipios de San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero, Coahuila.

La fuente financiera con que operan las despepitadoras proviene del Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura, constituidos como una Sociedad Financiera de Objeto Múltiple (SOFOM) o sociedades anónimas inscritas en el Sistema de Registro de Prestadores de Servicios Financieros (SIPRES) y tienen como objeto social principal realizar actividades

de otorgamiento de crédito que ofrecen una cantidad de dinero de acuerdo con la capacidad de pago que se presente.

La despepitadora administra el recurso financiero, llevando el registro contable de cada productor. El despepite proporciona el servicio de maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de las actividades del cultivo desde la siembra hasta la cosecha y proporciona servicio de despepite tanto a socios como a productores libres, además de almacenar el algodón en fibra para su posterior venta. El requisito principal para poder brindar todos estos servicios, es que el productor presente el permiso de siembra y de movilización, tramitado ante la SAGARPA y la Junta Local de Sanidad Vegetal.

Las muestras se llevan al laboratorio del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Laguna, ubicado en Matamoros, Coahuila.

Gestiones previas a la siembra de algodón

Previo a la siembra del algodón, el productor a través de la despepitadora donde se encuentra agremiado, tramita su permiso de siembra ante SAGARPA y permiso de movilización de algodón en la Junta Local de Sanidad Vegetal. Estas despepitadoras funcionan como dispersoras de crédito en coordinación con FIRA (Banca de segundo piso), y apoyos dirigidos al productor de algodón y hay un Comité Estatal de Sanidad Vegetal que otorga el permiso de siembra y permiso de movilización ante la Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV), que depende del Servicio Nacional de Sanidad , Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Período de siembra, fuente financiera y fuente de agua utilizada

El período de siembra del algodón de acuerdo a la información recabada de los productores comprende desde el 20 de marzo hasta el 20 de abril; sin embargo, por mantenimiento y descompostura de canales éste año 2021 se extendió hasta el 2 de mayo. Esta fecha se confirma por Hernández (2009).

De acuerdo con AGROTIREX (2021), para la parte norte se siembra entre **febrero y abril;** entre noviembre y diciembre en la región de Sinaloa, y hacia el mes de julio en la zona sur del país.

Para el estado de Chihuahua la fecha de siembra en que se tienen los mejores rendimientos está considerada del 1 al 30 de abril y su período óptimo del 1 al 20 del mismo mes (Panorama agropecuario, 2021).

Para Tamaulipas la mejor época para la siembra de algodón en el norte de Tamaulipas ha sido del 15 de febrero al 15 de marzo. La primera semana de marzo se considera la época óptima (Loera *et al*, 2015)

Del total de productores, 81 por ciento de ellos recibe financiamiento para llevar a cabo su producción, el manejo del crédito lo hace la gerencia de cada uno de los despepites, quienes llevan un registro del mismo, y al final del ciclo y posterior a la venta de su cosecha hacen la liquidación correspondiente directamente con el productor.

Precio y destino de la fibra de algodón

Al preguntar sobre el precio al que vendieron el algodón pluma, afirmaron que el año 2021 el precio en el mercado internacional del algodón había sobrepasado los cien dólares el quintal, de tal forma que en promedio vendieron el quintal a $ 100.25 dólares estadounidenses; aunque los precios de venta más alto y más bajo registrados, fueron de 120 y 90 dólares el quintal.

Por estrato de productores, los precios promedio recibidos por el pequeño, mediano y grande productor fueron de 101.64, 97.67 y 100.25 dólares estadounidenses por quintal de algodón. Estos precios dependen del momento en que se haga la venta de la fibra, pues varían día con día en el mercado internacional.

Al preguntar sobre el destino final del algodón cosechado en la región, se mencionó que se destina al mercado nacional (Puebla, Cd de México y Guanajuato), y de exportación (Estados Unidos, Turquía, Pakistán, China, Taiwán, Alemania, India, y Vietnam), principalmente. Sin embargo, hay empresas compradoras locales ubicadas en la Comarca Lagunera que también compran el producto.

De acuerdo con un estudio de la Revista El Economista (2019), el 70 % de la fibra de algodón que se produce en México se destina a la industria textil nacional, mientras que el resto se exporta.

Solleiro y Mejía (2016), señalan que los productores nacionales de algodón encuentran en la comercialización una de las principales limitantes para participar en el mercado, ya que

no pueden competir contra el sistema norteamericano basado en calidad asegurada, entregas programadas y crédito.

Costos de producción y rentabilidad del cultivo de algodón

De acuerdo a información proporcionada por los productores laguneros; la cosecha de algodón en hueso estaría desglosada de la siguiente forma: 38.7 porciento equivale algodón pluma; 48.5 porciento a peso de la semilla y el 12.8 por ciento a residuos de maleza propios de la planta. El Cuadro 1 se presenta un análisis de la rentabilidad del cultivo para un productor que sembró 5.2 ha de algodón para el ciclo 2021.

Cuadro 1. Estimación de la relación beneficio costo del cultivo de algodón y subproductos para un productor de 5.2 ha sembradas para el ciclo 2021 en la Comarca Lagunera.

Costos	Costo de Producción para 5.2 ha en pesos ($)	Costo de producción para 1 ha en pesos ($)
Costo total ejercido	236474.4	45475.8
Costo financiero 7 % de 377475.4	26423.3	5081.4
Costo de clasificación de pacas (22 pesos por 66.37 pacas)	1460.2	280.8
Impuesto municipal ($/ton = 40) * (36.36 ton)	1454.0	279.6
Costo para obtención de semilla de algodón en hueso (36 360 kilos) * ($/kg = 1.6)	58176.0	11187.7
Costos totales	323987.9	62305.4
Ingresos		
a. por fibra de algodón (14071.32 kg = 305.765 quintales a 107.6 dólares/quintal. Tipo de cambio 20.6 pesos/dólar	677747.2	130336.0

b. por venta de semilla de algodón ((17 635 kg semilla) * ($/kg 7.6))	134023.0	25773.7
Préstamos recibidos	181000.0	34807.7
Ingresos netos	992770.2	190917.3
Relación Beneficio/Costo	3.1	3.1

Fuente: Productor de algodón de la Comarca Lagunera

Para el ciclo 2021, el costo de producción para un productor de 5.2 hectáreas fue de 236,475.4; es decir de 45,476 pesos, por hectárea.

Los costos de producción involucran desde preparación del terreno, labores culturales, fertilizantes, seguro agrícola, insecticidas, pisca, costo de agua, asistencia técnica, cosecha, acarreo, además de los que se tuvieron para obtener semilla limpia de algodón hueso, los impuestos municipales el costo de clasificación de pacas y el costo financiero.

Los ingresos obtenidos por venta del algodón pluma, consideraron 305.765 quintales equivalentes a 14.07132 toneladas obtenidas de las 5.2 ha, cada quintal se vendió a 107.6 dólares a un tipo de cambio de 20.60 pesos por dólar.

Los ingresos obtenidos por venta de semilla de algodón en hueso resultaron de vender 17635 kilos de semilla a razón de 7.60 el kilo. Los préstamos recibidos se consideran parte del ingreso recibido, mismos que al momento de la liquidación le fueron recogidos.

La relación beneficio costo para este ciclo y este productor en particular ascendió a 3.1; es decir, por peso invertido recuperó 3.1 pesos más. El factor importante para dichos ingresos fue el precio al que vendió el algodón, mismo que se elevó a 107.60 dólares el quintal.

Para Chihuahua y Baja California Sur la relación beneficio costo reportada por el Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura fue respectivamente de 1.12 y 1.19 (Gutiérrez, 2021) es decir, por cada peso invertido reciben 0.12 y 0.19 pesos de utilidad, indicador que le permite al productor decidir si siembra o cambia este cultivo por otro que ofrezca mayor rentabilidad.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas por este estudio, las principales conclusiones y recomendaciones derivadas, se presentan a continuación:

Existe la infraestructura organizativa necesaria para la operación y funcionamiento del cultivo del algodón en la región, donde la permanencia de las despepitadoras es crucial.

La interacción institucional entre instituciones crediticias, sanitarias y de investigación con la despepitadora permite mantener en estado estable el control de plagas y enfermedades y la calidad de fibra necesaria para ser comercializada en el mercado nacional e internacional.

La presencia de un sistema productivo altamente mecanizado salta a la vista en la región, incluyendo la cosecha mecánica y el uso de transgénicos y agroquímicos en el control fitosanitario del mismo. No obstante, el cultivo paulatinamente ha dejado de ser un generador de empleo intensivo debido a su modernización tecnológica.

La rentabilidad del algodón es elevada en especial este año, debido al precio internacional al que se comercializó y al ingreso recibido de la venta de subproductos como la semilla y la borra del algodón.

La situación que presenta el sistema de producción es su alta dependencia del precio internacional. Esta dependencia debe solventarse mediante la participación gubernamental como apoyos en coberturas de precio al productor, mayores facilidades crediticias, servicios de almacenes de depósito para el reguardo de la fibra, y un pago inmediato para tener liquidez para pagar créditos y mantener su capacidad de operación; es urgente la generación de políticas públicas que se ocupen de cumplir estas necesidades.

REFERENCIAS

AGROTIREX, 2021. https://agrotirex.com/como-se-cultiva-el-algodon-en-mexico-un-futuro-prometedor/#:~:text=Dependiendo%20de%20la%20zona%20de%20M%C3%A9xico%20donde%20se,de%20julio%20en%20la%20zona%20sur%20del%20pa%C3%ADs

Cháirez, A. C. y Palerm, V. J. 2013. Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo III San Jacinto en el Distrito de Riego 017, Durango, México. En:

Tecnología y Ciencias del Agua, vol IV, núm 4., septiembre-octubre, 2013, pp. 19-46.

El Economista (2019). https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Mercado-mundial-y-nacional-del-algodon-II-20190828-0072.html

Gutiérrez H. M., 2021. Aspectos Económicos de la Producción de Algodón en México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo, 128 p.

Hernández C. A.E., 2009. Grado de adopción de la tecnología de producción de algodonero en surcos estrechos y altas poblaciones de plantas en el Estado de Durango. Tesis de Maestría. UAAAN, Torreón Coahuila. 80 p.

Loera G. J., Rosales R. E. y Reyes R. M.A. 2015. Guía para cultivar algodón en el norte de Tamaulipas. Folleto para productores No. MX-0-310305-02-03-13-10-26. INIFAP-CIRNE, Campo Experimental Río Bravo Rio Bravo, Tamaulipas 54 P.

Panorama agropecuario, 2021. https://panorama-agro.com/?page_id=1639#:~:text=Entre%20las%20enfermedades%20m%C3%A1s%20importantes%20en%20esta%20regi%C3%B3n,verticilium%2C%20pudrici%C3%B3n%20texana%20y%20la%20viruela%20del%20algodonero

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGDER) - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2022.

Solleiro, R. J.L. y Mejía, CH. A.O. 2016. Cadena de valor en la producción de algodón en México: LOS DESAFÍOS DEL MERCADO GLOBAL J. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán del 15 al 18 de noviembre de 2016. AMECIDER – ITM

Stephen, I. and William, B. M. 1996. Handbook in Research and Evaluation. A collection of principles, methods, and strategies useful in planning, design and evaluation studies in educational and behavioral sciences. Second edition. Edits Publishers. San Diego California. USA.

PARAMETROS GENETICOS Y RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ EN LINEAS S_1

Antuna-Grijalva, Oralia[1*]; Espinoza-Banda, Armando[1]; Quiroz-Mercado, Jorge[1], Andrio-Enríquez, Enrique[2]

[1]Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico "Raúl López Sánchez" km 2. Torreón, Coahuila. CP. 27054, [2]Tecnológico Nacional de México-Roque, Km. 8, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado postal 508, C.P. 38110,

****Autor para correspondencia: e-mail:** oantuna_77@hotmail.com*

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron: Estimar los parámetros genéticos y seleccionar líneas S_1, más sobresalientes con base en el rendimiento de grano. El germoplasma de estudio fueron 100 líneas S_1 de maíz, provenientes de híbridos de origen comercial. Las líneas se evaluaron utilizando un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, durante el ciclo primavera-verano del 2021, en Torreón, Coah., y Venecia, Dgo. Las variables registradas fueron floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de grano (RG). En el análisis de varianza se presento diferencias estadísticas en las fuentes de variación localidades, grupos y en interacción genotipo por ambiente. El grupo 10 fue el de mayor rendimiento de grano, donde la línea 98 fue la de mayor expresión con respecto a las demás. La heredabilidad de los caracteres evaluados presento valores desde 42.8 % (floración femenina) hasta 80.7 % (altura de mazorca).

Palabras clave: *Zea mays***;** líneas S_1, heredabilidad, parámetros genéticos, rendimiento de grano

ABSTRACT

The objectives of the present study were: To estimate the genetic parameters and select the most outstanding S1 lines based on grain yield. The germplasm of study were 100 S1 lines of corn, from hybrids of commercial origin. The lines were evaluated using a random block design with two replications, during the spring-summer cycle of 2021, in Torreón, Coah., and Venecia, Dgo. The variables recorded were male flowering (FM), female flowering (FF), plant height (AP), ear height (AM) and grain yield (RG). In the analysis of variance, statistical

differences were presented in the sources of variation localities, groups and genotype interaction by environment. Group 10 was the one with the highest grain yield, where line 98 was the one with the highest expression with respect to the others. The heritability of the evaluated characters presented values from 42.8 % (female flowering) to 80.7 % (ear height).

Key words: *Zea mays*; S_1 lines, heritability, genetic parameters, grain yield.

INTRODUCCION

La manifestación genotípica de las plantas depende en gran parte del medio que las rodea, la presencia de interacciones entre estos dos factores en general hacen difícil el logro y la medida de los avances genéticos en la selección de líneas y la prueba de materiales.

Una estrategia para incrementar los rendimientos de grano de maíz, es el uso de variedades mejoradas, que pueden ser de polinización libre, sintéticas o híbridas (Hallauer y Miranda, 1988). En la formación de variedades de polinización libre se utilizan esquemas de mejoramiento intrapoblacional por medio de la selección recurrente, donde el principal objetivo es incrementar la frecuencia de alelos favorables en la población (Hallauer, 1981). El conocimiento de la magnitud de los parámetros genéticos de la población base de selección, permite diseñar la mejor estrategia a seguir en programas de mejoramiento genético (Rovaris *et al*., 2011).

MATERIALES Y METODOS

El material genético consistió en 100 líneas S_1 derivadas de 10 grupos divergentes de híbridos de origen comercial, provenientes del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

La evaluación del material genético se realizo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y en el ejido Venencia, Dgo., durante el ciclo primavera-verano 2021. El diseño experimental que se utilizó en ambas localidades fue bloques al azar con dos repeticiones. La unidad experimental fue representada por un surco de 3 m de largo, 0.75 m entre surcos y 0.20 m entre plantas.

Las variables de respuesta fueron: floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de grano (RG).

Los datos se procesaron por medio de un análisis de varianza de bloques al azar combinado. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Statistical Analysis System (SAS, 1999). La estimación de parámetros genéticos, se realizó con base en los componentes de varianza, estimados a partir de las esperanzas de cuadrados medios.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza (Cuadro 1) detecto diferencia estadística ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$) en ambiente (A), grupos (G), en las interacciones de bloques dentro de ambiente (B(A), líneas dentro de grupos (L(G), ambiente dentro de grupos (A*G), ambientes por localidad dentro de grupos (A*L(G) y en grupos por bloques dentro de ambiente (G*B(A) a excepción de floración masculina. La fuente de variación ambiente por líneas dentro de grupos (A*L(G) no presento diferencias estadísticas en las variables evaluadas. El rendimiento de grano no fue significativo estadísticamente en bloques dentro de ambientes (B(A).

Las diferencias estadísticas entre ambientes pueden ser atribuidas a los efectos de temperatura y humedad relativa, lo que implica un factor importante para la selección de los materiales, y podrá permitir estimar con mayor precisión el valor de los componentes genéticos y separa el efecto genético ambiental (Gutiérrez *et al*., 2004).

Los coeficientes de variación fluctuaron entre 3.5 y 21.2 %, correspondiendo a las variables de floración femenina y rendimiento de grano, respectivamente. Estos valores registrados en el análisis de varianza, se encuentran dentro del rango normal reportado por Falconer (1996).

Cuadro 1. Cuadrados medios de variables agronómicas y rendimiento de grano evaluadas en dos localidades de la Comarca Lagunera. 2021

FV	**A**	**G**	**B(A)**	**L(G)**	**A*G**	**A*L(G)**	**G*B(A)**	**Error**	**CV**	$\bar{X}$
gl	1	9	2	91	9	90	18	179	**(**%)	
FM	27506.2**	217.53**	106.8**	29.41**	40.51*	19.4	18.61	17.2	4.8	85
FF	28224**	266.82**	128.3**	19.66**	46.48**	13.2	33.56**	10.1	3.5	90
AP	133466**	6110.8**	1887.8**	536**	1912**	291.9	825.23**	235	7.7	197.2
AM	247362**	2202.4**	468.3**	189**	453**	78.7	360.87**	84.6	11.9	77.3
RG	72.5**	43.31**	2.21	5.31**	24.19**	2.63	9.72**	2.6	21.2	7.6

A=ambientes, G=grupo, B=bloques, L=líneas, FM: floración masculina, FF: floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca y RG: rendimiento de grano, *, ** significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el Cuadro 2 se puede observar el comportamiento promedio por grupo para los caracteres agronómicos y de rendimiento de grano en las líneas de maíz evaluadas. En el grupo 10 las líneas, 91, 98, fueron superiores al promedio general (9.60 t ha^{-1}), seguidos del grupo 3, 4 y 5 donde las líneas 23, 32, 38 y 50 respectivamente se ubicaron en el grupo de mayor expresión para esta variable evaluada.

Los días a floración masculina en las líneas selectas oscilaron de 81 a 90 d y en floración femenina los valores fueron de 85 a 94 d. La altura de planta tuvo un rango de expresión fenotípica de 1.91 a 2.19 m, con relación a la altura de mazorca de mazorca se observa que en el grupo 1,3, 4, 7 y 10 se presentaron líneas que con valores inferiores a la media general.

Los resultados indican que las líneas seleccionadas con base al rendimiento de grano, superaron a los valores promedio, lo que podría indica la presencia de herencia transgresiva (Rebolloza *et al*., 2016)

Cuadro 2. Selección de líneas con base en el rendimiento de grano en dos localidades de la Comarca Lagunera en el ciclo primavera-verano del 2021.

Grupo	Línea	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	RG (t ha^{-1})
10	98	84	87	2.15	0.83	10.9
5	50	86	91	1.95	0.80	10.3
10	91	82	87	1.97	0.73	10.2
3	23	85	87	1.93	0.81	10.1
4	32	83	88	2.08	0.91	10.1
4	38	83	85	2.12	0.81	10.0
10	92	83	85	1.98	0.65	9.90
4	39	87	91	2.19	0.89	9.82
1	4	86	87	1.89	0.81	9.70
10	99	86	88	1.97	0.74	9.60
7	61	89	93	2.01	0.72	9.60

3	30	86	93	1.95	0.76	9.40
1	2	84	88	1.92	0.75	9.30
7	66	90	94	2.18	0.97	9.20
7	69	86	90	1.93	0.76	9.20
4	31	82	86	2.13	0.74	9.00
9	83	83	86	1.91	0.71	9.00
10	100	84	90	2.18	0.94	8.90
1	7	81	85	1.99	0.83	8.90
9	90	86	91	2.01	0.65	8.90
Media		84.61	88.41	2.02	0.79	9.60

FM: floración masculina, FF: floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca y RG: rendimiento de grano

Con relación a los resultados de heredabilidad, los caracteres de altura de mazorca, altura de planta y rendimiento de grano presentaron estimaciones altas en este parámetro, con valores de 80.7, 63.7 y 67.4% respectivamente, lo cual puede indicar que en las líneas bajo selección predominan efectos genéticos aditivos (Rafiq *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Estimación de parámetros genéticos en variables agronómicas y de grano en líneas S_1 de maíz.

Parámetro estimado	**FM (d)**	**FF**	**AP (m)**	**AM**	**RG (t ha^{-1})**
σ_G^2	2.40	1.50	61.00	27.60	0.60
σ_a^2	136.00	140.00	652.40	1234.00	0.20
I_{g*a}	1.10	1.50	27.90	-2.90	0.05
σ_F^2	11.60	7.40	192.90	68.50	1.90
σ_A^2	4.90	3.10	122.00	55.30	1.30
Heredabilidad (%)	42.60	42.80	63.20	80.70	67.40

σ_G^2= varianza genotípica, σ_a^2 varianza aditiva, I_{g*a}: interacción genotipo ambiente, σ_F^2: varianza fenotipica y σ_A^2: varianza aditiva

CONCLUSIONES

La presencia de selección transgresiva en el rendimiento de grano, permitió señalar a la línea 98 como la más sobresaliente. En general, los grupos con mayor adaptación para rendimiento de grano y caracteres agronómicos fueron el grupo 10, 6, 4 y 1.

La estimación de los parámetros genéticos en las líneas indica que existe una alta variación genética aditiva.

REFERENCIAS

Falconer, D. S. and Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th Ed. Longman Group Ltd, London, England. 312-321 pp

Gutiérrez R., E.; Espinoza B., A.; Palomo G., A.; Lozano G., J. J. y Antuna G., O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. Rev. Fitotéc. Mex. 27(1):7-11.

Hallauer, A. R. 1981. Selection and breeding methods. In: plant breeding II. Frey, K. J. (Ed.). Iowa State University Press. Ames. Iowa. 497 p.

Hallauer, A. R. and Miranda, J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2th Ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.

Rafiq, Ch.; Rafique, M.; Hussain, A. and Altaf, M. 2010. Studies on heritability, correlation and path analysis in maize (Zeamays L.). J. Agric. Res. 48(1):35-38

Rebolloza Hernández, H., Castillo Gutiérrez, A., Carapia Ruíz, V. E., Andrade Rodríguez, M., Villegas Torres, O. G., Núñez Valdés, M. E., & Perdomo Roldán, F. (2016). Estimación de parámetros genéticos y selección de líneas S1 en una población segregante de maíz tropical. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *7*(8), 1893-1904.

Rovaris, S. R. S.; Araújo, P. M.; Garbuglio, D. D.; Prete, C. E. C.; Zago,V. S. and da Silva, L. J. F. 2011. Estimates of genetic parameter in maize commercial variety IPR 114 at Paraná State, Brazil. Acta Scientiarun. Agron. Maringá. 33(4):621-625.

Statistical Analysis System Institute (SAS). 1999. SAS User's Guide. Statistics. Versión 8.2. SAS Inst. Cary, N. C. 102 p.

PARTICIPACIÓN DE LOS AGRICULTORES EN LAS ASOCIACIONES PRODUCTIVAS

PARTICIPATION OF FARMERS IN PRODUCTIVE ASSOCIATIONS

***Erick Baltazar Brenes[1] y Mercedes Borja Bravo[2]**

[1]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, México.

[2]Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

***Autor de correspondencia: baltazar.erick@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El estudio analiza la participación de pequeños y medianos productores de maíz de temporal en asociaciones productivas en el municipio de Tepatitlán, Jalisco. La información se analizó empleando estadística descriptiva. Aunque el trabajo en asociaciones no es predominante, se identificaron ventajas como el acceso a apoyos gubernamentales y la reducción de costos mediante compras conjuntas. Sin embargo, algunos productores optan por trabajar individualmente debido a la falta de confianza en los dirigentes y otros miembros de las asociaciones, así como a la poca claridad sobre las obligaciones y beneficios de pertenecer a una organización. La formalidad en la constitución de las asociaciones también es relevante, aunque se debe encontrar un equilibrio para evitar un exceso de normas que afecten la eficacia y organización interna. El desarrollo económico individual y regional de los productores agropecuarios puede fortalecerse mediante la participación efectiva en asociaciones productivas, por lo que se sugiere trabajar en mejorar la confianza y la comunicación entre los miembros para aprovechar los beneficios competitivos que ofrecen estas organizaciones.

Palabras clave: organización de productores, confianza en la asociación, pequeños y medianos productores

ABSTRACT

The study analyzes the participation of small and medium-sized rainfed corn producers in productive associations in the municipality of Tepatitlán, Jalisco. The information was analyzed using descriptive statistics. Although working in associations is not predominant,

advantages were identified, such as access to government support and cost reduction through joint purchases. However, some producers choose to work individually due to a lack of trust in the leaders and other members of the associations, as well as a lack of clarity about the obligations and benefits of belonging to an organization. The formality in the constitution of the associations is also relevant, although a balance must be found to avoid an excess of rules that affect effectiveness and internal organization. Individual and regional economic development of agricultural producers can be strengthened through effective participation in productive associations, so it is suggested to work on improving trust and communication among the members to take advantage of the competitive benefits offered by these organizations.

Key words: producer organizations, trust in the association, small and medium producers.

INTRODUCCIÓN

La participación de los productores agropecuarios en organizaciones como una estrategia de competitividad puede incrementar el desarrollo económico individual y de una región. El desarrollo de una nación se basa, en gran medida, en el desarrollo de sus organizaciones (Chiavenato, 2009).

A las asociaciones se les confiere la promoción de los intereses de los agremiados y su representación ante agentes del sector público y privado (Martínez *et al*., 2022). Algunas de las ventajas de trabajar como parte de una asociación son: 1) acceso a insumos a un menor costo, 2) acceso a mercados que ofrecen mayores beneficios económicos, 3) facilidades para obtener créditos, 4) mayor acceso a tecnología y capacitación, entre otras. Sin embargo, por lo general, las asociaciones no cuentan con estos beneficios por lo que son muy vulnerables (Morales y Morales, 2022).

No obstante, aun cuando formar parte de una asociación puede tener ventajas, muchos productores optan por continuar trabajando de forma individual, ya que no ven a la organización como una forma de solución de sus principales problemas y prefieren tomar decisiones individualmente (Dzib-Poot *et al*., 2021).

En este trabajo se hace un análisis preliminar de la participación en asociaciones productivas de pequeños y medianos productores de maíz de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con productores del municipio de Tepatitlán, Jal., en el primer semestre de 2023. Se tomó una muestra aleatoria de 36 productores que fueron entrevistados para conocer si eran parte de alguna asociación, si les interesaba participar en alguna, las razones por las que se asocian o se asociarían, su perspectiva sobre las asociaciones y sus integrantes, y sobre la formalidad en la conformación de una asociación. La información se analizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productores son, en su mayoría, de edad avanzada y con estudios máximos de primaria. Gran parte de ellos se ha dedicado al cultivo del maíz desde su infancia, lo que les ha proporcionado un vasto conocimiento del sistema de producción. La propiedad se caracteriza por ser privada, con una superficie de alrededor de 14 hectáreas. Una de las actividades agropecuarias principales en la región es la ganadería, por lo que muchos agricultores producen maíz para forraje destinado al autoconsumo.

En la región de estudio, el trabajo en asociación no es predominante entre los pequeños y medianos productores. El cincuenta por ciento de los productores pertenece a una asociación; uno de ellos es miembro de una cooperativa de consumo agropecuario y el resto forman parte de la Asociación Ganadera local.

Entre los productores que no están asociados, sólo 28% manifestaron estar interesados en formar parte de una asociación, no obstante, la mayoría de ellos reconoció que el trabajo en grupo es más eficiente que el trabajo individual, lo cual indica que hay buenas posibilidades de conformar una asociación con fines productivos.

Las razones principales por las cuales los interesados en asociarse lo consideraban importante (Tabla 1) fueron conseguir apoyos del gobierno y reducir costos. Dado que los pequeños y medianos productores enfrentan dificultades para acceder a opciones de financiamiento, los apoyos gubernamentales son esenciales para asegurar la subsistencia de sus unidades de producción. Aunque la agrupación de productores con el propósito específico de recibir estos beneficios es temporal, esta situación ofrece la oportunidad de aprovecharla para impulsar la creación de organizaciones formales y permanentes.

Otras razones importantes para considerar la asociación fueron la posibilidad de comprar semillas, fertilizantes y maquinaria de manera conjunta, lo que podría resultar en un ahorro significativo de costos. Asimismo, la programación de las siembras y la venta del producto a un mejor precio de venta también fueron factores relevantes para algunos productores.

En contraste, la venta del producto y la negociación del precio tuvieron menor relevancia. Se identificó que aquellos productores que comercializan su producción a través de intermediarios muestran una baja propensión a cooperar con otros productores (Muñoz *et al*., 2018). Esto sugiere que la falta de cooperación entre los agricultores puede llevar a perder oportunidades de mejorar sus ingresos y condiciones de venta.

Tabla 1. Razones por las que los productores les interesa estar asociados.

Motivo	**% de productores que lo consideran importante**
Conseguir apoyos del gobierno	86.6
Reducción de costos	86.6
Comprar semilla y fertilizantes	73.3
Comprar maquinaria	60.0
Programar siembras	53.3
Venta del grano y forraje a mejor precio	53.3
Obtener mejores precios de venta	53.3
Obtener créditos	40.0
Acopio de grano	40.0
Asistir a cursos de capacitación	40.0
Maquilar preparación del terreno y siembra	20.0
Para poder industrializar el producto	33.3
Maquilar labores (cosecha mecanizada)	33.3
Contratar servicios técnicos especializados	20.0
Elaborar de abonos o control biológico	20.0
Maquilar labores (ensilados)	6.6

Fuente: Elaborado con información de encuestas.

De los productores entrevistados, menos de la mitad estuvieron de acuerdo en que las empresas y negocios de los productores organizados son más exitosos que los de los productores que trabajan de forma individual. Los productores no están convencidos de obtener mayores beneficios trabajando en grupo que por su cuenta, lo cual se debe en parte

al desempeño que ha tenido la organización predominante. Por otro lado, la mayoría estuvo de acuerdo en que los productores organizados tienen mejores opciones para vender sus productos, y que tienen menos riesgos de pérdida que los que venden de forma individual. En general, una mayor proporción de productores opina que el trabajo en grupo es mejor que el individual, porque se puede ser más competitivo y obtener mejores opciones de comercialización.

También se les preguntó a los participantes asociados su opinión sobre la organización a la que pertenecían; la mitad estuvo de acuerdo en que la mayoría de las decisiones que toman los representantes de la asociación son acertadas. En cuanto a la confianza en los representantes de la asociación y en el resto de las personas asociadas, solo el 50% se pronunció en este sentido. La organización ganadera a la que pertenecen la mayoría de los productores asociados deberá poner atención especial a este punto, ya que es fundamental, dado que las actitudes de confianza y reciprocidad en el grupo representan el capital social (Durston, 2000).

En general, el 44.4% de los productores asociados indicaron estar inconformes con la asociación. La confianza en el resto de los miembros de la organización es fundamental para que se puedan alcanzar los objetivos individuales y grupales, por lo que los productores que la integran y, principalmente, sus dirigentes, deben tener en cuenta los intereses de los participantes.

En cuanto al compromiso de los miembros de la asociación, la mayoría estuvo de acuerdo en que los dirigentes y todos los asociados estaban comprometidos con los objetivos de la organización y con todos los integrantes. Este resultado contrasta con el nivel de confianza hacia los dirigentes de la organización, lo cual sugiere que la falta de confianza se debe al bajo desempeño de los tomadores de decisiones y no a sus intenciones particulares. Asimismo, la mayoría indicó que personalmente estaban comprometidos con la organización.

Un problema frecuente en las asociaciones es el nivel de involucramiento, ya que lo relacionan con desconfianza, rendición de cuentas y distribución de recursos (Martínez *et al*., 2022). Otros motivos comunes de la falta de compromiso de los asociados son la falta de cumplimiento en las aportaciones de cuotas, la poca o nula participación en la toma de

decisiones y el incumplimiento de compromisos adquiridos con la asociación (Pineda y Pineda, 2020).

Se les preguntó también acerca de sus preferencias sobre la formalidad de las asociaciones. Respecto al conocimiento de sus obligaciones, derechos y beneficios, la mayoría estuvo de acuerdo en que son aspectos a considerar cuando deciden asociarse. Según estudios previos, entre mayor acceso a la información tengan los miembros de una organización, mayor será su participación (Dzib-Poot *et al*., 2021). No obstante, es frecuente que los agremiados desconozcan este tipo de información, lo que los hace menos activos y lleva a que deleguen la toma de decisiones a quienes están al frente de la asociación (Pineda y Pineda, 2020).

En referencia a la formalidad en la constitución de la organización, todos los participantes indicaron que confiaban más en contratos escritos. Los contratos escritos proporcionan mayor seguridad a los participantes, ya que interviene un tercer agente coercitivo que aumenta la garantía de cumplimiento; sin embargo, este tipo de formalización eleva el costo de transacción. Además, cuando en los contratos se establecen demasiadas normas y sanciones, se corre el riesgo de tener un menor grado de organización (Dzib-Poot *et al*., 2021).

CONCLUSIONES

El análisis preliminar realizado sobre la participación de pequeños y medianos productores de maíz de temporal en asociaciones productivas en el municipio de Tepatitlán, Jal., indica que el trabajo en asociaciones no es predominante, aunque se evidencian claras ventajas en formar parte de estas organizaciones.

Entre las ventajas más destacadas, se encuentran el acceso a apoyos gubernamentales y la posibilidad de reducir costos mediante compras conjuntas de insumos y maquinaria. Además, la programación de siembras y la mejora en las opciones de comercialización son consideradas beneficios importantes por los productores interesados en asociarse.

Sin embargo, también se han identificado desafíos y barreras que influyen en la decisión de algunos productores de mantenerse trabajando de forma individual. La falta de confianza en los dirigentes y en otros miembros de la asociación, así como la poca claridad sobre las

obligaciones, derechos y beneficios de pertenecer a una organización, son factores que limitan la participación activa en las asociaciones.

Es evidente que para fomentar una mayor participación y aprovechar los beneficios competitivos que ofrecen las asociaciones, es necesario fortalecer la confianza y la comunicación entre los miembros. Asimismo, se debe brindar información clara y accesible sobre los aspectos fundamentales de la asociación para incentivar el compromiso y la colaboración de todos los participantes.

En este sentido, la formalidad en la constitución de las asociaciones también juega un papel importante. Si bien los contratos escritos ofrecen mayor seguridad y garantía de cumplimiento, es fundamental encontrar un equilibrio para evitar un exceso de normas que pudiera afectar la eficacia y la organización interna.

El desarrollo económico individual y regional de los productores agropecuarios puede ser significativamente fortalecido mediante la participación efectiva en asociaciones productivas. Por lo tanto, se sugiere que las organizaciones trabajen en mejorar la confianza y la comunicación entre sus miembros, y que ofrezcan información clara y accesible sobre los beneficios y responsabilidades de pertenecer a una asociación.

Al abordar estos aspectos, se podrán superar los desafíos actuales y se fomentará una mayor adhesión de productores a estas organizaciones. Así, se contribuirá al progreso y crecimiento del sector agrícola en la región de estudio, impulsando el desarrollo económico individual y colectivo de los productores agropecuarios y la prosperidad de la comunidad en su conjunto.

Finalmente, se puede aprovechar la congregación de productores que se lleva a cabo para la entrega de beneficios de programas sociales, a fin de identificar a los interesados en conformar asociaciones y fomentar su organización con el acompañamiento de instituciones públicas y privadas, de tal forma que puedan consolidarse.

REFERENCIAS

hiavenato, I. (2009). Comportamiento organizacional. La dinámica del éxito en las organizaciones (2.ª ed.). McGraw-Hill.

Durston, J. (2000). ¿Qué es el Capital Social Comunitario? CEPAL-Serie Políticas Sociales, (38), 7-13. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5969/S0007574_es.pdf

Dzib-Poot, Y. N. D. R., Carranza-Cerda, I., Estrella-Chulim, N. G., & Chalate-Molina, H. (2021). Factores asociados a la organización de productores en Tierra Blanca, Veracruz. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, 31(58). Doi.org/10.24836/es.v31i58.1153

Martínez, L. A., Muñoz, R. M., Santoyo, C. V.H. (2022). Análisis de desempeño de las organizaciones económicas rurales. Revista Internacional de Organizaciones, (29), 57-90. Disponible en: https://www.revista-rio.org/index.php/revista_rio/article/download/397/319/1648

Morales, I. S. y Morales, T. O. (2022). "Corrupción organizacional: Una propuesta de marco teórico". Revista Internacional de Organizaciones, (28), 113-136. Doi.org/10.17345/rio28.113-136>

Muñoz R., M., Santoyo, C., V.H., Gómez, P., D., Altamirano, C., J.R. (2018). Otro campo es posible. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/J-Reyes-Cardenas/publication/326732019_Otro_campo_es_posible_Agenda_publica_y_politica_con_relacion_al_campo_mexicano/links/5b6da840a6fdcc87df7110cb/Otro-campo-es-posible-Agenda-publica-y-politica-con-relacion-al-campo-mexicano.pdf

Pineda, L. S., & Pineda, M. S. (2020). Cambio en las estructuras de significación en organizaciones de pequeños productores. Una comprensión desde la teoría institucional. *Encuentros*, *18*(01). Doi: 10.15665/encuent.v18i01.2162

PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES SOBRE EL INTERES DE UTILIZAR ENERGIA SOLAR PARA DESHIDRATAR PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

Venancio Cuevas Reyes[1*], Silvia Xóchitl Almeraya-Quintero[2], Mercedes Borja Bravo[3], Nicolás Morales Castillo[4], y Blanca I. Sánchez Toledano[5]

[1]INIFAP-Campo Experimental Valle de México. [2]Colegio de Postgraduados-Postgrado en Desarrollo Rural. Campus Montecillo, [3]INIFAP-Campo Experimental Pabellón, [4]Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte, [5]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. *cuevas.venancio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El deshidratado de alimentos es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. No obstante, se desconoce si los productores conocen las tecnologías de deshidratación de alimentos mediante energía solar. A través de muestreo aleatorio estratificado, se seleccionaron 164 productores de cinco municipios: Calera (9), Fresnillo (108), Loreto (20), Morelos (14) y Zacatecas (13) en la franja agrícola de Zacatecas. El objetivo fue identificar las principales limitantes que tiene el uso de la tecnología solar para la deshidratación de alimentos, desde el punto de vista del productor de la franja agrícola Zacatecana. Los productores tienen, en su mayoría un promedio de 52 años de edad, y escolaridad a nivel primeria y secundaria, aunque en dos municipios (Loreto y Morelos) se entrevistó a productores con nivel licenciatura. El 76.2 % desconoce la tecnología y/o los beneficios del secado y deshidratación de alimentos. No obstante, el 86.5 % de los productores contesto que tenía interés en conocer este tipo de tecnología; la mayoría de productores fueron del municipio de Fresnillo. La principal limitante desde, el punto de vista del productor, es que se requiere de alta inversión. Existe una gran oportunidad para identificar y trabajar con los productores interesados en el uso de la tecnología solar y, desarrollar esquemas de difusión, capacitación y organización para buscar disminuir la perdida de alimentos y mejorar a su vez el ingreso de los productores.

Palabras clave: alimentos, alimentos, adopción de tecnología.

ABSTRACT

Food dehydration is one of the oldest methods of food preservation. However, it is unknown if the producers are aware of food dehydration technologies using solar energy. Through stratified random sampling, 164 producers from five municipalities were selected: Calera (9), Fresnillo (108), Loreto (20), Morelos (14) and Zacatecas (13) in the agricultural strip of Zacatecas. The objective of the work is to identify the main limitations of the use of solar technology for food dehydration, from the point of view of the producer of the Zacatecana agricultural strip. Most of the producers are 52 years old on average, and have primary and secondary education, although in two municipalities (Loreto and Morelos) producers with a bachelor's degree were interviewed. 76.2% are unaware of the technology and/or the benefits of drying and dehydrating food. However, 86.5% of the producers answered that they were interested in learning about this type of technology; the majority of producers were from the municipality of Fresnillo. The main limitation from the point of view of the producer is that a high investment is required. There is a great opportunity to identify and work with producers interested in the use of solar technology and develop dissemination, training and organization schemes to seek to reduce food loss and in turn improve the income of producers.

Key words: food, food, technology adoption.

INTRODUCCION

Los alimentos se pierden o desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en los hogares (FAO, 2012). Existen soluciones eficaces a lo largo de toda la cadena alimentaria para reducir la cantidad total de alimentos que se pierden o desperdician. De acuerdo a Hernández-Rodríguez (2019), en países de bajos ingresos la perdida de alimentos se da en las primeras etapas de la cadena de suministro de alimentos y ocurre lo contrario, se desperdicia menos, en el consumo; lo cual implica, que las principales perdidas se presentan durante el cultivo y el manejo postcosecha.

La conservación de los alimentos de origen agrícola se considera un procedimiento esencial para garantizar la disponibilidad de los productos para su uso posterior y también para reducir las pérdidas posteriores a la cosecha. Se estima que en la actualidad en la pequeña

agricultura se merma la producción entre 10 % y 40 % por mal manejo postcosecha e inadecuadas prácticas de secado (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019, citado por Acosta y Castillo, 2022). Hoy en día, las tecnologías de deshidratado solar desarrolladas están orientadas a brindar soluciones económicas, como apoyo a pequeños y medianos productores, compatibles con el medio ambiente, buscando la eficiencia energética y utilizando materiales de fácil acceso. Los modelos se desarrollan según las necesidades de los productores, el volumen de producción, disponibilidad de conexión a la red eléctrica, la estacionalidad de las cosechas y las condiciones de secado de los productos. Las tecnologías consisten básicamente en sistemas de secado solar indirectos activos, es decir, son sistemas donde los alimentos no reciben la luz solar directa y funcionan mediante convección forzada. A nivel general, cuentan con un colector solar de aire, una cámara de secado y un ventilador (Espinoza, 2016).

Estudios teóricos y empíricos sobre la adopción de tecnología en México (Cuevas *et al.,* 2013; Bernardino-Hernández *et al*., 2016; Juárez-Morales *et al.,* 2017) y otras partes del mundo (Melesse, 2018) señalan la existencia de una relación entre los factores socioeconómicos como edad del productor, nivel escolar, experiencia, disponibilidad de recursos económicos, tamaño de la finca y frecuencia de visita del productor a la finca, con el nivel de adopción tecnológica de las unidades de producción agropecuarias. Al respecto algunas investigaciones reportan que los productores de menor edad tienden a incorporar con mayor facilidad tecnologías agrícolas; por tanto, alcanzan mayores niveles tecnológicos en sus unidades de producción (Rojas-Gaviria, 1998), o bien, conforme los productores se hacen más longevos disminuye la probabilidad de adopción tecnológica (Aguilar-Gallegos *et al.,* 2013; Mishra *et al.,* 2018).

En este sentido, se reconoce que existe desperdicio de alimentos, y que la tecnología de deshidratación de productos agroalimentarios puede ser una alternativa para lograr disminuir esa problemática. No obstante, se desconoce si los productores conocen este tipo de tecnologías. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue identificar las principales limitantes que tiene el uso de la tecnología solar para la deshidratación de alimentos, desde el punto de vista del productor de la franja agrícola Zacatecana.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación de la Zona de estudio

El estado de Zacatecas representa el 3.8% del territorio nacional, está integrado por 58 municipios siendo el más habitado el municipio de Fresnillo. La capital del estado es Zacatecas. Se ubica en las coordenadas Al norte 25°07'31", al sur 21°02'31" de latitud norte; al este 100°44'32", al oeste 104°21'13" de longitud oeste. Colindando con Durango y Coahuila de Zaragoza al norte; con Coahuila de Zaragoza, Nuevo León y San Luis Potosí al este; con Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes al sur; con Jalisco, Nayarit y Durango al oeste. El clima que predomina es el semiseco templado cubriendo el 44.32% de la superficie estatal. Cuenta con 11 presas, 1 laguna y 1 lago como principales cuerpos de agua. Los tipos de suelo dominantes en el Zacatecas son: Leptosol; cubriendo 28.11% del estado, Phaeosem; cubriendo 19.39 y Calcisol; cubriendo 17.80%. El 41.77% de la superficie no es apta para la agricultura dadas las características del suelo (INEGI, 2017). La investigación se centra en cinco municipios: Calera, Fresnillo, Loreto, Morelos y Zacatecas. Éstos forman parte de la franja agrícola Zacatecana.

Selección de productores y encuesta

El carácter metodológico de la investigación es mixto (cualitativo y cuantitativo), se obtuvo el total de productores (10,290) de los cinco municipios con base en datos de SADER, el instrumento para obtener la información de campo fue una encuesta estructurada, se aplicó un muestreo estratificado, la ecuación para obtener la muestra (de población finita) fue la siguiente:

$$n = \frac{N * z_{\alpha}^{2} * p * q}{e^{2} * (N-1) + Z_{\alpha}^{2} * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Universo de población

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

Z= Nivel de confianza

e= Error

Se consideró una probabilidad de éxito y fracaso del 50%, un error del 6.4 % y un nivel de confianza del 90 %, obteniendo así una muestra de 164. La fórmula para obtener el muestreo estratificado fue la siguiente:

$$n_{i=}n\left(\frac{N_i}{N}\right)$$

Como resultado del muestreo estratificado el número de encuestas levantadas por municipio resulto de la siguiente forma: Calera (9), Fresnillo (108), Loreto (20), Morelos (14) y Zacatecas (13). La encuesta que se aplicó contenía tres apartados: el primero estuvo enfocado a la información general de productor o productora (dirección, edad, genero, nivel de escolaridad, principales actividades productivas, estado civil, información sobre los miembros familiares, el segundo apartado contenía ítems relacionadas con la unidad de producción (superficie total, superficie con riego, superficie con temporal, tipo de propiedad, cultivos que produce, infraestructura para la producción, variables de contexto como si cuenta con asistencia técnica, tiene apoyo de algún programa federal, pertenece a alguna organización, comercialización de su producción, problemática de la producción). Finalmente, la encuesta preguntó sobre información de contacto para la posible selección de grupos de productores interesados en participar en procesos de capacitación y desarrollo de capacidades del uso de tecnología solar para el secado y deshidratado de productos agro alimentarios.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de los productores encuestados

De los 164 productores encuestados el 97.6 % fueron hombres y 2.4 % mujeres y en el Cuadro 1 se observa la distribución de encuestados por género en cada municipio.

Cuadro 1. Frecuencia de productores entrevistados por municipio y frecuencia de genero

Variable	**Calera**	**Fresnillo**	**Loreto**	**Morelos**	**Zacatecas**
N=164	2.44	72.56	12.80	5.49	6.71
Hombres (160)	100	99.2	95.2	88.9	90.9
Mujeres (4)	0	0.8	4.8	11.1	9.1

Los productores de Calera fueron los de mayor edad promedio (61.00±12.02), en segundo lugar, fueron los productores del municipio de Morelos con 53.67±16.75 años promedio, en tercer lugar, el municipio de Fresnillo (52.89±14.06), en cuarto lugar, el municipio de Zacatecas y los productores con menor edad promedio fueron los del municipio de Loreto con 48.52 años de edad. El número de hijos promedio fluctúa entre 3 y 5 familiares, y la escolaridad en general es a nivel secundaria, el municipio de Morelos, sin embargo, cuenta con 33.3 % de productores con estudio a nivel universidad, al igual que el municipio de Loreto en el cual el 42.9 % de los productores entrevistados señalaron contar con estudios universitarios (Cuadro 2)

Cuadro 2. Variables sociodemográficas de los productores.

Municipio/Variable	**Edad**	**# de familiares**	**Escolaridad (%)**			
			1	**2**	**3**	**4**
Calera	61.00±12.02	5.00±1.63	50	0	0	50
Fresnillo	52.89±14.06	4.91±1.97	62.4	26.5	3.4	7.7
Loreto	48.52±10.21	5.19±2.42	23.8	23.8	9.5	42.9
Morelos	53.67±16.75	3.88±1.05	22.2	11.1	33.3	33.3
Zacatecas	52.27±9.71	3.54±1.96	36.4	63.6	0	0

Fuente: elaboración propia con información de la encuesta (2022).1= primaria, 2=secundaria, 3=preparatoria y 4=universidad

Conoce la tecnología de deshidratado solar

En los productores analizados se observa que 76.2 % desconoce la tecnología y/o los beneficios del secado y deshidratación de alimentos. Solo 30 productores (23.8%) contestaron que conocían la tecnología de deshidratado con tecnología solar, solo 23.8% (39 productores) contestaron que si conocían esta tecnología. El mayor porcentaje de productores con conocimiento de esta tecnología se ubicó en los municipios de Fresnillo

(15.2%) y Loreto (Figura 1). La adopción de tecnología es un proceso que requiere de la participación de diversos actores, el productor es uno de ellos y el que finalmente toma la decisión de utilizar o no una nueva tecnología (Cuevas *et al.,* 2016), por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos se requiere implementar estrategias de difusión de los beneficios del uso de energía termosolar para el deshidratado de productores agro alimentarios y a su vez, complementarlos con procesos de capacitación y transferencia de tecnología.

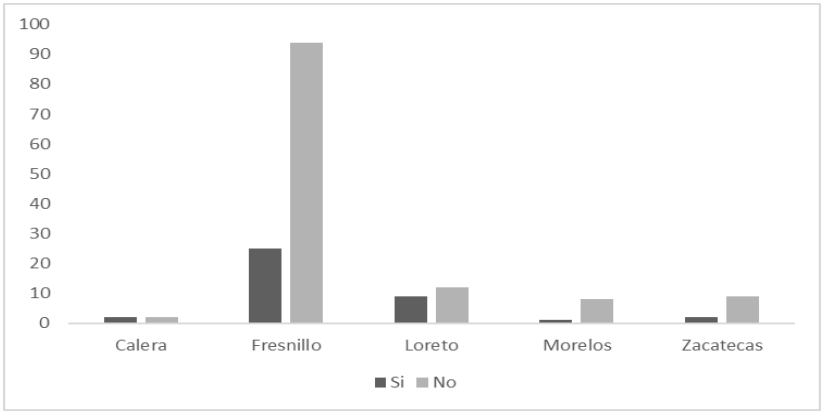


Figura 1. Conoce la tecnología de deshidratado solar

No obstante, cuando se preguntó si tenían interés en participar en proyectos de deshidratación de alimentos mediante energía solar, el 86.5 % de los productores contesto que, si tenían interés, el municipio donde mayor interés hubo fue en el de Fresnillo (Figura 2).

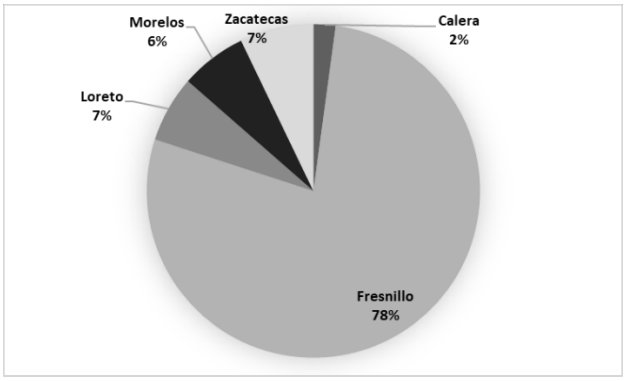


Figura 2. Frecuencia de productores que manifestaron tener interés en la tecnología solar

Factores que limitan el uso de la tecnología solar

Entre las limitantes más importantes para implementar procesos de innovación relacionados con el uso de energía termo solar para la deshidratación de productos agro alimentarios se encuentran; en primer lugar, desde la percepción del productor se requiere de alta inversión, existe el temor a sufrir pérdidas, también señalaron que el uso de esta tecnología implica mucho riesgo y desconocimiento del uso de la tecnología (Figura 3). Esto concuerda con lo planteado con Cuevas *et al.* (2016), quienes señalan que la percepción del uso de tecnología está en función de los recursos con los que cuenta el productor.

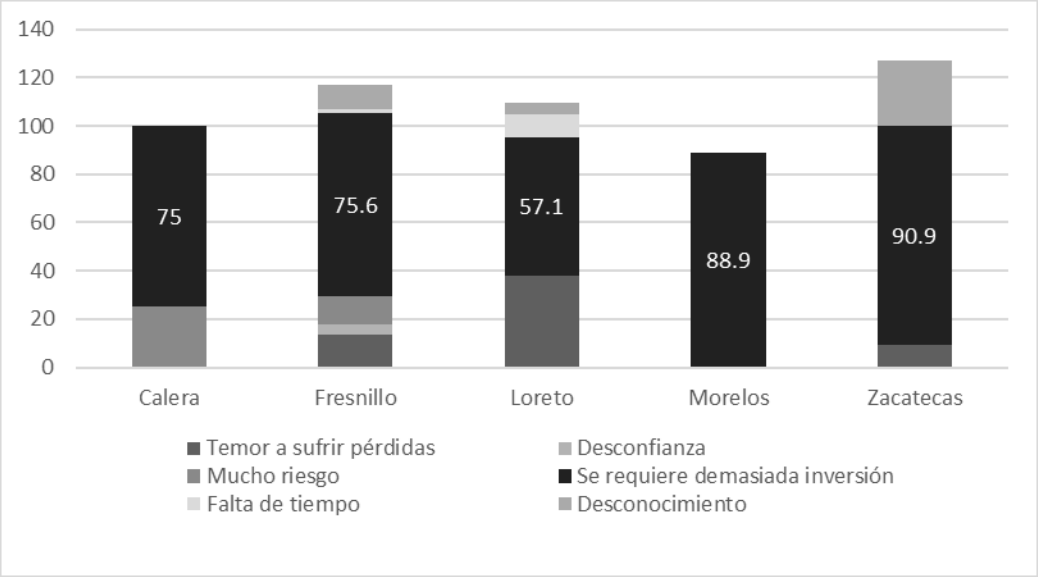


Figura 3. Factores limitantes para utilizar la tecnología solar en deshidratación de productos.

CONCLUSIONES

En los productores analizados se observa que aproximadamente el 70 % desconoce la tecnología y/o los beneficios del secado y deshidratación de alimentos. El desconocimiento que tienen los productores sobre la tecnología provoca que lo las limitantes que visualizan para su uso sea una alta inversión en adquirirla y tienen temor a sufrir pérdidas económicas. Sin embargo, el 85 % de los productores tienen interés en conocer sobre la tecnología y conocer sobre el tema de la deshidratación solar de alimentos. De tal forma que existe una gran oportunidad para identificar a estos interesados en conocer más sobre la tecnología

solar y desarrollar esquemas de capacitación y organización para buscar disminuir la perdida de almentos y mejorar a su vez el ingreso de las familias de la franja Zacatecana.

REFERENCIAS

Acosta, OIJ y Castillo TM. (2022). Modelado matemático del proceso de secado de soya con tecnologías solares en climas cálidos-húmedos. Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Autónoma de Yucatán, 26(2):15-30

Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V. H., & Aguilar-Ávila, J. (2013). Influencia del perfil de los productores en la adopción de innovaciones en tres cultivos tropicales. Teuken Bidikay, 4(4), 207-228.

Bernardino-Hernández, H. U., Mariaca-Méndez, R., Nazar-Beutelspacher, A., Álvarez-Solís, J. D., Torres-Dosal, A., & Herrera-Portugal, C. (2016). Factores socioeconómicos y tecnológicos en el uso de agroquímicos en tres sistemas agrícolas en los altos de Chiapas. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América, 41(6), 382-392.

Cuevas-Reyes, V., Baca del Moral, J., Cervantes-Escoto, F., Espinosa-García, J. A., Aguilar-Ávila, J., & Loaiza-Meza, A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 4(1), 31-46.

Cuevas-Reyes, V., Astengo, L. E., Loaiza, M. A., Antengo, C. H., Reyes, J. J. E., González, G. D & Moreno G. T. (2016). Análisis de la percepción del uso de tecnología de productores pecuarios en Sinaloa, México. Nova scientia, 8(16): 455-474.

Espinoza S. J. (2016). Innovación en el deshidratado solar. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 24(Especial), 72-80. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010

FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma. https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf

INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Zacatecas 2017.https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/ZAC_ANUARIO_PDF.pdf

Hernández-Rodríguez, J., Quinto-Diez, P., Aguilar-Aguilar, J. O., Barbosa-Pool, G. R., Razo-Pérez, W. R., & Toledo-Velazquez, M. (2019). Secado solar de chicozapote (*Manilkara zapota*). Científica, 23 (2):135-139.

Juárez-Morales, M., Arriaga-Jordán, C. M., Sánchez-Vera, E., García-Villegas, J. D., Rayas-Amor, A. A., Rehman, T. & Martínez-García, C. G. (2017). Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas para producción de leche en pequeña escala en el altiplano central mexicano. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias, 8(3), 317-324.

Melesse, B. (2018) A Review on Factors Affecting Adoption of Agricultural New Technologies in Ethiopia. J Agri Sci Food Res 9: 226.

Mishra, P. K., Upadhyay, R. G., & Upadhyay, A. D. (2018). Diagnostic analysis of technology adoption and factors influencing adoption level of tribal famers of Madhya Pradesh. Economic Affairs, 63(1), 01-07.

Rojas Gaviria, C. P. (1998). Factores físicos y socioeconómicos que explican la no adopción de tecnología moderna por el caficultor en Antioquia y Cundinamarca. Ensayos sobre Economía Cafetera, 14, 73-100.

PÉRDIDAS EN RENDIMIETO CAUSADAS POR ROYA AMARILLA EN VARIEDADES DE TRIGO HARINERO DE TEMPORAL EN VALLES ALTOS

YIELD LOSSES CAUSED BY YELLOW RUST IN BREAD WHEAT VARIETIES FOR THE HIGH VALLEYS OF MEXICO

Yerica Renata Valdez-Rodriguez[1*], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[2], Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros[1], Julio Huerta-Espino[2], Rene Hortelano-Santa Rosa[2], Salvador Carranza-Gonzalez[1].

[1]Recursos Genéticos y productividad-Genética, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

[2]Campo Experimental Valle de México, CIRCE-INIFAP, Santa Lucia, Coatlinchán, México.

***Autor por correspondencia: valdez.renata@colpos.mx**

RESUMEN

En años recientes la roya amarilla causada por el hongo *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici,* ha producido epidemias causadas por razas más agresivas y adaptadas a temperaturas más cálida y se han reportado pérdidas de hasta 84 % en variedades susceptibles. El objetivo del presente fue determinar las pérdidas en rendimiento causadas por roya amarilla en siete variedades de trigo harinero liberadas para siembras de temporal en los Valles Altos de México. Se evaluaron las variedades siete variedades bajo condiciones de temporal, con un diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados con dos repeticiones en un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con y sin aplicación de fungicida Folicur a una dosis de 0.5 L ha^{-1} en las localidades de Terrenate, Nanacamilpa y Madero, Tlaxcala, y Juchitepec y Tenango del Aire, México. Se registraron cuatro variables y se calculó área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). La roya amarilla causó pérdidas en las variedades de 305 a 2535 kg ha^{-1} (de 5 a 54 %), la variedad Terre F2022 tuvo el valor más bajo de ABCPE y menor diferencia en rendimiento al comparar tratamientos con fungicida y sin fungicida.

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici,* pérdidas de rendimiento.

ABSTRACT

In recent years, yellow rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, has produced epidemics caused by more aggressive races and adapted to warmer temperatures, losses of up to 84 % have been reported in susceptible varieties. The objective of this study was to determine yield losses caused by yellow rust in seven bread wheat varieties released for rainfed plantings in the High Valleys of Mexico. The seven varieties were evaluated under rainfed conditions, with a complete block design with randomized treatments with two repetitions in a treatment arrangement in divided plots, with and without application of Folicur fungicide at a dose of 0.5 L ha-1 in the towns of Terrenate, Nanacamilpa and Madero, Tlaxcala, and Juchitepec and Tenango del Aire, Mexico. Four variables were recorded and the area under the disease progress curve was calculated. Yellow rust caused losses in the varieties from 305 to 2535 kg ha-1 (from 5 to 54 %), the variety Terre F2022 had the lowest area under the disease progress curve value and the least difference in yield when comparing treatments with and without fungicide.

Key words: *Triticum aestivum* L., *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici,* yield loss.

INTRODUCCIÓN

La región de Valles Altos en la Mesa Central produce el 55 % del trigo de temporal en México (CANIMOLT 2021), donde el cultivo enfrenta diversos factores que afectan su producción, como es el caso de la roya amarilla causada por el hongo *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* que, en años recientes ha producido epidemias causadas por razas más agresivas y adaptadas a temperaturas más cálidas (Hovmøller *et al*. 2016). En el ciclo Verano 2014, en esa región se presentó una raza que venció la resistencia de las variedades más sembradas (Ramírez *et al*., 2016), reportándose pérdidas de hasta 84 % en variedades susceptibles (Díaz-Ceniceros *et al.,* 2018). Ante esto, los productores deben realizar aplicaciones de fungicidas que limiten la infección inicial y la progresión de la enfermedad, y/o cultivar variedades con resistencia genética al patógeno. El objetivo del presente fue determinar las pérdidas en rendimiento causadas por roya amarilla en siete variedades de trigo harinero liberadas para siembras de temporal en los Valles Altos de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo Primavera-Verano 2022 se evaluaron las variedades Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Altiplano F2007, Nana F2007, Valles F2015, Texcoco F2016 y Terre F2022 bajo condiciones de temporal.

Se utilizó el diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados (DBCTA) con dos repeticiones en un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con y sin aplicación de fungicida en las localidades de Terrenate, Nanacamilpa y Madero, Tlaxcala, y Juchitepec y Tenango del Aire, México. La parcela experimental fue de 4 hileras separados a 0.30 m con una longitud de 3 m y con densidad de siembra de 120 kg /ha. Se usó el fungicida Folicur a una dosis de 0.5 L ha^{-1} y el coadyuvante Break Thru® a una dosis de 0.25 L ha^{-1}, la aplicación se realizó durante las etapas de espigamiento a floración. Durante el desarrollo del cultivo se registraron las variables días a espigamiento (DF), días a madurez fisiológica (MF), altura de planta en cm (AP), rendimiento de grano kg/ha (REND) y se calculó área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), para lo cual se registraron tres lecturas de severidad de roya amarrilla tomadas cada ocho días, una vez que se presentaron los primeros signos del hongo. El análisis de datos se realizó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analisys System 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las perdidas en rendimiento causado por la roya amarilla están relacionadas por la disminución en el ciclo del cultivo, así como en la disminución de la altura, biomasa y llenado del grano que repercute en el rendimiento de grano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias de variables entre tratamientos en siete variedades de trigo harinero de temporal, ciclo P-V/2014 en Valles Altos del Centro de México.

	FUNGICIDA			
VARIABLE	CON	SIN	DIF	Tukey (DMS)
DF	64.8a	64.6b	0.23	1.10E-16
MF	122.5a	119.2b	3.28	2.54
AP	90.3a	89.9a	0.40	6.17
REND	5311.5a	4366.3b	945.21	146.51
ABCPE	60.2b	322.9a	-262.74	103.12

DF = días a espigamiento; MF = días a madurez fisiológica; AP = altura de planta; REND = rendimiento de grano; ABCPE = área bajo la curva del progreso de la enfermedad; DMS = diferencia mínima significativa.

En el Cuadro 2 se observa que la roya amarilla causó pérdidas en las variedades de 305 a 2535 kg ha^{-1}. Nana F2007 fue la variedad más susceptible a roya amarilla y presentó pérdidas de 55.2 %, mientras que, para la variedad más resistente, que fue Terre F2022, las pérdidas fueron del 5 %. El incremento de la severidad a través del ciclo de cultivo provocó que el área bajo la curva del progreso de la enfermedad fuera mayor (Cuadro 2), y por lo tanto en variedades susceptibles la pérdida del rendimiento fuera de mayor magnitud.

Altiplano F2007, Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000 tuvieron un valor de ABCPE similar sin fungicida, sin embargo, Altiplano F2007 rindió cerca de 100 kg/hade diferencia y esto puede atribuirse a la tolerancia que presenta dicha variedad a la roya amarilla (Cuadro 2). Texcoco F2016 y Valles F2015 tuvieron rendimientos semejantes con y sin fungicida, pero el valor del ABCPE en Valles F2015 fue casi el doble que Texcoco F2016, lo que indica que la presencia de la roya amarilla afecta menos a Valles F2015. Terre F2022 tuvo el valor más bajo de ABCPE y menor diferencia en rendimiento al comparar tratamientos con fungicida y sin fungicida. La información anterior es de utilidad para la toma de decisiones para los productores de trigo del altiplano mexicano antes de inicio del ciclo de producción.

Cuadro 2. Comportamiento en rendimiento y área bajo la del progreso de la enfermedad (ABCPE) en las con y sin fungicida en cinco localidades de Valles Altos del Centro de México, ciclo P-V/2014.

Variedad	ConFun		SinFun		Diferencia	
	REND	ABCPE	REND	ABCPE	REND	ABCPE
Altiplano F2007	5206.2	46.8	4388.8	328.8	817.4	-282.0
Nana F2007	4589.6	133.2	2054.2	792.0	2535.4	-658.8
Rebeca F2000	5493.1	73.2	4572.3	348.8	920.8	-275.6
Terre F2022	6073.4	17.6	5767.6	34.4	305.7	-16.8
Texcoco F2016	5379.0	32.0	4817.5	154.8	561.5	-122.8
Tlaxcala F2000	4889.3	72.8	3979.0	348.8	910.3	-276.0
Valles F2015	5549.8	45.6	4984.5	252.8	565.3	-207.2

ConFun = Con fungicida; SinFun = sin fungicida; DF = días a espigamiento; MF = días a madurez fisiológica; AP = altura de planta; REND = rendimiento de grano; ABCPE = área bajo la curva del progreso de la enfermedad;

La variedad o Terre F2022 presentó el mayor rendimiento promedio de las cinco localidades, mostrando una diferencia entre 653 a 2599 kg ha^{-1} con el resto de las variedades y siendo estadísticamente diferente; la variedad es de ciclo corto comparada con Altiplano F2007 y Rebeca F2000, e incluso con Valles F2015, convirtiéndose en una excelente opción para ser cultivada en la región de los Valles Altos de México, donde la principal limitante de producción son las escasas precipitaciones, reducción del ciclo de cultivo y el ataque constante de la roya amarilla.

Cuadro 3. Medias de variables en variedades de trigo harinero de temporal en los Valles Altos del Centro de México, Ciclo P-V/2014.

Variedades	DF	DM	AP	REND	ABCPE
Terre F2022	63.7c	119.65cd	90.5ab	5920.5a	26d
Valles F2015	65.9b	122.95b	90.35ab	5267.2b	149.2bc
Texcoco F2016	62.6d	118.75d	89.65abc	5098.3bc	93.4cd
Rebeca F2000	68.8a	126.60a	88.60bc	5032.7bc	211b
Altiplano F2007	66.5b	122.25b	92.20a	4797.5cd	187.8b
Tlaxcala F2000	63.4c	119.75c	92.35a	4434.2d	210.8b
Nana F2007	61.9d	115.95e	86.85c	3321.9e	462.6a
Tukey (DMS)	0.745	0.927	2.97	384.78	67.94

DF = días a espigamiento; MF = días a madurez fisiológica; AP = altura de planta; REND = rendimiento de grano; ABCPE = área bajo la curva del progreso de la enfermedad; DMS = diferencia mínima significativa.

CONCLUSIONES

Las pérdidas en rendimiento causadas por roya amarilla en trigo en la región de Valles Altos fueron de 5 a 54 %. La resistencia genética presente en las variedades disponibles para la región de los Valles Altos permite reducir la perdida de rendimiento. Lo anterior refleja la importancia del trabajo continuo en los programas de mejoramiento para hacer frente a la constante evolución del hongo causante de roya amarilla.

BIBLIOGRAFIA

CANIMOLT, Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo. 2015. Compendio estadístico 2017-2021. México.166 p.

Díaz Ceniceros, H. L., Leyva Mir, S. G., Villaseñor Mir, H. E., Vargas Hernández, M., Hortelano Santa Rosa, R., Valdez Rodríguez, Y. R., & Martínez Cruz, E. 2018. Control químico de la roya lineal en diferentes etapas de desarrollo del trigo en Terrenate, Tlaxcala. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(5), 1067-1074.

Hovmøller, M. S., Walter, S., Bayles, R. A., Hubbard, A., Flath, K., Sommerfeldt, N., ... & de Vallavieille-Pope, C. 2016. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. Plant Pathology, 65(3), 402-411.

Ramírez, V. J.; Hortelano S. R.; Villaseñor, M. H. E.; López H. E.; Martínez C. E. y Espitia, R. E. 2016. Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. Rev. Mex. de Cienc. Agric. 7(3):655-667.

POTENCIAL DE ESPORULACIÓN DE AISLADOS DE *BOTRYTIS CINEREA* OBTENIDOS DE FLOR Y FRUTO DE FRAMBUESA

Alejandra Jessica Camacho Alonso[1]*, Guillermo Márquez Licona[1], Alma Rosa Solano Báez[1], Luis Francisco Salome Abarca[2], Rodolfo Figueroa Brito[1]

[1] Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8, Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, CP 62731, México.[2] Departamento de Biotecnología y Bioquímica, CINVESTAV-Unidad Irapuato

*Autor de correspondencia: acamacho2200@alumno.ipn.mx

RESUMEN

El cultivo de la frambuesa sigue una tendencia de crecimiento debido a sus múltiples usos en los sectores farmacéutico y alimenticio, en México es un cultivo de exportación que genera 713 millones de dólares anualmente, por lo que el cuidado de la calidad del fruto es de suma importancia. Uno de los patógenos con mayor índice de pérdidas en pre y poscosecha de esta frutilla es *Botrytis cinerea*, por ello que previo a proponer estrategias de manejo para este patógeno, es necesario analizar el comportamiento *in vitro* de una un conjunto de aislados. Por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar el potencial de esporulación de aislados obtenidos de flor y fruto de frambuesa. Para determinar el potencial de esporulación los aislados ya purificados se sembraron en diferentes medios de cultivo, donde se observó la morfología de la colonia describiéndolas mediante claves taxonómicas especializadas a los siete y catorce días después de la siembra. De acuerdo a las observaciones el medio de cultivo donde hubo mayor presencia de esporulación fue el medio PAM. Los aislados con mayor presencia de esporulación fueron los provenientes de fruto.

Palabras clave: moho-gris, medios-cultivo, inducción- esporulación, morfología

ABSTRACT

Raspberry cultivation follows a growth trend due to its multiple uses in the pharmaceutical and food sectors, in Mexico it is an export crop that generates 713 million dollars annually, so care for the quality of the fruit is of the utmost importance. importance. One of the pathogens with the highest rate of pre- and post-harvest losses of this strawberry is Botrytis cinerea, therefore, prior to proposing management strategies for this pathogen, it is

necessary to analyze the in vitro behavior of a set of isolates. Therefore, the objective of this research was to determine the sporulation potential of isolates obtained from raspberry flower and fruit. To determine the sporulation potential, the already purified isolates were sown in different culture media, where the morphology of the colony was observed, describing them using specialized taxonomic keys seven and fourteen days after sowing. According to the observations, the culture medium where there was a greater presence of sporulation was the PAM medium. The isolates with the highest presence of sporulation were those from the fruit.

Key words: mold-grey, media-culture, induction-sporulation, morphology

INTRODUCCIÓN

La frambuesa (*Rubus idaeus*) es una planta que pertenece a la familia Rosáceas, originaria del mediterráneo oriental (Graeme *et al*., 2011). Este cultivo ha tenido una gran demanda en los últimos años debido a sus propiedades organolépticas y nutricionales, por lo que sus principales usos se agrupan en el sector farmacéutico y alimenticio (Seeram, 2008). Las principales propiedades medicinales son su actividad antioxidante, anticancerígena, anti-neurodegenerativa y anti-inflamatorio. Dentro de las propiedades nutritivas destacan su alto contenido de vitamina C, hierro, ácido fólico, potasio y compuestos fenólicos (Albuquerque *et al.,* 2018).

Los cinco países productores de esta frutilla con mayor importancia a nivel mundial de acuerdo a la FAO (2022) son: la federación rusa (165.800 t/año), en segundo lugar México (130.187 t/año), seguido de Serbia (127.010 t/año), en cuarto lugar, Polonia (115.613 t/año) y en quinto lugar Estados Unidos de América (99.250 t/año). A nivel nacional, en México los principales estados productores son Jalisco (104 mil t/año), seguido de Michoacán (28 mil t/año) y Baja California (10 mil t/año); convirtiéndose en el 3er producto agrícola con mayor exportación (SIAP, 2019). El cultivo de la frambuesa sigue una tendencia de crecimiento debido a que representa un cultivo de exportación que genera en México 713 millones anuales (SIAP, 2019), por lo que el cuidado de la calidad del fruto es de suma importancia.

Las condiciones climáticas óptimas para la producción de frambuesa son; temperatura de entre 14-19°C, humedad relativa del 60 a 70 %, este porcentaje disminuye al 40 % en el momento de la cosecha, también suelos con alto contenido de materia orgánica y menor contenido de arcillas, que presenten buen drenaje (Morales *et al.* 2017). La planta de

frambuesa es un arbusto bianual, en el primer año desarrolla crecimiento vegetativo y en el segundo se presenta la floración y fructificación. Debido a las adaptaciones de producción en el territorio mexicano se ha logrado que se tenga dos temporadas de producción de este cultivo; la primera en primavera (marzo-abril) y la más abundante en otoño (septiembre-octubre). Dependiendo de las condiciones climáticas y la variedad que se esté manejando este periodo puede presentarse antes de lo mencionado.

Los principales problemas fitosanitarios de la frambuesa, se encuentran los fitófagos, *Drosophila susukii* (mosca del vinagre o mosca de alas manchadas) y *Tetranychus urticae* (araña roja). En cuanto a enfermedades en el cultivo del frambueso se pueden dividir en diferentes grupos dependiendo del órgano al cual afecten, las principales enfermedades para el fruto son Mildiu (*Peronospora sp*.), Antracnosis (*Elsinoe veneta*) y Botritis o moho gris (*Botrytis cinerea*) (Delbrige y Rogers, 2021; Morales y France, 2017). Uno de los patógenos con mayor índice de pérdidas en pre y poscosecha de esta frutilla es *Botrytis cinerea*, con pérdidas que van desde el 20 al 25% de frutos en el almacenamiento (Kozhar y Peever, 2018)

La principal estrategia para el manejo de estos problemas es el uso de moléculas de síntesis química, al aumento de la demanda y producción de este fruto ha generado que las cantidades de estos productos vaya en aumento año con año. El uso continuo de estas sustancias y su modo de acción similar han provocado resistencia en los organismos objetivo lo que ha provocado que el manejo de estos tenga una mayor dificultad (Alzohairy *et al*., 2021; Grabke *et al*., 2013).

El uso excesivo de plaguicidas también afecta en el ámbito social específicamente en la salud pública; ya que algunas sustancias pueden provocar intoxicaciones a corto plazo y con una exposición a largo plazo puede producir daños al sistema nervioso, malformaciones congénitas, cáncer, mutagenicidad, alteraciones reproductivas, así como síntomas persistentes de malestares en general (Cortés *et al.,* 2008). Debido a estas problemáticas es necesario el uso de alternativas amigables con el ambiente, que garanticen la inocuidad y calidad de los frutos, que a su vez permitan una mayor vida de anaquel.

Sin embargo, para generar nuevas propuestas de manejo es necesario realizar pruebas *in vitro* y por consiguiente se debe analizar un conjunto de aislados con amplia capacidad de esporulación. Debido a esto el objetivo de esta investigación fue analizar la diferencias

culturales y de esporulación en medios de cultivo naturales de aislados de *Botrytis cinerea* obtenidos de flor y fruto de frambuesa.

MATERIALES Y METODOS

En el mes de noviembre de 2022 se recolectaron muestras de plantas de frambuesa de flor y fruto con síntomas de Moho gris en, Sayula, Ciudad Guzmán y Zapotitlán, Jalisco. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional y se procesaron obtener aislados del hongo de interés. De cada muestra recolectada se seleccionaron 12 frutos, los cuales se desinfestaron en una solución de hipoclorito al 1.5% por 2 min, más un triple lavado con agua destilada estéril.

Los frutos desinfestados se colocaron sobre papel secante estéril para eliminar el exceso de agua. Posteriormente, los frutos se transfirieron a cámaras húmedas hechas en recipientes tipo bisagra que contenían papel secante estéril humedecido con agua destilada estéril. Las cámaras húmedas se incubaron a 4°C, con revisiones cada 24 h para detectar la aparición de los signos del patógeno. La recuperación del hongo se realizó raspando el fruto esporulado con un asa bacteriológica, se realizó una suspensión conidial, una vez que se obtuvieron cultivos monosporicos se transfirieron a cajas de Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar natural adicionado con ácido láctico (0.1%, v/v) y se incubaron a 22°C por 36 h, se seleccionaron las colonias que cumplían las características del patógeno para su identificación.

Para la caracterización cultural se utilizó la metodología modificada de Li *et al*., 2012, Ferrada *et al*., 2016, y Harper (2019), sembrando en diferentes medios de cultivo, PAM (Pea Agar Medium), PDA (Papa Dextrosa Agar) y KMB (King´s Medium B), incubados por 7 días a 20 °C, 30 días a 5°C y 30 días a 20°C por triplicado. Se tomaron fotografías a los siete y catorce días a cada una de las colonias para caracterizarlas por claves taxonómicas, donde se evaluaron las características culturales de las colonias. Se les asigno un código de la colección taxonómica del Laboratorio de Fitopatología del CEPROBI.

RESULTADOS

Dentro de los 33 aislados purificados de las colectas, se encuentran 10 aislados provenientes de flores. En la caracterización cultural de los aislados se observaron diferentes comportamientos entre los diferentes aislados y los medios en los cuales se desarrollaron. Con diferentes tiempos de esporulación y coloración entre los medios. Aunque se maneja que la infección de *B. cinérea,* proviene de las flores en la muestra que se realizó en estos tres municipios se observó que menos del 30% de los aislados purificadas provienen de flores, por lo que esta afirmación podría no ser tan acertada como los menciona Kozhar O. y Peever T. (2018).

En el medio PDA de los aislados de flor se observó un crecimiento cóncavo con márgenes elevados y radialmente con bordes completos y con una coloración blanquecina como se puede observar en la Figura 1, el cual coincide con lo reportado por Li *et al*., 2012 presentando tres aislados esporulación a los siete días después de la siembra y formación de esclerocios en dos de ellos, tal como menciona Ferrada *et al*., 2016. En los aislados de frutos se observó el mismo tipo de crecimiento que el observado en los de flor, con la diferencia que en 8 de los aislados se presentó esporulación, en ninguno de ellos se observó la formación de esclerocios, la coloración fue del blanquecino a un tono amarillento.

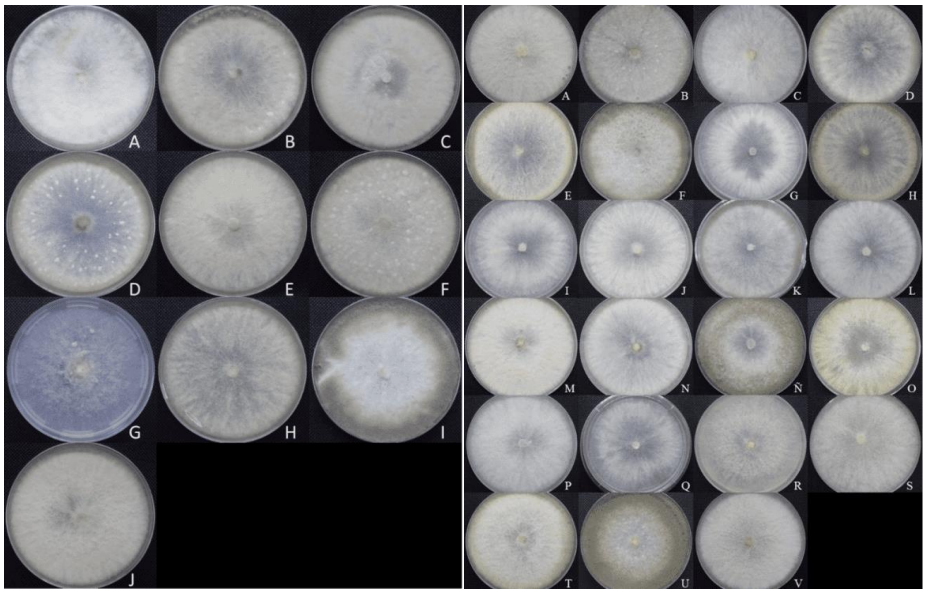


Figura 1. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor y fruto en medio PDA a los 7 días después de la siembra (DDS), (apartado 1: A: IPN 10.0132, B: IPN 10.0133, C: IPN 10.0137, D: IPN 10.0138, E: IPN 10.0139, F: IPN 10.0140, G: IPN 10.0146, H: IPN

10.0147, I: IPN 10.0148 y J: IPN 10.0149; apartado 1´: A:IPN 10.0118, B:IPN 10.0119, C:IPN 10.0120, D:IPN 10.0121, E:IPN 10.0122, F:IPN 10.0123, G:IPN 10.0124, H:IPN 10.0125, I:IPN 10.0126, J:IPN 10.0127, K:IPN 10.0128, L:IPN 10.0129, M:IPN 10.0130, N:IPN 10.0131, Ñ:IPN 10.0134, O:IPN 10.0135, P:IPN 10.0136, Q:IPN 10.0141, R:IPN 10.0142, S:IPN 10.0143, T:IPN 10.0144. U: IPN 10.0145 Y IPN 10.0150).

A los 14DDS se realizó el seguimiento de los aislados, en los que provenían de flor se encontró un aislado con esporulación y formación de esclerocios adicional a los encontrados a los 7dds, en los aislados provenientes de fruto se formaron esclerocios en tres de los aislados que no habían presentado esporulación.

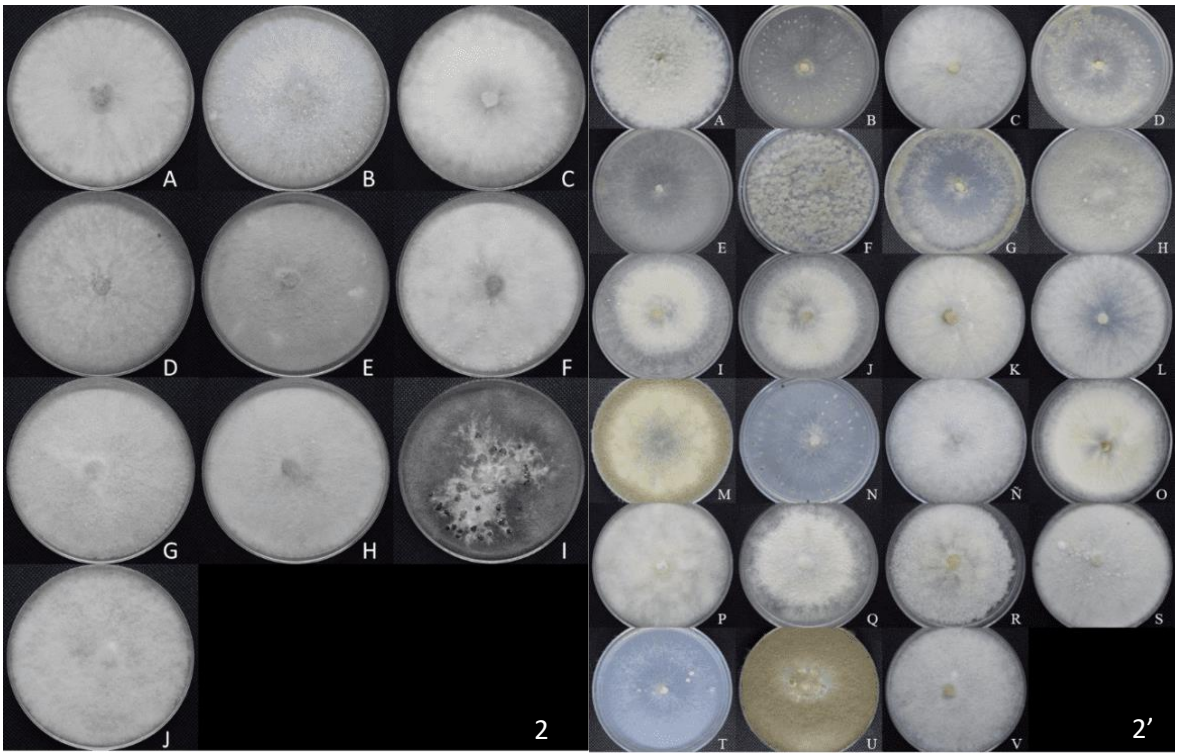


Figura 2. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor y fruto en medio PDA a los 14DDS.

En el caso del medio PAM que es un medio rico en nutrientes y azucares se encontró en los aislados de flor un crecimiento elevado con borde cóncavo, con bordes completos, con una coloración verdosa y esporulación de cuatro aislados a los 7 DDS. En este caso una de las colonias presento un crecimiento con rizoides, que solo se presentó en este medio de cultivo (Figura 2 inciso B), los resultados son similares a los reportados por Li *et al*., (2012) y Ferrada *et al*., (2016) En el caso de los aislados provenientes de fruto se encontró

una mayor heterogeneidad en la forma de crecimiento, se encontraron ocho aislados con esporulación y un aislado con formación de esclerocios.

Los aislados de flor después de los 14dds se presentaron esclerocios en dos de los aislados (Figura 3, B y D), en los provenientes de fruto se observó la esporulación de un aislado y la formación de esclerocios en un aislado más.

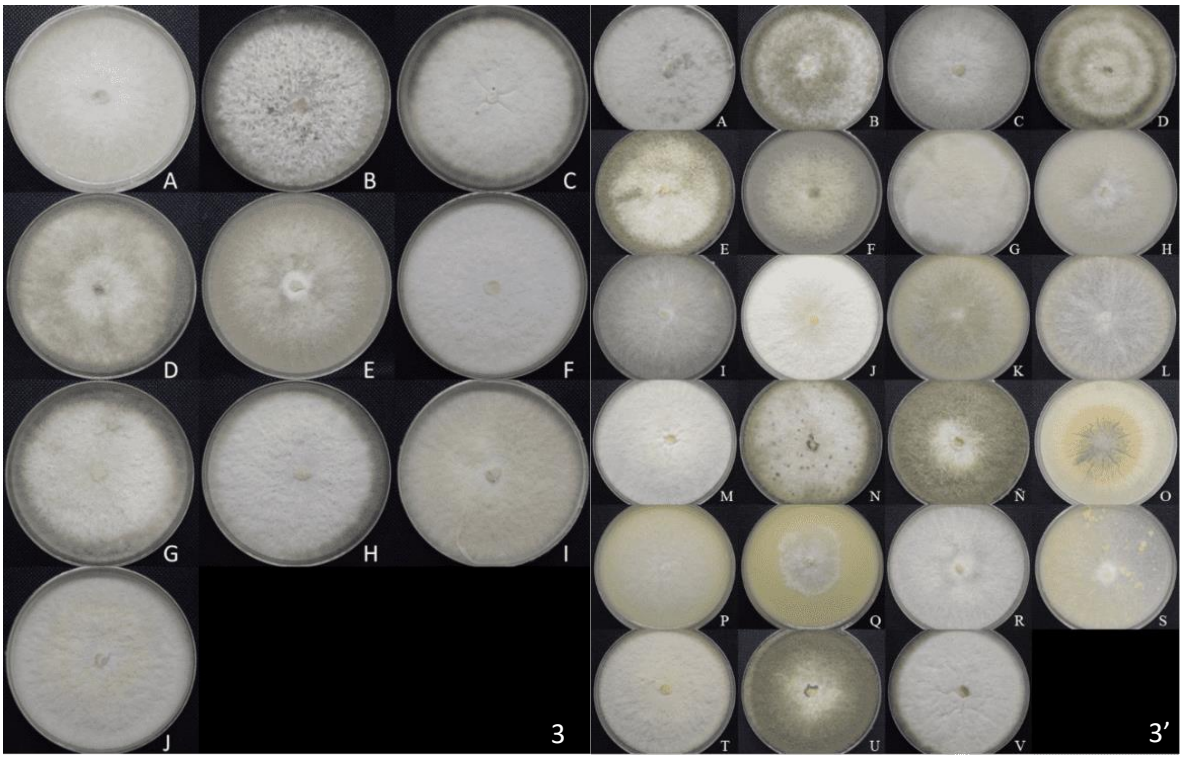


Figura 3. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor y fruto en medio PAM a los 7DDS.

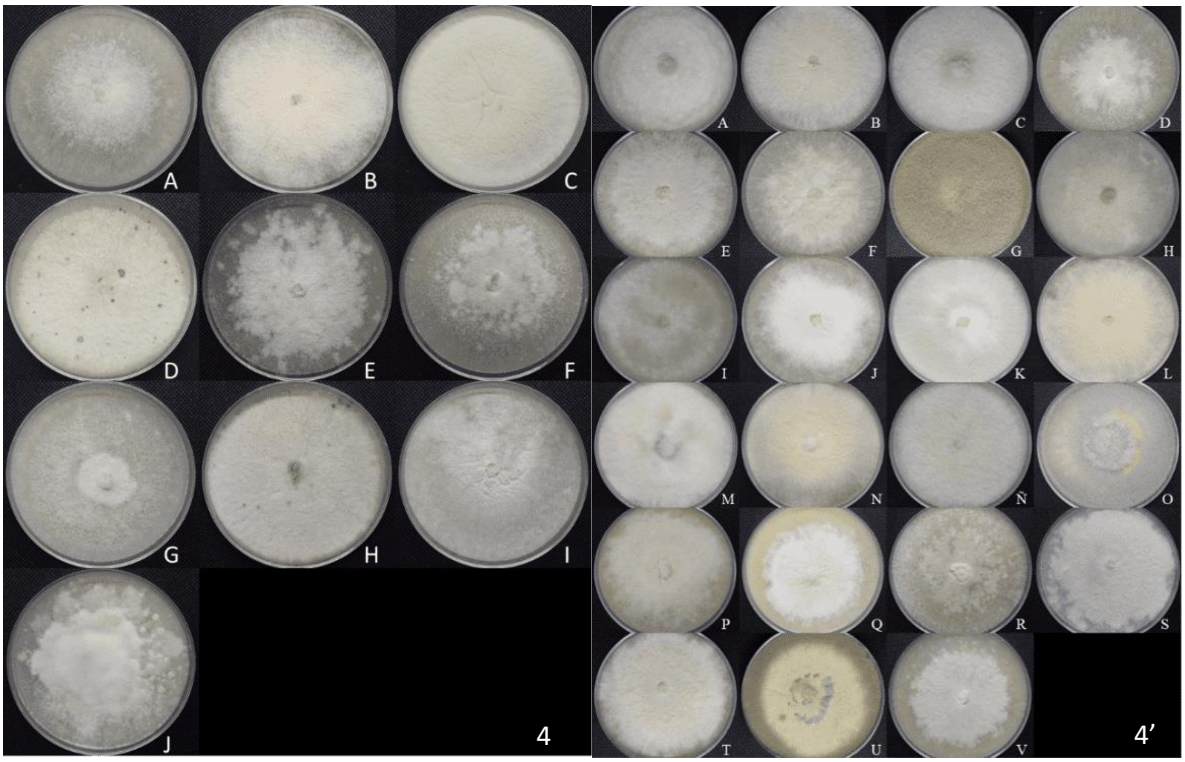


Figura 4. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor y fruto en medio PAM a los 14DDS.

En el medio de cultivo KMB los aislados de flores tuvieron un comportamiento similar al de PDA, teniendo un crecimiento radial con bordes completos con la diferencia que las colonias tuvieron un comportamiento más plano con una coloración más blanquecina, con poca presencia de micelio y esporulación en una sola de los aislados (Figura 5. F), en el caso del aislado IPN 10.0133, presento un crecimiento diferente a los demás aislados y a los otros dos medios en los cuales se sembró, es la única de los aislados que presenta estas diferencias, por lo cual se harán otras pruebas para poder determinar si es una especie de *Botrytis cinerea.* En los aislados de fruto se encontraron dos tipos de crecimiento; el primero es plano con bordes completos poca presencia de micelio y el segundo tipo de crecimiento que se pudo apreciar es con mayor relieve, bordes completos y un mayor crecimiento de micelio con una coloración más blanquecina. En ninguno de los dos casos se desarrollaron esclerocios. A los 14dds se observó la esporulación de un aislado de flor (Figura 6. H); en los provenientes de fruto se observó la formación de esclerocios en cinco aislados (Figura 6´., L, P, Q, U y V).

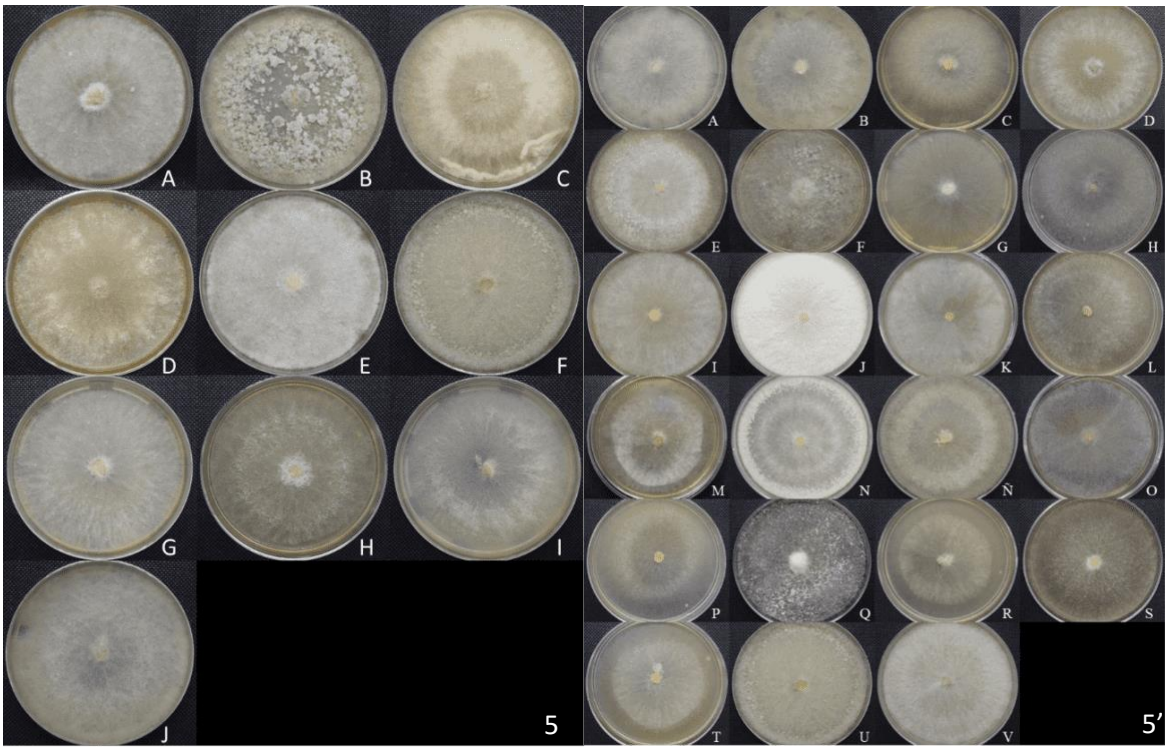


Figura 5. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor en medio KMB a los 7DDS.

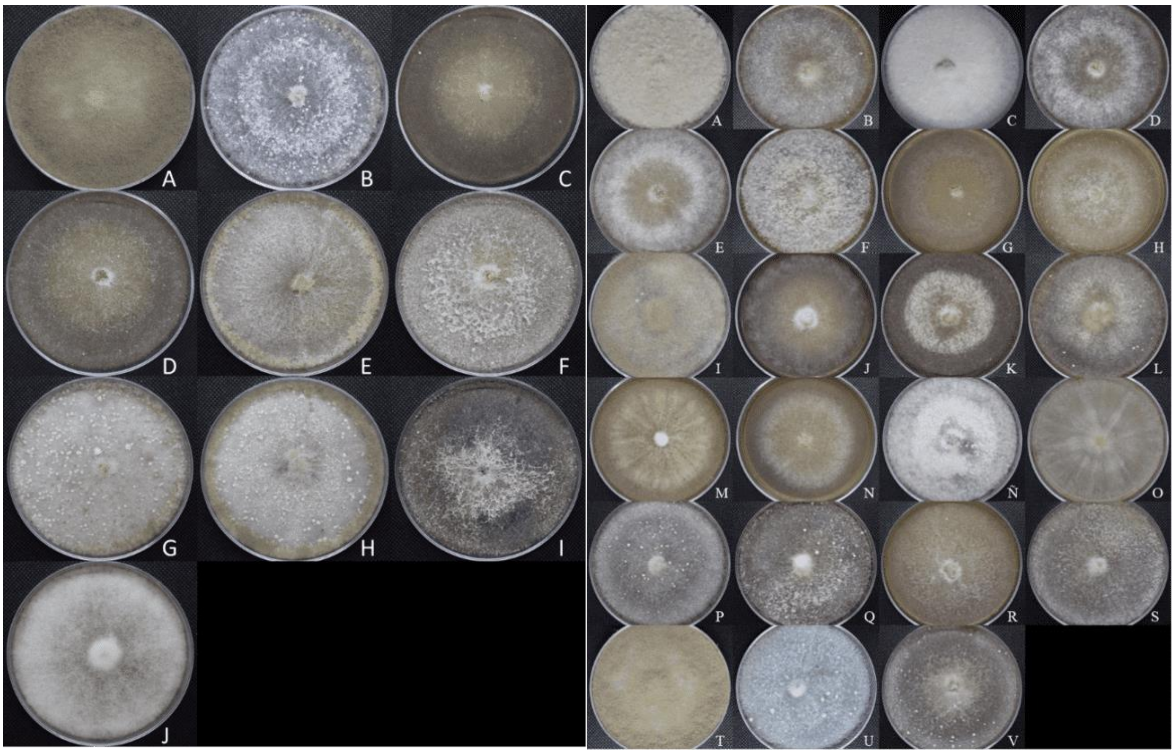


Figura 6. Crecimiento micelial de los aislados provenientes de flor en medio KMB a los 14DDS.

CONCLUSIONES

La mayor presencia de esporulación se encontró en los aislados provenientes de fruto por lo que se puede inferir que tendrían una mayor diseminación y por lo tanto mayor virulencia que aquellos aislados de flor. Las pruebas de patogenicidad se realizarán para determinar cuáles son los aislados con mayor virulencia. El medio de cultivo donde se observó una mayor presencia de esporulación fue el medio PAM. Se debe realizar otra técnica de identificación, como podría ser la molecular, para poder determinar si todos los aislados pertenecen a la especie de *Botrytis cinerea* o nos encontramos con especies cripticas o aplotipos de esta especie, ya que la mayoría de los aislados se comportaron de una manera similar.

REFERENCIAS

Albuquerque, T. G., Mafalda Alexandra Silva, P.P, B., Costa, H. S. (2018). *Analysis, Identification, and Quantification of Anthocyanins in Fruit Juices*. Capítulo 34. Pp. 693–737. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802230-6.00034-5

Delbridge R., Rogers D. (2021) Guide to insect & disease management in raspberry. Nova Scotia Guide to Pest Management in Raspberry. Pp 1-21

Ferrada E., Latorre B., Zoffoli J., and Castillo A. (2016). Identification and characterization of botrytis blossom blight of japanese plums caused by *Botrytis cinerea* and *B. Prunorum* sp. nov. in Chile.106(2):155-65. doi: 10.1094/PHYTO-06-15-0143-R.

Graeme T., Denham A., Whitelegg M. (2011). Rubus idaeus, raspberry. pp 271-282 https://www.researchgate.net/publication/301104467_Rubus_idaeus_raspberry

Harper L. A., Derbyshire M. C. and Lopez-Ruiz F. J. (2019). Identification and characterization of Botrytis medusae, a novel cryptic species causing grey mould on wine grapes in Australia. Plant Pathology 68, 939–953. https://doi.org/10.1111/ppa.13005.

Kozhar O. y Peever T. (2018) How does Botrytis cinerea infect red raspberry? Phytopathology. 108:1287-1298. https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-18-0016-R

Li X., Kerrigan J., Chai W., Schnabel G. (2012) Botrytis caroliniana, a new species isolated from blackberry in South Carolina. Mycologia, 104(3), 2012, pp. 650–658. DOI: 10.3852/11-218. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/221814799

Morales G., Riquelme J., Hirzel J., France A., Pedreros A., Uribe H. Abarca P., (2017). Instituto de Desarrollo Agropecuario -Instituto de Investigaciones Agropecuarias BOLETÍN INIA / N° 07. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/10196/course/section/1616/Manual%20Frambuesa.pdf

Seeram, N.P. (2008) Berry Fruits: Compositional Elements, Biochemical Activities, and the Impact of Their Intake on Human Health, Performance, and Disease. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 627- 629. http://dx.doi.org/10.1021/jf071988k

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L, EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Genovevo Ramírez-Jaramillo[1], Jorge H. Ramírez-Silva[1], Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[2*]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México, [2]Campo Experimental Mocochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mocochá, Yucatán, México.

Email: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la Península de Yucatán el consumo del frijol juega un papel fundamental en la dieta de la población de los tres estados que la conforman (Campeche, Quintana Roo y Yucatán), en sus diferentes géneros y especies que existen en la región como *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus vulgaris* L y *Vigna unguiculata* L., entre otros. Por la importancia que tiene *P. vulgaris* como alimento y fuente de proteína vegetal para la alimentación del mexicano en general y de la población de la Península de Yucatán en particular, se consideró como principal objetivo de este estudio el conocer y delimitar espacialmente las zonas de alto y mediano potencial para frijol común en la Península. Se utilizaron bases de datos de clima y suelos las cuales se procesaron en el Sistemas de Información Geográfica QGIS Biatowiza 3.22 de Licencia Libre a través de intersecciones y algebra de mapas, teniendo como información inicial, los requerimientos agroecológicos óptimos que requiere el cultivo, por ciclo para desarrollarse bajo condiciones de temporal. En base a la metodología empleada se determinó que en la Península de Yucatán existen más de 54 mil hectáreas de alto potencial para frijol común bajo condiciones de temporal y más de 290 mil de mediano potencial.

Palabras clave: Regionalización, Leguminosa, SIG.

ABSTRACT

In the Yucatan Peninsula, bean consumption plays a fundamental role in the diet of the population of the three states that make it up (Campeche, Quintana Roo and Yucatan), in its different genera and species that exist in the region such as *Phaseolus lunatus* L.,

Phaseolus vulgaris L. and *Vigna unguiculata* L., among others. Due to the importance of P. vulgaris as food and a source of vegetable protein for the diet of Mexicans in general and of the population of the Yucatan Peninsula in particular, the main objective of this study was considered to know and delimit spatially the areas of high and medium potential for common beans in the Peninsula. Climate and soil databases were used, which were processed in the Free License QGIS Biatowiza 3.22 Geographic Information Systems through intersections and map algebra, having as initial information the optimal agroecological requirements required by the crop, per cycle. To develop under storm conditions. Based on the methodology used, it was determined that in the Yucatan Peninsula there are more than 54 thousand hectares of high potential for common beans under rainfed conditions and more than 290 thousand of medium potential.

Keywords: Regionalization, Legume, GIS.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol común es un producto estratégico en el desarrollo rural de México, debido a que es el segundo producto agrícola en importancia, tanto en lo que se refiere a superficie como a productores dedicados a su cultivo, solo después del maíz; además de la gran demanda que tiene en México, el aporte de proteína de excelente calidad y otros componentes con impactos benéficos para la salud y la buena nutrición de la población.

En México, es un cultivo tradicional y se le encuentra en todas las regiones agrícolas del país, ya que se siembra en 1,690 246.99 ha con alrededor del 88% bajo condiciones de temporal (SIAP, 2021). La demanda es casi universal e incluye diversas clases de frijol, con excepción de las regiones del trópico húmedo y del pacífico norte, donde se tienen preferencias por los frijoles negros pequeños y opacos en la primera, y por los frijoles tipo peruano en la segunda.

La mayor parte de la producción se obtiene en los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Guanajuato, Chiapas, San Luís Potosí y Puebla, siendo de mayor relevancia en los primeros cinco a juzgar por la vocación, superficie, número de productores y volumen de producción, sin dejar de ser importante en el resto de los estados donde se establece en pequeñas superficies, que en mucho contribuyen al abasto local por el simple hecho de reducir su demanda externa.

En el caso de la Península de Yucatán las siembras con frijol se realizan en pequeñas superficies y por lo general entre agosto y septiembre, la cual puede prolongarse hasta octubre. La superficie sembrada en temporal en 2021, fueron 1,346 hectáreas en Campeche, 475 en Quintana Roo y 356 en Yucatán. Las siembras de frijol común, por lo general las han implementado en esta región como un cultivo emergente, para apoyar a los productores a los que se les siniestro su cultivo de maíz. Los rendimientos por hectárea actualmente son muy bajos (260 a 500 Kg Ha^{-1}), ya que no necesariamente se siembra en las áreas con potencial para su cultivo. Con una buena planeación y al utilizar las áreas potenciales para frijol, es factible incrementar los rendimientos hasta en un 100 a 150%.

MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación espacial de áreas óptimas y sub-óptimas de un cultivo se puede realizar usando diferentes metodologías, sin embargo, en este caso se hizo basándose en el uso de algebra de mapas, tomando como variables de entrada los requerimientos agroecológicos del cultivo en México. La utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG), como una herramienta orientada al desarrollo y ordenamiento agropecuario, ha sido un método acertado en la determinación espacial de las zonas óptimas para el desarrollo de un cultivo (Kahsay *et al*., 2018). Por medio de los SIG's, se puede manejar las variables agroecológicas que representan al medio físico en donde se desarrolla una actividad, tales como clima, suelo y recurso hídrico, y partiendo de la variación espacial de estas, definir áreas optimas y sub optimas en donde un cultivo se puede desarrollar adecuadamente.

El principal aporte de estos mapas es facilitar la gestión adecuada de los recursos y de esta manera apoyar a los responsables de las políticas públicas en el ordenamiento y planificación agrícola, partiendo de la identificación de las áreas con potencial para la producción de cultivos, en función de las condiciones locales, agroclimáticas y edáficas, del territorio nacional (Hernández, 2009).

Para la determinación de áreas con aptitud agroclimática se consideraron tres aspectos fundamentales que fueron: determinación de los requerimientos agroecológicos, bases de datos de las variables agroclimáticas y su procesamiento.

Determinación de los requerimientos agroecológicos. La información agroecológica fue integrada en base a diferentes fuentes bibliográficas (FAO, 2017, Ruíz C *et al*, 2013). Por otro lado, también se tomó en consideración la experiencia de algunos expertos en el cultivo.

Bases de datos. Se consideraron varias bases de datos geoespaciales. La información edáfica, fue tomada de la base de Referencia Mundial del Recurso Suelo, conocida por sus siglas en inglés como WRB, publicada por la FAO en 2007, en formato vectorial. Los datos climáticos se tomaron de la base de WorldClim versión 2.0, específicamente temperatura y precipitación promedio durante el ciclo del cultivo. El Modelo Digital de Elevación (MDE), se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), en formato raster con una resolución de 225 m^2 por píxel.

Procesamiento de datos. Los procedimientos que se aplicaron sobre la información geográfica en formato vectorial, consistieron básicamente en clasificar los atributos climáticos y edáficos en los rangos agroecológicos establecidos para las condiciones de temporal.

Los datos vectoriales son entidades asociadas a cada atributo, y tienen sus propias características espaciales, y la geometría que definen a cada atributo sirve por sí sola para llevar a cabo numerosos análisis, como cortes e intersecciones. Estas operaciones geométricas sobre datos vectoriales consistieron en interceptar las capas edáficas y climáticas, para posteriormente eliminar las áreas que correspondían a manglar, áreas protegidas, y asentamientos urbanos y rurales. Todo el procesamiento y reclasificación de la información se realizó en el software QGIS 3.22.14 Biatowieza 2022.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las áreas potenciales se calcularon en base a las áreas abiertas al cultivo, las cuales son utilizadas para fines agrícolas, ganaderos (forrajes) o de plantaciones forestales.

Áreas Potenciales para frijol de temporal. El crecimiento, desarrollo y producción de *Phaseolus vulgaris* L, están estrechamente relacionados con las condiciones de clima y suelo de la zona donde se cultiva. Los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para

el cultivo durante su periodo vegetativo como: la época de floración, brotes, fructificación y cosecha están regulados por los factores medioambientales. En base a la información revisada se estructuro la Tabla 1, con las variables consideradas y sus condiciones para el desarrollo del cultivo.

Tabla1. Requerimientos Agroecológicos de *Phaseolus vulgaris* L.)

Criterio	Unidad	Optima	Subóptima	No Apta
Temperatura Media Anual	°C	20-26	18-20 26-35	Menor de 18 Mayor de 35
Altitud	msnm	0-1500	1500 - 2000	Mayor de 2000
Precipitación Media Anual	mm	1600 - 2500	1000 – 1600 2500 -3000	Menor de 1000 Mayor de 3000
Suelo	Tipos	Fluvisoles Luvisoles Nitisoles	Cambisoles Regosoles Phaeozems	Solonchaks Leptosoles Vertisoles Gleysoles Arenosoles Calcisoles
Textura	Tipo	Media	Ligera y media	Muy ligera y Pesada
Profundidad	m	Mayor de 1	1 a 0.5	de 50
pH	Indicador	6.5 a 7.0	5.5 a 6.5 7.0 a 7.5	< de 5.5 > de 7.5
Horas luz anual	Horas luz	Mayor de 3000	2500 a 3000	Menor de 2500
Drenaje	Tipo	Bueno	Medio	Deficiente

Las zonas de alto potencial son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo se desarrolle en forma competitiva; las zonas de mediano potencial son aquellas en donde alguna de las variables agroclimáticas presenta alguna condición subóptima o no apta para que el cultivo se desarrolle con las menores limitantes posibles; las no aptas es donde interaccionan todas las condiciones limitantes para que se desarrolle el cultivo.

En la mayor parte del territorio de la Península de Yucatán se presentan suelos pedregosos como los Leptosoles, que son suelos delgados que no sobrepasan profundidades de 30 centímetros, además de los suelos con problemas de drenaje como los Gleysoles, Vertisoles y Solonchaks, los cuales se consideraron como no aptos para el cultivo del frijol común. Los suelos óptimos en la Península de Yucatán son los conocidos como los Nitisoles ródicos y Luvisoles férricos (conocidos regionalmente como Ya'ax hom y K'ankab) localizados principalmente en el noreste de la Península y el centro de la misma, en lo que es el sur y oriente de Yucatán, el centro-norte de Campeche y el centro-sur de Quintana Roo.

En el mapa se observa en verde y naranja los niveles alto y mediano potencial de la aptitud agroclimática del frijol (Figura 1), lo que significa que los rendimientos de frijol por condiciones ambientales se estiman sean los óptimos y/o superiores a la media regional. Las partes blancas en el mapa corresponden a la condición no apta, que incluye limitantes de precipitación y suelos profundos principalmente. La estimación de las zonas agrícolas con aptitud agroclimática media y alta para el cultivo del frijol, permitirá una mejor planeación sobre la superficie a sembrarse en el ciclo de temporal y mejorar el rendimiento por hectárea, optimizar los recursos productivos, reducción de costos, entre otros; servirá también como herramienta para la toma de decisión sobre que cultivo sembrar que se adapte a las condiciones de un lugar determinado. La superficie de alto potencial en base a la metodología empleada es de 54,992.00 hectáreas con 12,850.00 en Campeche, 4878.00 en Quintana Roo y 37,264.00 en Yucatán; respecto a las zonas de mediano potencial se tienen 290,993.00 hectáreas de las cuales 188,819.00 le corresponden al estado de Campeche, 27,115.00 a Quintana Roo y 75,059.00 a Yucatán.

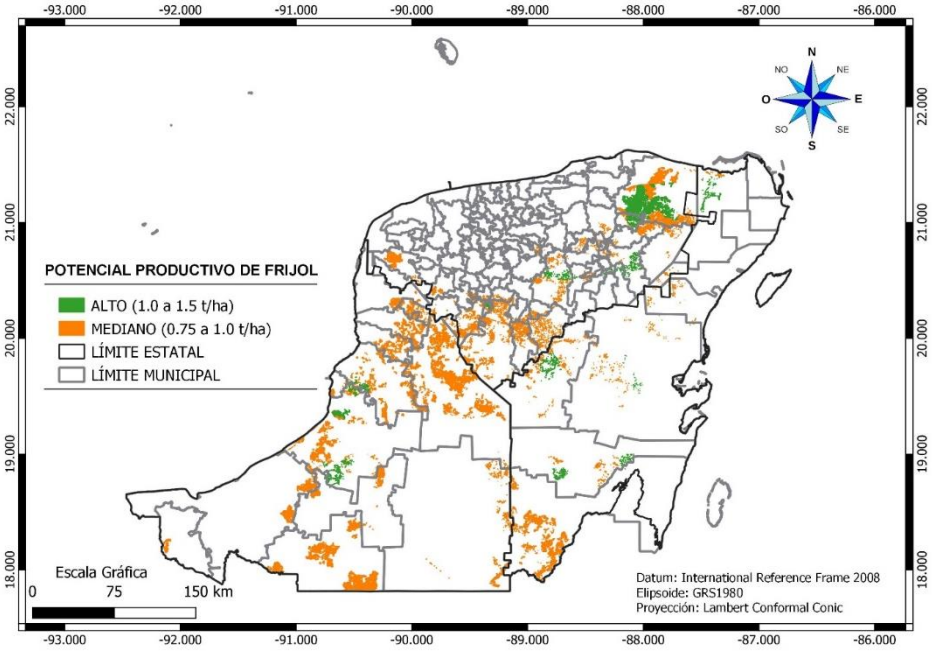


Figura 1. Distribución de las zonas de alto y mediano potencial productivo de *Phaseolus vulgaris* L., en la Península de Yucatán.

Además del tipo de suelo, los cuales deben de ser profundos para el caso de frijol en la

Península de Yucatán, dos de los factores climáticos que más influyen en la definición de las zonas de alto y mediano potencial bajo condiciones de temporal son la temperatura y la precipitación media anual y del ciclo del cultivo.

En el caso de la temperatura un aumento en esta durante los meses de agosto a octubre influye en la disminución de rendimientos por estrés en la planta y aborto de flor, esto es más evidente cuando ocurre en floración y llenado del grano.

El otro factor importante en el potencial productivo para frijol de temporal es la precipitación media anual y del ciclo de cultivo; para el caso de la Península de Yucatán se sugiere sembrar del 15 de agosto al 15 de septiembre, siembras fuera de época pueden tener consecuencias en la disminución de los rendimientos y por lo tanto de su potencial productivo, sembrar antes de esta fecha puede coincidir con periodos de altas precipitaciones que dificulten la cosecha y la presencia enfermedades fungosas, en caso contrario después de la fecha recomendada la disminución de la precipitación de 80 a 90 mm durante su ciclo favorece el estrés en la planta y la falta de humedad durante las etapas de floración y llenado de grano.

En conjunto la disminución de la lluvia y el aumento de la temperatura provocará mayores niveles de evapotranspiración, debido a lo cual el cultivo de frijol sufrirá más por falta de humedad en su balance hídrico y, por lo tanto, su efecto en el potencial productivo de la especie (Ruiz et al., 2011).

CONCLUSIONES

- Existen condiciones agroecológicas óptimas y subóptimas para producir *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de temporal en la Península de Yucatán.
- Es factible producir con alto y mediano potencial en los tres estados de la Península de Yucatán.
- El tipo de suelo, la temperatura media anual y la precipitación media anual y del ciclo del cultivo, son factores determinantes en la definición de zonas de alto y mediano potencial para frijol bajo condiciones de temporal.
- Los rendimientos para producir frijol común de temporal es factible incrementarlos en más del 100% al utilizar las zonas de alto y mediano potencial.

REFERENCIAS

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. Ecocrop, Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos. Roma, Italia.

Hernández F, J. C. 2009. Manual de Recomendaciones Técnicas Cultivo de Frijol. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica. 80 p.

Kahsay. A., Haile. M., Gebresamuel. G., Mohammed M., 2018. Springer Nature Switzerland. Modeling Earth Systems and Environment. Zurich, Switzerland.

Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G.; Ramírez, D. J. L.; Flores, L. H. E.; Ramírez, O. G.; Manríquez, O. J. D.; Zarazúa, V. P.; González, E. D. R.; Díaz, P. G. y Mora, O. C. 2011. Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 2:309-323.

Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

SIAP. 2021. Sistema de Información Agrolimentaria de Consulta (SIACON). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). https://www.gob.mx/siap.

PRODUCCIÓN DE CÁRTAMO FORRAJERO EN RIEGO POR GOTEO

Elco Humberto García Bolívar*, José Ángel Marroquín Morales, Xóchilt Militza Ochoa Espinoza, Néstor Alberto Aguilera Molina, Lope Montoya Coronado.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Ciudad Obregón, Sonora, México.

garcia.elco@inifap.gob.mx.

RESUMEN

A nivel mundial el incremento de la demanda de carne, leche y sus derivados no se detiene, por el incremento constante de la misma población. A su vez la demanda forrajes, granos y pasturas para el alimento de los animales no deja de incrementarse (Medina et al., 2021). Una solución a este problema es producir forraje de cártamo bajo riego por goteo; lo cual ofrece la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca en comparación con el riego rodado. El objetivo de este estudio fue evaluar el gasto hídrico y la producción de materia seca (MS), en cultivos alternativos como el cártamo (Carthamus tinctorius L.). El experimento se estableció en el Campo Experimental de la universidad autónoma de Sonora durante el ciclo agrícola O-I 2022-2023. La unidad experimental consistió en 4 surco de 100 m, en surcos separados a 80 cm, a doble hilera utilizando cinta de riego superficial calibre 6,000, con espaciamiento entre goteros de 30 cm y un gasto de 1 L h^{-1}, utilizando una lámina total de 3,000 m^3 ha^{-1} desde la siembra hasta la cosecha cuando el cultivo se encuentro en la etapa de inicio de la floración. Se comparó la producción de materia seca y el gasto hídrico del mismo cultivo en riego por goteo (T1) y riego por gravedad (T2). Para el T2 se sembró en 4 surcos de 100 m, separados a 80 cm, a doble hilera utilizando en el riego de nacencia una lámina de 25 cm y para el único riego de auxilio una lámina de 15 cm. Se evaluó el rendimiento en kilogramos por hectárea de MS en cada parcela útil, el corte se realizó en la etapa fenológica 61 (inicio floración), en la escala establecida por Flemmer, *et al.,* (2015). Los resultados de producción de MS utilizando el riego por goteo se obtuvieron rendimientos promedio de 12,375 kg ha^{-1} de MS, utilizando solo 3,000 m^3 ha^{-1} de agua, a diferencia del establecido con riego rodado, que presentó rendimientos promedio de 6,600 kg ha^{-1} utilizado 4,000 m3 ha^{-1}. Se utilizó un diseño bloques al azar El paquete estadístico utilizado fue un diseño de bloques al azar con α de 0.05 con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

Palabras clave: riego por goteo, forraje, cártamo.

ABSTRACT

Worldwide, the increase in demand for meat, milk and their derivatives does not stop, due to the constant increase of the same population. In turn, the demand for fodder, grains and pastures for animal feed continues to increase (Medina et al., 2021).

One solution to this problem is to produce safflower fodder under drip irrigation; which offers the possibility of increasing the yield of dry matter in comparison with wheeled irrigation. The objective of this study was to evaluate water expenditure and dry matter (DM) production in alternative crops such as safflower (Carthamus tinctorius L.). The experiment was established in the Experimental Field of the Autonomous University of Sonora during the O-I 2022-2023 agricultural cycle. The experimental unit consisted of 4 furrows of 100 m, in furrows separated at 80 cm, double row using surface irrigation tape caliber 6,000, with spacing between drippers of 30 cm and a flow rate of 1 L h-1, using a total sheet. of 3,000 m3 ha-1 from planting to harvest when the crop is in the early flowering stage. Dry matter production and water expenditure of the same crop in drip irrigation (T1) and gravity irrigation (T2) were compared. For T2, it was planted in 4 rows of 100 m, separated at 80 cm, in a double row using a 25 cm sheet for the birth irrigation and a 15 cm sheet for the only relief irrigation. The yield in kilograms per hectare of DM was evaluated in each useful plot, the cut was made at phenological stage 61 (beginning of flowering), on the scale established by Flemmer, et al., (2015). The results of DM production using drip irrigation, average yields of 12,375 kg ha-1 of DM were obtained, using only 3,000 m3 ha-1 of water, unlike the one established with wheeled irrigation, which presented average yields of 6,600 kg ha-1. -1 used 4,000 m3 ha-1. A randomized block design is downloaded The statistical package used was a randomized block design with α of 0.05 with the statistical package SAS 9.4 (2013).

Key words: drip irrigation, forage, safflower.

INTRODUCCION

Actualmente los sistemas de producción alimenticia de origen animal dependen altamente de una base de consumo de forraje, agravantes como el cambio climático y la dificultad del gasto del recurso no renovable que es el agua, partiendo que los sistemas de producción para producir forrajes están diseñados desde décadas anteriores donde el problema solo era producir y no eficientar el gasto hídrico y la conservación de los recursos naturales (Bertin et al., 2022). La baja disponibilidad de agua, la salinidad en el suelo, alta temperatura ambiental y un número limitado de cultivos forrajeros, condiciona la búsqueda de nuevas

estrategias para la producción de forrajes con especies forrajeras alternativas, y el desarrollo de nuevos sistemas de producción con potencial para incrementar la productividad del agua (PA), considerando ésta como la producción de MS y nutrientes por m^3 de agua aplicada (Reta *et al* 2017). En la actualidad la producción de forrajes en el noroeste de México tiene la incertidumbre año con año de la disponibilidad de agua, es un problema frecuente más el aumento del costo de los granos influye en el aumento de cualquier cadena de producción animal ya que esta es una materia prima esencial, sumando a esta problemática el cambio climático también afecta negativamente la producción de forraje debido al incremento continuo de la temperatura y la frecuencia de periodos de sequía más prolongados (Bertin et al., 2022). Situación que es altamente probable que se agrave en las próximas décadas, es por eso que el objetivo de este trabajo es evaluar el cártamo forrajero por riego por goteo que haga más eficiente el gasto hídrico sin dejar de lado la producción y el valor bromatológico del forraje, en el noroeste de México, en el Campo Experimental de la universidad autónoma de Sonora en la cd de Hermosillo el área de forrajes del campo experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) busca evaluar cultivos alternativos como el cártamo (Carthamus tinctorius L.) con tecnologías como lo es el riego por goteo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental de la universidad autónoma de Sonora en la cd de Hermosillo con la latitud 29.014468, longitud 111.134912, durante el ciclo agrícola O-I 2022-2023. La preparación del terreno consistió en un paso de arado, seguido de doble rastreo y nivelación con escrepa. La fertilización se realizó en pre siembra con una dosis de 150-50-00 (N-P-K). La siembra fue el 7 de noviembre del 2022 con la variedad de cártamo Forrcart 2020. La unidad experimental consistió en 4 surco de 100 m, en surcos separados a 80 cm, a doble hilera utilizando cinta de riego superficial calibre 6,000, con espaciamiento entre goteros de 30 cm y un gasto de 1 L h^{-1}, utilizando una lámina total de 3,000 m^3 ha^{-1} desde la siembra hasta la cosecha cuando el cultivo llego a la etapa de inicio de la floración. Se comparó la producción de materia seca y se midió el gasto hídrico del mismo cultivo en riego por goteo (T1) y riego por gravedad (T2). Para el T1 y T2 se sembró en 4 surcos de 100 m, separados a 80 cm, a doble hilera y densidad de 37 plantas por $metro^2$. Para el T2 se utilizó en el riego de nacencia una lámina de 25 cm y para el único riego de auxilio una lámina de 15 cm. Para el T1 se utilizó 7 cm de lámina en

el riego de nacencia y 23 riegos por goteo con el gasto de lámina de riego de 1 cm, completando 30 cm de lámina de riego total para el T1. Se evaluó el rendimiento en kilogramos por hectárea de MS en cada parcela útil, el corte se realizó en la etapa fenológica 61 (inicio floración), en la escala establecida por Flemmer, *et al.,* (2015). En esta etapa la planta se encuentra en el punto de equilibrio en cuanto a calidad del contenido nutrimental y la producción de forraje (Ochoa *et al*., 2021), se pesaron en peso fresco para posteriormente secarlas muestras en una estufa de aire forzado a 105°c por 48 horas para determinar MS por medio de una balanza analítica.

RESULTADOS Y DISCUSION

El tratamiento de riego por goteo supero en producción de materia seca con 12,375 kg/ha^{-1} contra 6,600 kg ha^{-1} del tratamiento de riego rodado, en cuanto al rendimiento del gasto hídrico el riego por goteo presento un total 3,000 m^3 ha^{-1} y el riego rodado 4,000 m^3 ha^{-1} presentando una pérdida de rendimiento MS 5,775 kg/ha^{-1}/ Gasto hídrico 1,000 m^3/ ha^{-1} (MS de kg/ha^{-1}/ Gasto hídrico m^3/ ha^{-1}). En otros trabajos registrados encontramos rendimientos similares a los de T2 con rendimientos 8360 a 10531 kg ha^{-1} de MS pero con un gasto de agua de 5,400 m^3 ha^{-1} y una densidad de planta por metro^3 de 120 (Ochoa *et al*., 2022). La evaluación del gasto hídrico y producción del riego por goteo supero en producción de materia seca al tratamiento de riego rodado, en cuanto al rendimiento del gasto hídrico el riego por goteo presento un ahorro considerable y mejor PA, cabe resaltar que la lámina de riego pudo ser menor pero esto también bajaría la producción de materia seca.

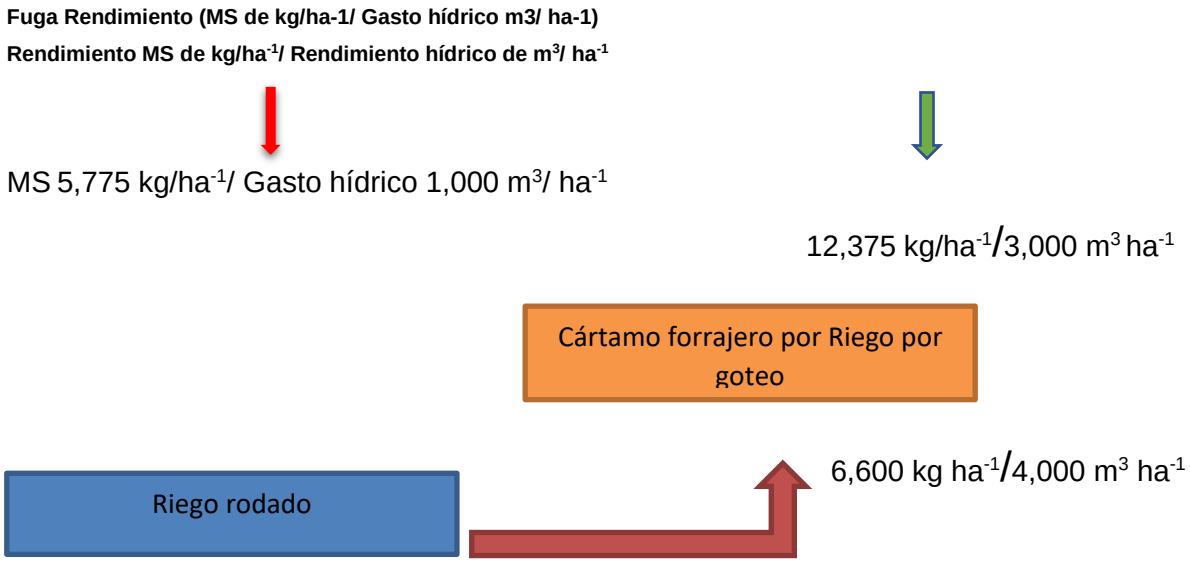


Figura 1. Rendimiento de materia seca (MS) de cártamo Forrcart 2020 bajo riego por goteo y de riego por gravedad.

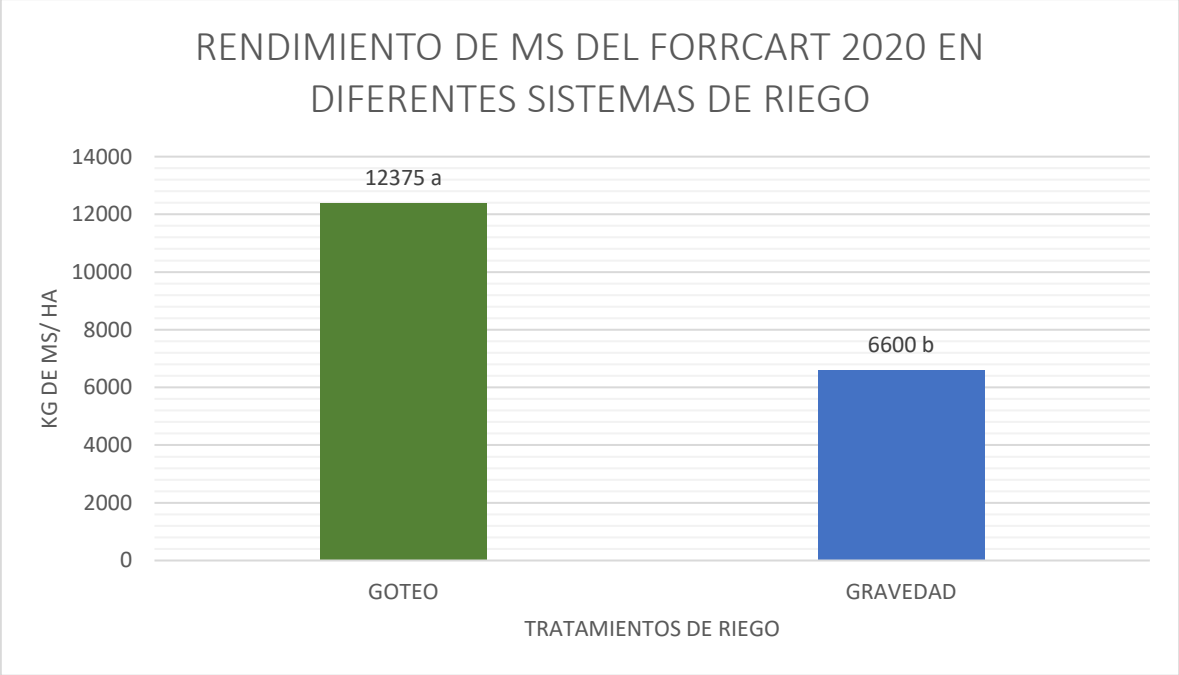


Figura 2. Rendimiento de kilogramos de materia seca por hectárea de cártamo Forrcart 2020 con diferentes regímenes de riego (riego por goteo y riego por gravedad).

CONCLUSIONES

En futuros trabajos se podría medir diferentes láminas de riego y comparar su producción de cártamo forrajero para una opción de forraje ante la sequía y ahorro de agua. Esta tecnología ahorra en promedio 25% menos de agua, además de incrementar la producción de MS.

REFERENCIAS

Medina, S. M., Flores, F. A. I., Rivera, M. H. M., López, R. R., & Hernández, J. E. H. (2021). El Destete Precoz De Becerros Y Becerras Castradas Para Exportación Como Una Alternativa Viable En La Ganadería De Sonora. Revista Mexicana De Agronegocios, 49, 89-99.

Flemmer, A. C., Franchini, M. C., & Lindström, L. I. (2015). Description Of Safflower (Carthamus Tinctorius) Phenological Growth Stages According To The Extended BBCH Scale. *Annals Of Applied Biology*, *166*(2), 331-339

Bertin, O. D., Camarasa, J. N., Barletta, P. F., Mattera, J., Pacente, E., & Beribe, M. J. (2022). Secuencias De Cultivos Anuales Para Forraje Y Pastura Perenne En Suelo Agrícola Degradado. RIA. Revista De Investigaciones Agropecuarias, 48(2), 181-187.

Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A., & Figueroa Viramontes, U. (2017). Secuencias De Cultivo Alternativas Para Incrementar El Potencial Forrajero Y Productividad Del Agua. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 8(4), 397-406.

Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado, L., Reta-Sánchez, D. G., Borbón-Gracia, A., Aguilera-Molina, N. A., Ávila-Casillas, E. & Cano-Ríos, P. (2021). FORRCART 2020, Nueva Variedad De Cártamo Forrajero En México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *44*(2), 275-275.

Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Cano-Ríos, P., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., García-Martínez, J. E. & Quiroga-Garza, H. M. (2022). Rendimiento Y Valor Nutritivo De Cereales Y Cártamo Forrajero En La Comarca Lagunera. *Biotecnia*, *24*(2), 142-148.

Ortiz, E.J.E., Cortés, J.J.M., Félix, V.P. (2003) Manejo De Riegos Para Los Principales Cultivos Del Sur De Sonora. Folleto Técnico No 51 CEVI-CIRNO-INIFAP.Cd Obregón Sonora. 39-50.

PRODUCCIÓN DE ESCLEROCIOS COMO INDICADOR EN LA CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES DE *Botrytis* EN ZARZAMORA

Romina Alissa Orozco Meza[1*], Alma Rosa Solano Báez[2], Hugo Beltrán Peña[1], Guillermo Márquez Licona[2], José Luis Trejo Espino[2]

[1]Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente, Universidad Autónoma de Occidente. Los Mochis, Sinaloa, México. [2]Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km.6, Calle CeProBi No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, C.P. 62731, México

*Correo electrónico: rominaalissa@gmail.com

RESUMEN

México ocupó la primera posición mundial en producción de zarzamora destinada a exportación, con más de 211,000 t en el año 2021. El moho gris causado por especies de *Botrytis* es una limitante para la producción de esta frutilla, pues afecta tanto a la planta como en poscosecha. El objetivo de esta investigación fue caracterizar especies de *Botrytis* aisladas de zarzamora, de acuerdo a su morfología y crecimiento cultural. El aislamiento se llevó a cabo a partir de la esporulación de frutos con síntomas colectados en Morelos. La producción de esclerocios se indujo en medio APDA y se comparó el tamaño y biomasa por aislado del estado de Morelos. Las características culturales de los aislados se analizaron en tres medios de cultivo y se clasificaron de acuerdo al tipo de micelio producido. Los resultados indicaron que hay diferencias en el tamaño y cantidad de esclerocios producidos, con un mayor tamaño a menor cantidad de esclerocios. Así mismo, hay diferencias entre la morfología colonial de los aislados en cada medio de cultivo, por lo que la esporulación y la formación de esclerocios se ve afectada por el medio donde se desarrolle. En APDA predomina el micelio corto, en PAM el micelio aéreo y en KMB se produce tanto micelio corto, aéreo y masas miceliales.

Palabras clave: *Botrytis,* zarzamora, caracterización cultural, esclerocios

ABSTRACT

Mexico occupies the first position in the world ranking in blackberry production, with beyond 211, 000 t in 2021. The gray mold caused by *Botrytis* species is a limiting factor for the production of blackberry, since it affects both the plant and postharvest. The objective of this work was to characterize Botrytis species isolated from blackberries, according to their cultural and morphology characteristics. The isolation was carried out from the sporulation of fruits with symptoms collected in Morelos, Mexico. Sclerotia production was induced in APDA medium and the size and biomass per isolate was compared. The cultural characteristics of the isolates in three culture media were analyzed and they were classified according to the type of mycelium produced. The results indicated differences in the size and number of sclerotia produced, with a larger size to a lower number of sclerotia. Likewise, there are differences between the colonial morphology of the isolates in each culture media, so that sporulation and sclerotia formation is affected by the medium where it develops. In APDA the short mycelium predominates, in PAM the aerial mycelium and in KMB both short and aerial mycelium and mycelial masses are produced.

Key words: *Botrytis*, blackberry, cultural characterization, sclerotia

INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una planta arbustiva leñosa perteneciente al género Rubus, de la familia Rosaceae que contiene más de 300 especies. Las hojas de la planta son color verde oscuro y dentadas, sus flores blancas a rosa pálido y las frutas son bayas negras con sabor ácido. Es nativa de África, América, Asia y Europa. (Verma *et al*., 2014; Villa *et al*., 2020). Las plantas de zarzamora se pueden clasificar en tres tipos, de acuerdo a la forma de la vara: pueden ser rastreros, erectos o semierectos (Strik *et al*., 2008). Las zarzamoras suelen desarrollarse en zonas templadas, aunque algunos cultivares tienen menor requerimiento de clima frío. Las plantas tienen un periodo productivo de 15-20 años y su fenología depende del cultivar (Strik y Finn, 2012).

El cultivo de zarzamora ha tenido gran relevancia en los últimos años, donde México ha ocupado la primera posición mundial en producción de esta frutilla. La producción se dedica sobre todo a exportaciones a Estados Unidos, pero también a otros países de América, Asia y Europa. Los ingresos por exportación al año 2021 fueron de 552 millones de dólares

(MDD), de los cuales 511 MDD fueron de las exportaciones a Estados Unidos (SIAP, 2022). Resulta de gran interés el consumo de zarzamoras, puesto que es una buena fuente de vitaminas, antocianinas, compuestos fenólicos y antioxidantes, con capacidad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y de prevención de algunas enfermedades (Campbell *et al*., 2017).

Algunos de los géneros de hongos que afectan el fruto de zarzamora son *Botrytis, Colletotrichum* y *Rhizopus*. Se considera *Botrytis* el principal patógeno causando pudrición en fruto poscosecha (Kidd *et al.,* 2003). El género *Botrytis* es un patógeno necrótrofo, que causa tizones y podredumbre en planta y frutos; descompone la pared celular y provoca la muerte de células y tejidos en la planta hospedante (Boddy *et al*., 2016).

Las características morfométricas diferenciales entre las especies de *Botrytis* son la morfología colonial, la tasa de crecimiento, el largo y ancho de conidióforos, el tamaño y forma de los macroconidios, así como el tamaño, forma y cantidad de esclerocios producidos en cultivo *in vitro.* Así mismo, son comunes las variaciones en estas características en aislados individuales, debido a variaciones en el sustrato, temperatura, pH, proporción Carbono-Nitrógeno, humedad relativa y condiciones de luz (Garfinkel, 2021). Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar especies de *Botrytis* aisladas de frutos de zarzamora, de acuerdo a su morfología y crecimiento cultural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los aislados de *Botrytis* spp se obtuvieron a partir de frutos de zarzamora colectados en el estado de Morelos, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Fitopatología del Centro de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Los frutos fueron desinfestados con hipoclorito de sodio comercial al 2%, un lavado por 1 min, seguido de tres enjuagues con agua destilada estéril; se colocaron los frutos en cámara húmeda por cinco días, hasta ver esporulación. A partir de la esporulación, se tomó con una aguja de disección y se suspendió en Tween-60, se dispersaron en cajas Petri con agar-agua con 0.1% v/v de ácido láctico y 100 µg/mL de estreptomicina; se incubaron a 22°C por 24-36h y se transfirieron los conidios germinados a Agar Papa y Dextrosa Acidificado (APDA) (Li *et al*., 2012).

Los aislados se agruparon por morfotipos, de los cuales cinco aislados fueron seleccionados para caracterización morfológica e inducción de esclerocios de acuerdo al protocolo de Ferrada y colaboradores (2015) en APDA, para ello se colocó un disco de agar en el centro de una caja Petri de 90 mm con cada medio de cultivo, se incubó por 7 días a 20°C, seguido de 30 días a 5°C y, por último, un periodo de 30 días a 20°C. Los esclerocios se contaron por caja, y se tomaron (n=30) esclerocios que fueron medidos y pesados. Se calcularon los esclerocios/cm^2, así como peso y tamaño promedio de los esclerocios por aislado. Se tomaron fotografías a los 14 dds para el análisis cultural en los medios APDA, KMB (Medio B de King) y PAM (Medio agar chícharos). Los análisis estadísticos se realizaron en INFOSTAT 2017.1.2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de esclerocios producidos por cada aislado tuvo variación de forma considerable, además que a mayor número de esclerocios por unidad de área, el peso de los mismos fue menor. En cuanto al largo de los esclerocios, los datos formaron tres grupos, mientras que en el ancho únicamente en dos; esto demuestra que hay mayor variación entre el largo de los esclerocios que en el ancho, pues solo un aislado hubo diferencia significativa del ancho (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de esclerocios de Morelos (Largo, ancho y peso n=30). Diferentes letras muestran significancia Tukey ($p<0.05$).

	Esclerocios/cm^2	Peso	Largo	Ancho
MoZ2	3.27	0.08	1.98 ab	1.59 b
MoZ7	1.35	0.14	2.51 c	1.80 b
MoZ9	2.07	0.08	2.30 bc	1.60 b
MoZ10	1.84	0.06	1.67 a	1.23 a

La caracterización cultural de los aislados (Figuras 1 y 2) se realizó de acuerdo al tipo de micelio producido y su cantidad (Mirzaei *et al*., 2009). La mayoría de los aislados a los 14

días presentó un micelio corto o aéreo, mientras que una minoría formó masas miceliales al crecer. En APDA la mayoría de los aislados tuvieron un micelio corto, en KMB crecieron tanto con micelio corto, como aéreo, mientras que en PAM la mayoría produjo micelio aéreo, pero también se presentó micelio corto y masas miceliales.

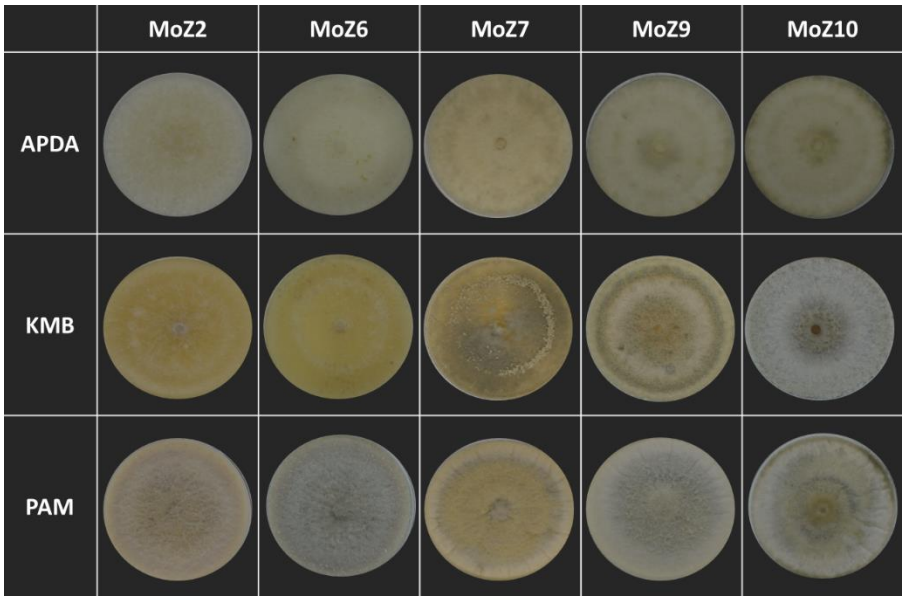


Figura 1. Aislados de Morelos en APDA, KMB y PAM, 14 días después de la siembra

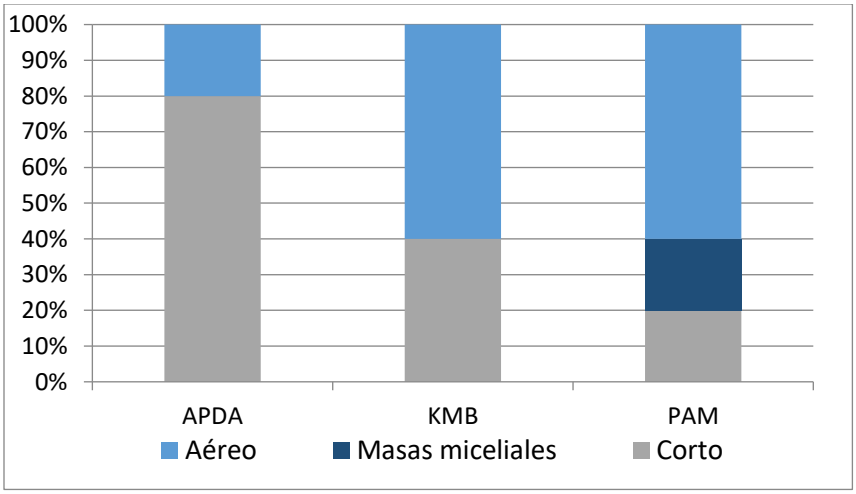


Figura 2. Clasificación cultural de los aislados de *Botrytis* en zarzamora

La literatura indica la presencia de tres especies de *Botrytis* que infectan a la zarzamora: *B. caroliniana* (Li *et al*., 2012), *B. cinerea* Pers.:Fr y *B. patula* (Holubová-Jechová, 1974). Existen diferencias en la morfología de los hongos *Botrytis* aislados de zarzamora. Se ha descrito a *B. caroliniana* como una especie que produce micelo aéreo esponjoso y esclerocios negros en anillos concéntricos, sin producción de conidios. *B. cinerea*, por su parte, produce menos micelio aéreo pero abundantes conidios. Los conidióforos de *B. caroliniana* son más pequeños que los de *B. cinerea*, pero los conidios son indistinguibles entre estas especies (Li *et al*., 2012). Así mismo, se ha estudiado la diversidad genética y plasticidad del género, en especial *Botrytis cinerea*, que ha demostrado heterogeneidad en sus características morfológicas como crecimiento micelial, y producción de conidios y esclerocios (Garfinkel *et al*., 2021; Plesken *et al*., 2021). Las diferencias en el crecimiento de cada aislado en medios de cultivo distintos se puede deber a la presencia de otras especies además de *B. cinerea,* pues difieren en el tipo de micelio, esporulación, producción de conidios y su distribución.

CONCLUSIONES

La caracterización morfológica y cultural de *Botrytis* spp. permite distinguir entre especies y también agruparlos de acuerdo a sus características. Diferencias en la morfología colonial y microscópica de los aislados puede implicar un distinto comportamiento *in planta*, pues la capacidad de dispersión del patógeno es proporcional a las estructuras que forma el hongo y su mecanismo de infección. Es importante complementar el análisis morfológico con herramientas moleculares que permitan la correcta clasificación de los organismos y sea posible generar estrategias de manejo adecuadas para el moho gris en zarzamora.

REFERENCIAS

Campbell TF, McKenzie J, Murray J, Delgoda R and Bowen-Forbes CS. 2017. *Rubus rosifolius* varieties as antioxidant and potential chemopreventive agents.

Ferrada EE, Latorre BA, Zoffoli JP y Castillo A. 2016. Li X, Kerrigan JL, Chai W, Schnabel G. 2016. Identification and characterization of *Botrytis* blossom blight of Japanese plums caused by *Botrytis cinerea* and *B. prunorum* sp. Nov. in Chile. The American phytopathological society 106:155-165. DOI: 10.1094/PHYTO-06-15-0143-R

Garfinkel AR. 2020. The history of *Botrytis* taxonomy, the rise of phylogenetics, and implications for species recognition. Phytopathology 111:437-454. DOI: 10.1094/PHYTO-06-20-0211-IA

Holubová-Jechová V. 1974. A revision of the genus *Olpitrichum* ATK. Folia Geobotanica et phytotaxonomica 9:425-432. DOI: 10.1007/BF02852453

Kidd JP, Clark JR, Fenn P and Smith BJ. 2003. Evaluation of post-harvest disease resistance in blackberry cultivars. Horticultural Studies 520:18-20.

Li X, Chai W, Kerrigan JL and Schnabel G. 2012. *Botrytis caroliniana*, a new species isolated from blackberry in South California. Mycologia 104:650-658. DOI: 10.3852/11-218

Mirzaei S, Goltapeh EM, Shams-Bakshs M, Safaie N y Mehrdad C. 2009. Genetic and phenotypic diversity among *Botrytis cinerea* isolates in Iran. Phytopathology 157:474-482. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2008.01518.x

Plesken C, Pattar P, Reiss B, Noor ZN, Zhang L, Klug K, Huettel B and Hahn M. 2021. Genetic diversity of *Botrytis cinerea* revealed by multilocus sequencing, and identification of *B. cinerea* populations showing genetic isolation and distinct host adaptation. Frontiers in Plant Science 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.663027

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Panorama Agroalimentario 2022. 2022. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022 (consulta, junio 2022).

Strik BC, Clark JR, Finn C and Banados MP. 2008. Worldwide production of blackberries. Acta Horticulturae 777:209-218 Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 19. DOI:10.17660/ActaHortic.2008.777.31

Strik BC and Finn CE. 2012. Blackberry production systems-a worldwide perspective. Acta Horticulturae 946:341-347. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.56

Verma R, Gangrade T, Punasiya R and Ghulaxe C. 2014. *Rubus fruticosus* (blackberry) use as an herbal medicine. Pharmacognosy Reviews 8:16. DOI: 10.4103/0973-7847.134239

Villa F, da Silva DF, Stumm DR and Rosa DD. 2020. Winter cold deficit in low subtropical climate region and blackberry varieties phenology. Scientia Agraria Paranaensis 19:66-71.

PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON RIEGO SUBSUPERFICIAL CONSIDERANDO NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DURANTE DOS CICLOS PRODUCTIVOS

Yoselin Delgado Castro[1*], Arturo Reyes González[2], José Alfredo Montemayor Trejo[1], Claudia Leonor Macías Ortega[1,] y Mayra Ayde de la Rosa Montemayor[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. División de posgrado e investigación

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila

***Autor para correspondencia: yoselindchw@gmail.com**

RESUMEN

Una de las potenciales limitantes a las que actualmente se enfrentan los sistemas de producción agrícola es la disponibilidad del agua, por lo que, en la búsqueda de optimizar su aplicación, es preciso afinar los métodos utilizados para su manejo, los cuales permitan incrementar el aprovechamiento de los recursos hídricos y así poder establecer indicadores de eficiencia. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento en forraje verde (FV), forraje seco (FS) y la altura de plantas de tres variedades de maíz forrajero (20W, MSB302 y MH383) manejadas bajo diferentes láminas de riego aplicadas con riego subsuperficial y calculadas con porcentajes de evapotranspiración (ET), para los cuales se consideraron tratamientos de 60%, 80% y 100% de ET más un testigo de riego por inundación. El estudio se llevó a cabo durante dos ciclos de cultivo del 2022. Buscando que, con los resultados obtenidos, se pueda contribuir al uso sustentable del agua en sistemas productivos de maíz de la región. Durante ambos ciclos de cultivo, el híbrido MH383 presento un desempeño superior en cuanto al rendimiento de FV con el tratamiento de 100% de ET. En lo que respecta al rendimiento de FS, el híbrido MH383 también mostró resultados destacados, obteniendo mayores rendimientos en primavera bajo el tratamiento de 100% de ET y en verano bajo el tratamiento de 80% de ET.

Palabras clave: evapotranspiración, maíz, rendimiento, sustentabilidad.

ABSTRACT

One of the potential limitations currently faced by agricultural production systems is water availability; therefore, in the search to optimize its application, it is necessary to refine the

methods used for its management, in order to increase the use of water resources and thus be able to establish efficiency indicators. The present research was conducted with the objective of evaluating the green forage yield (FV), dry forage (FS) and plant height of three varieties of forage corn (20W, MSB302 and MH383) managed under different irrigation rates applied with subsurface irrigation and calculated with percentages of evapotranspiration (ET), for which treatments of 60%, 80% and 100% of ET plus a control of flood irrigation were considered. The study was carried out during two growing seasons of 2022. Seeking that, with the results obtained, it can contribute to the sustainable use of water in corn production systems in the region. During both growing seasons, the hybrid MH383 presented a superior performance in terms of FV yield under the 100% ET treatment. In terms of FS yield, hybrid MH383 also showed outstanding results, obtaining higher yields in spring under the 100% ET treatment and in summer under the 80% ET treatment.
Key words: evapotranspiration, corn, yield, sustainability.

INTRODUCCION

En la actualidad, el uso óptimo del agua en la agricultura, representa un factor importante en la toma de decisiones para continuar y mejorar su uso eficiente a futuro. Considerando las limitantes de recursos que han ido incrementado a lo largo de los años y la importancia que tienen muchos cultivos a nivel mundial como lo es el maíz, es fundamental el desarrollo y mejoramiento de los métodos utilizados para el manejo de los sistemas productivos (Robles et al, 2018). La importancia que tiene el maíz a nivel nacional se debe en gran medida al impacto y aportación que genera en los ámbitos socioeconómicos y alimentarios del país (Luna *et al*., 2012) sumándole el hecho de que México es centro de origen del maíz, por lo que su producción es parte importante de la identidad nacional. A nivel regional la producción de forrajes lidera el campo agrícola debido a la necesidad de cubrir principalmente la demanda de la ganadería estabulada, siendo el maíz forrajero el que mayor superficie utiliza con un total de 48 793 ha (SADER, 2021). Sin embargo, la mayoría de los sistemas de riego implementados en la región no son los más eficientes, lo cual genera la necesidad de mejorar ese aspecto de la agricultura, y poder presentar alternativas más eficientes (Reyes *et al.,* 2020). Dentro de los métodos implementados para eficientar el uso y aplicación de recursos hídricos, se encuentra el riego por goteo subsuperficial, el cual favorece la aplicación precisa de agua a los cultivos mientras evita la perdida por evaporación y escorrentía principalmente, y a su vez favorece el rendimiento del maíz. Para este estudio se utilizaron datos de evapotranspiración y coeficiente de cultivo (Kc). La

importancia de la obtención de esos datos se debe a que posibilitan el conocer de manera más precisa los requerimientos hídricos del cultivo, permitiendo crear una planeación adecuada y oportuna de riego. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de tres variedades de maíz forrajero bajo diferentes niveles de riego durante dos ciclos de cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) durante los ciclos de primavera y verano del 2022. El INIFAP está ubicado en el municipio de Matamoros, Coahuila. Con coordenadas geográficas 102° 00’ y 104° 47’ O y 24° 22’ y 26° 23’ N y una altitud de 1100 msnm.

Para la preparación del terreno se realizó subsuelo, barbecho, rastreo y nivelación. Se empleó una cinta de riego Aqua-Traxx 8 mil, instalada a una profundidad de 30 cm en el suelo y con una separación de 76 cm. En ambos ciclos de cultivo se utilizaron tres variedades de maíz blanco de ciclo intermedio (20W, MSB302 y MH383) como material genético. Los ciclos de productivos tuvieron una duración de 101 y 102 días para primavera y verano, respectivamente, desde la fecha de siembra hasta la cosecha. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, dispuesto en parcelas divididas. Las parcelas grandes correspondieron a los diferentes niveles de riego calculados mediante porcentajes de evapotranspiración (100%, 80% y 60%), con un testigo adicional de riego por inundación. Las parcelas chicas se asignaron a las tres variedades de maíz.

Para determinar los requerimientos de riego basados en la evapotranspiración de referencia (ETr), se utilizó un atmómetro ubicado dentro de una estación meteorológica. Los datos de evapotranspiración registrados por el atmómetro se tomaron diariamente, permitiendo programar el riego cada tres días en función de la evapotranspiración acumulada.

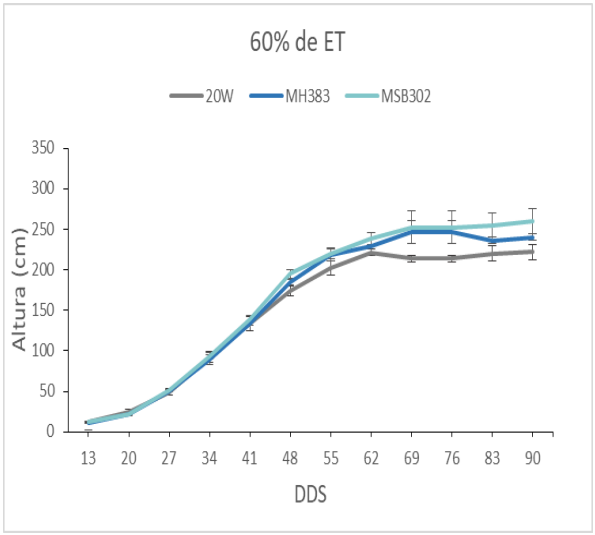
A los tratamientos de riego de 60 % y 80% de ET se les aplicó el porcentaje correspondiente a la multiplicación de la ETr por el valor del porcentaje. En el tratamiento de 100% se multiplicó el valor de ETr por el coeficiente de cultivo (Kc). El testigo de riego por inundación recibió siete riegos de auxilio por ciclo. La toma de datos para medir altura de planta se realizó a partir de los 15 días después de la siembra (DDS) con una cinta métrica y posteriormente con un estadal.

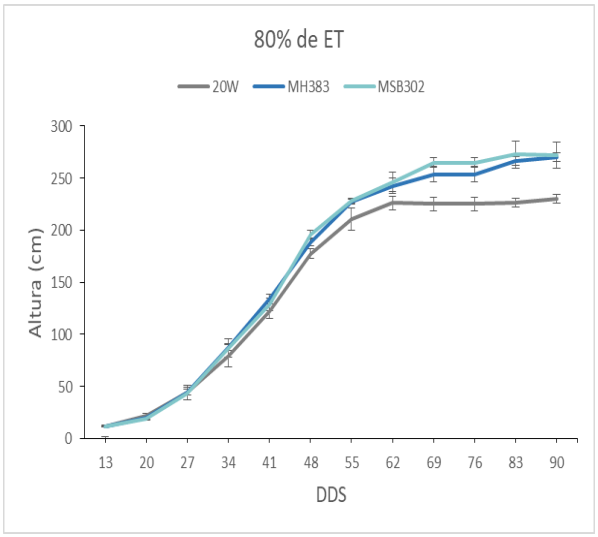
La cosecha para determinar la producción de forraje verde se realizó considerando tres metros lineales de los dos surcos centrales de cada tratamiento para obtener su peso. Al utilizar este método y tamaño de muestra se busca eliminar el efecto orilla. Para determinar la producción de forraje seco, se tomó una planta completa como muestra de cada tratamiento, la cual se trituró y se depositó en bolsas de papel a un invernadero para el secado previo. Luego, las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 72 horas. Las muestras se pesaron antes y después del proceso de secado, para determinar el porcentaje de materia seca.

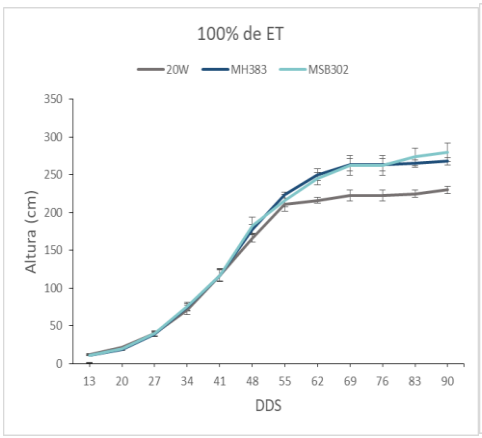
RESULTADOS Y DISCUSION

Alturas de planta en primavera

En la Figura 1 se muestran los valores correspondientes a las alturas promediadas de cada variedad de maíz en los cuatro tratamientos de riego para el ciclo de primavera. El híbrido MSB302 registro los valores más altos en todos los tratamientos, alcanzando la altura mayor en el tratamiento de 100% con 2.80 m. Por el contrario, el híbrido 20W presento los resultados más bajos, aunque su mayor registro lo tuvo en los tratamientos de 80% y 100% con 2.30 m.







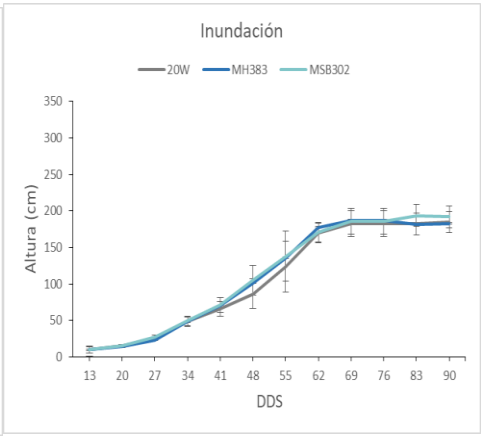


Figura 1. Altura de planta de tres híbridos de maíz y cuatro tratamientos de riego en el ciclo de primavera

Alturas de planta en verano

En la Figura 2 se representan los datos correspondientes a las alturas promedio de cada variedad de maíz en los cuatro tratamientos de riego durante el ciclo de verano. A diferencia del ciclo de primavera, se observa una menor uniformidad en los resultados. Sin embargo, el híbrido MSB 302 sigue destacándose al presentar la mayor altura registrada de 2.74 m bajo el tratamiento del 100% de ET. Por otro lado, el híbrido 20W registra los datos de alturas más bajas, con su máximo registro obtenido en el tratamiento de 80% de ET, alcanzando 2.35 m.

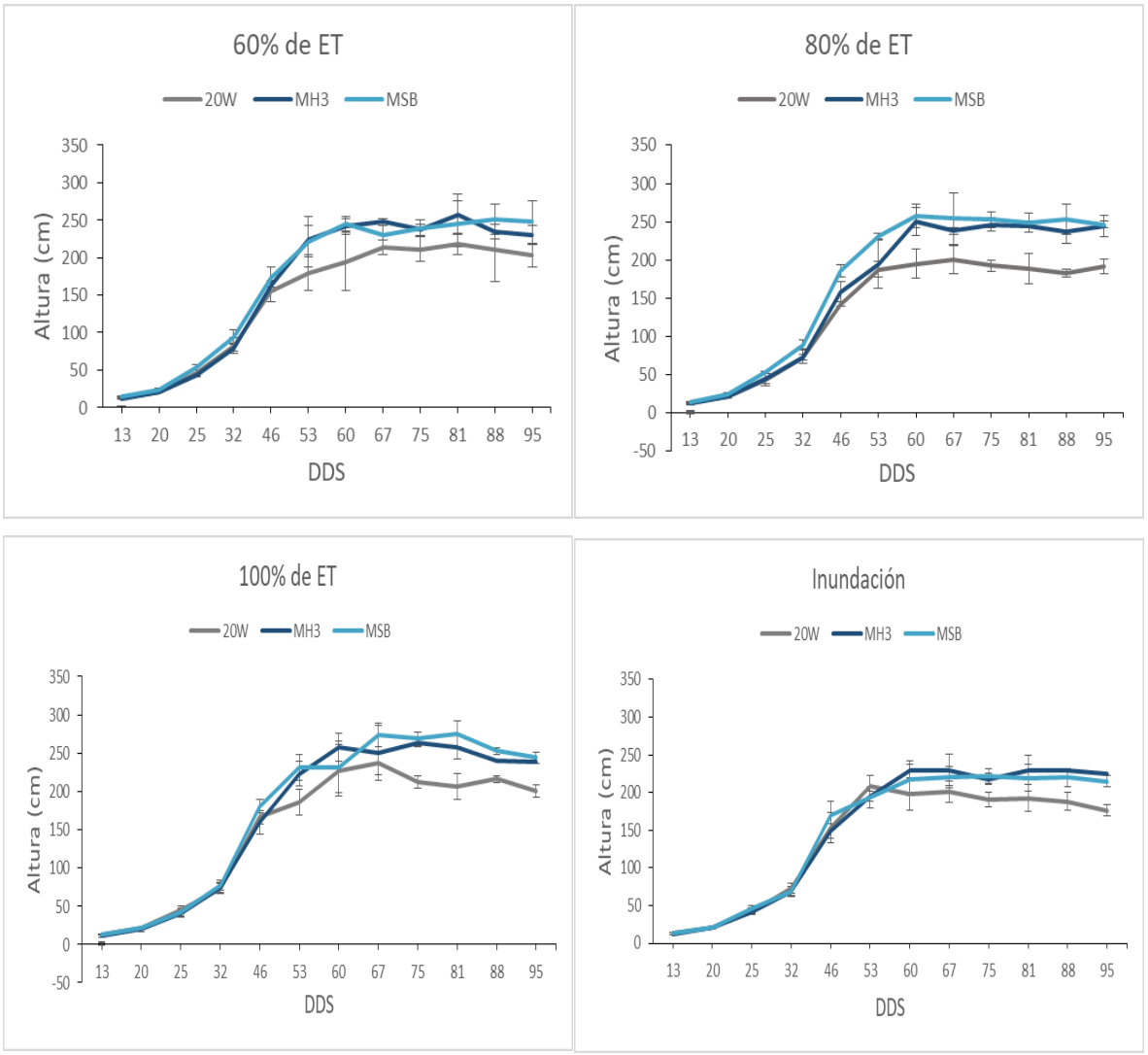


Figura 2. Altura de planta de tres híbridos de maíz y cuatro tratamientos de riego en el ciclo de verano

Durante ambos ciclos de cultivo, el híbrido MSB 302 mostró los valores superiores a los demás híbridos en cuanto a altura de planta, mientras que el 20W obtuvo los registros más bajos. Por otro lado, el híbrido MH383 presentó alturas superiores a las del 20W y mostró una mayor similitud de datos con el MSB302. La altura de planta es un factor crucial que está estrechamente vinculado al rendimiento de un cultivo, esto debido a que existe una alta probabilidad de que al obtener mayores valores de altura de plantas durante el ciclo, se obtengan valores favorables de biomasa y rendimientos (Guamán *et al*, 2020).

Rendimiento de forraje verde y forraje seco en ambos ciclos

De acuerdo con los datos que se presentan en el Cuadro 1, durante el ciclo de primavera, la variedad MH383 obtuvo los mejores resultados de rendimiento tanto en forraje verde como en forraje seco. Asimismo, en el ciclo de verano, el híbrido MH383 también presento un mayor rendimiento, alcanzando el máximo rendimiento en forraje verde bajo el tratamiento de 100% de riego y en forraje seco en el tratamiento de 80% de riego.

Cuadro 1. Rendimiento FV y FS en ambos ciclos

Porcentaje ET	Variedad maíz	FV t/ha PRIMAVERA	FS t/ha PRIMAVERA	FV t/ha VERANO	FS t/ha VERANO
60%	20W	41.61	16.41	40.56	15.47
	MH383	55.43	19.65	62.07	20.17
	MSB302	40.88	14.47	49.12	17.05
80%	20W	52.20	17.31	48.20	17.32
	MH383	61.21	21.68	70.61	22.78
	MSB302	56.55	17.72	63.74	19.88
100%	20W	57.04	19.31	52.30	17.27
	MH383	69.86	23.70	71.80	22.67
	MSB302	64.91	20.76	64.65	20.26
Inundación	20W	45.65	16.14	44.85	14.20
	MH383	48.90	15.15	62.07	19.29
	MSB302	52.19	15.15	51.17	16.63

Producción de forraje verde y forraje seco

En La Figura 3 y 4 se muestran los rendimientos de las tres variedades de maíz en forraje verde y forraje seco, respectivamente. En ambos ciclos las variedades tuvieron el mismo resultado en cuanto a comparación de rendimiento. El hibrido MH383 resulto ser diferente estadísticamente al 20W, mientras que el MSB302 presento similitud con los dos tratamientos.

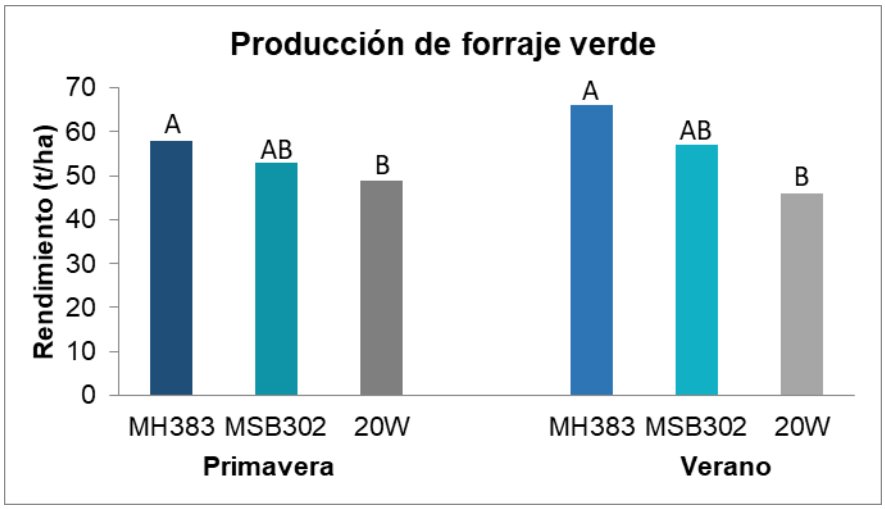


Figura 3. Producción de forraje verde en primavera y verano

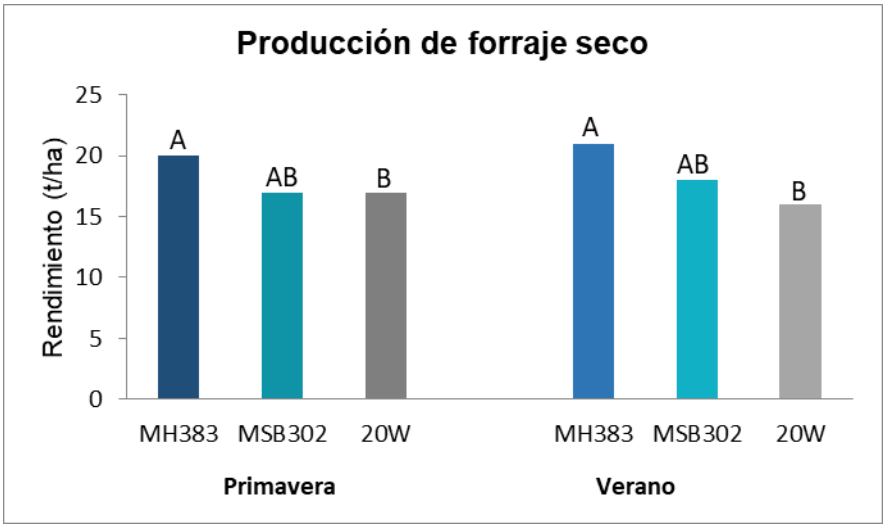


Figura 4. Producción de forraje seco en primavera y verano

Los datos obtenidos son similares a los reportados por Zavala *et al* (2022) en cuanto al rendimiento de la variedad MSB302, obteniendo los mejores resultados de FS en tratamiento de 100% de ET (20 t/ha), sin embargo, respecto a la variedad MH3383, esta

investigación reporta datos superiores (23.7 t/ha en 100% de ET), a los obtenidos en dicho estudio (17.7 t/ha en 80% de ET). Respecto al rendimiento de forraje seco por tratamiento de riego se difiere con lo reportado por Ibarra *et al* (2021) quienes obtuvieron mayores rendimientos de FS en el tratamiento de 100% de ET en el ciclo de verano, mientras que en esta investigación ese resultado se obtuvo en el tratamiento de 80%.

CONCLUSIONES

La implementación del riego por goteo subsuperficial, con aplicaciones hídricas calculadas con evapotranspiración, represento un mayor rendimiento tanto en forraje verde como forraje seco en las tres variedades de maíz en comparación con las aplicaciones de riego por inundación. La variedad MH383 fue la que presento los mejores rendimientos. En general en el ciclo de verano fue donde se obtuvieron las mayores producciones de forraje verde y seco.

REFERENCIAS

Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando cuatro híbridos. Siembra, 7(2), 047–056.

Ibarra Mesta, M., González Reyes, A., & Coronado Yescas, A. G. (2021). Niveles de evapotranspiración sobre el potencial hídrico, temperatura y rendimiento en maíz forrajero en riego por goteo. Revista tecnológica cea, 6(15), 558.

Luna Mena, B. M., Hinojosa Rodríguez, M. A., Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., & Mejía Contreras, J. A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, *35*(1), 1-7.

Reyes González, A., Sánchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., Gaytan, I. F., Leal, E. H., & Hernández, K. R. (2020). Rendimiento y productividad del agua en maíz (Zea mays L.) forrajero con riego por goteo subsuperficial. Agrofaz, 2(1), 3-13.

Robles, F. S., Macías, R. G., Sánchez, F. I. E., Ortega, J. C. A., & Zavala, J. G. O. 2018. Caracterización de la cadena de valor del maíz. Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 5(9).1-15

SADER. 2021. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Delegación en la Región Lagunera, Sector Agropecuario, 2021. El Siglo de Torreón. Suplemento especial. 24 p.

Zavala-Borrego, F., Reyes-González, A., Álvarez-Reyna, V. D. P., Cano-Ríos, P., & Rodríguez-Moreno, V. M. (2022). Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 13(3), 407-420.

PRODUCCIÓN DE SORGO FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO DURANTE DOS CICLOS DE CULTIVO EN LA COMARCA LAGUNERA

Claudia Leonor Macias Ortega[1], Arturo Reyes González[2], José Ernesto Frías Ramírez[1], Yoselin Delgado Castro[1], Mayra Ayde de la Rosa Montemayor[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI.

[2]INIFAP Campo Experimental La Laguna

Autor para correspondencia: ipaleo10@outlook.com

RESUMEN

Las sequías severas y las precipitaciones irregulares han causado un desequilibrio en los ciclos de riego, es por esto que se requiere implementar nuevas técnicas como la de riego por goteo subsuperficial. Este es un sistema que mejora la eficiencia en el uso del agua. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la producción de dos variedades de sorgo forrajero con riego por goteo subsuperficial, basado en diferentes niveles de evapotranspiración en los ciclos primavera y verano del 2022. El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP en Matamoros, Coahuila. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar. Los resultados mostraron que en el ciclo primavera la variedad de Super Sorgo fue la que presento mayor rendimiento de forraje verde con un rendimiento de 113 t/ha con riego al 100% de la ET y en forraje seco la mejor variedad fue Sorgo Silo Miel con un rendimiento de 30 t/ha en la ET de 100%. La productividad del agua fue mayor (5.47 kg fs/m^3) en el ciclo de verano con el tratamiento del 60% de ET. En general en el ciclo de verano se presentó la producción más homogénea y la mejor productividad del agua.

Palabras clave: riego por goteo subsuperficial, evapotranspiración, rendimiento, productividad.

ABSTRACT

Severe droughts and irregular rainfall have caused an imbalance in irrigation cycles, which is why it is necessary to adopt new techniques such as subsurface drip irrigation. This system improves the efficiency of water use. The objective of this research was to evaluate the yield of two varieties of forage sorghum with subsurface drip irrigation, based on different levels of evapotranspiration in the spring and summer 2022 growing seasons. The

experiment was carried out in the La Laguna Experimental Field of INIFAP in Matamoros Coahuila. The experimental design used was randomized blocks. The results showed that in the spring cycle the Super Sorghum variety was the one with the highest yield of green forage with a yield of 113 t/ha with irrigation at 100% of ET and in dry forage, the best variety was Sorgo Silo Miel with a yield of 30 t/ha in 100% of ET. The water productivity was higher (5.47 kg fs/m3) in the summer cycle with the treatment of 60% of ET. In general, the most homogeneous yields and the best water productivity were presented in the summer growing season.

Key words: subsurface drip irrigation, evapotranspiration, yield, productivity.

INTRODUCCION

El agua es el elemento clave más restrictivo para hacer agricultura, si no tenemos agua es imposible tener agricultura. En la actualidad en el mundo el método de riego más común es el temporal que cubre el 80% de la tierra cultivada y es responsable de aproximadamente el 60% de la producción agrícola mundial. Hoy en día es conveniente implementar nuevas técnicas como la de riego por goteo subsuperficial que ha demostrado tener buenas eficiencias en el uso del agua además de disminuir la perdida en un 44 % el volumen aplicado respecto al riego superficial (Montemayor et al., 2012). El riego por goteo se puede emplear en cualquier ciclo de cultivo y tiene rendimientos superiores en comparación a otros riegos como el riego por inundación y riego por aspersión. Existen estudios donde el volumen de agua aplicado en los tratamientos de riego por goteo sub superficial fue de 24 a 39% menor con respecto al aplicado en el riego por inundación (Zavala, et al., 2021). Es decir, suministrar al suelo la humedad en cantidad y tiempo requerido por los cultivos para la obtención del rendimiento óptimo. Su importancia estriba primero, en que el rendimiento de los cultivos es función de este componente, y segundo en que, en proporción, la evapotranspiración representa el 50 por ciento del balance hidrológico (Hernández1990, Morales 1999). Existen registros de riego por inundación donde la producción de forraje seco es de 9 toneladas por hectárea y con el riego por goteo la producción aumento a 19 toneladas por hectárea. Para tener una mejor eficiencia en los riegos es necesario considerar la evapotranspiración que es principal componente del ciclo hidrológico solo después de la lluvia (Reyes-González et al., 2019). En la Comarca Lagunera la producción de forraje constituye una limitante debido a la escasez de agua, ya que al año la precipitación es de 200 mm mientras que la evapotranspiración es de 2000 mm anuales. El

objetivo de la presente investigación fue evaluar la producción de dos variedades de sorgo forrajero con riego por goteo subsuperficial, con riego basado en diferentes niveles de evapotranspiración en los ciclos de primavera y verano del 2022.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP) localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' LN,103° 14' LO y 1100 msnm). Con clima seco desértico, con escasas lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 200 mm y la evapotranspiración media anual es 2000 mm, la temperatura media anual es 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C.

Este estudio se realizó en los ciclos de primavera y verano 2022, el material vegetativo utilizado fue Super Sorgo y Sorgo Silo Miel. La Preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastreo, nivelación y enterrado de la cintilla a profundidad 0.3 m y un espacio entre cintas de 0.76 m la cintilla fue Aqua Traxx 8 mil con espesor de pared 0.20 mm y un diámetro anterior 16 mm los emisores a 20 cm y un caudal de 2.5 Lh^{-1}, la presión de operación fue de 8 PSI. La frecuencia de riego con el RGS fue cada tercer día. En el riego por gravedad se diseñó una melga de 15 m de ancho por 30 m de largo se aplicaron siete riegos con una lámina promedio de 10 cm cada uno cada 15 días.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas donde la parcela grande fueron los tratamientos de riego (60%, 80%, 100% de la ET) y un testigo riego por inundación; y las parcelas chicas fueron las dos variedades de sorgo. Los bloques consistieron en cuatro surcos distanciados a 0.76 m por 5 m de largo (15 m^2). Por lo tanto, se obtuvieron 8 combinaciones con cuatro repeticiones, resultando un total de 32 unidades experimentales, en una superficie de 480 m^2. La evapotranspiración (ET) se tomó del atmómetro ETgage Tipo A, el cual se encontraba a 20 m del sitio experimental. Para determinar la producción de forraje verde se pesaron 3 metros lineales de los dos surcos centrales como parcela útil, eliminando 1 m de cada extremo para excluir el efecto de orilla. En la determinación de forraje seco se tomó una planta de sorgo representativa se trituro y se colocó en una bolsa etiquetada para llevar a pesado posterior mente se llevó a secado en una estufa a 65^0c por 72 horas transcurrido el tiempo, se pesó nuevamente para poder calcular la producción de forraje seco la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde. La productividad del agua se

obtuvo dividiendo el peso de forraje seco cosechado (kg/ha) entre el volumen total de agua aplicado (m^3) para cada tratamiento. El sorgo se cosecho a los 105 DDS en primavera y en el verano a los 90 DDS, ya que se utilizó el rebroté.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de forraje verde

El forraje verde del ciclo de primavera para la variedad Super Sorgo presento mayor rendimiento con el riego por goteo en la evapotranspiración al 100%. obteniendo 113.31 toneladas por hectárea seguida de Sorgo Silo Miel al (109.71 t/ha). Estas superaron en ambos casos a el riego por inundación que se consideró como testigo. La diferencia en cuanto a producción fue de 37.59 toneladas por hectárea en la variedad de Sorgo Silo Miel y 40.87 toneladas para Super Sorgo, respecto a testigo. Esto demuestra que el riego por goteo tiene mayor rendimiento de forraje verde cuando se considera su evapotranspiración y se calcula la necesidad del cultivo (Kc) de acuerdo a su etapa fenológica. Por lo contrario, el riego a el 60 % de ET fue uno de los que presento menor producción en la variedad de Sorgo Silo Miel y su producción fue menor al 50% en comparación la misma variedad con evapotranspiración a el 100% de ET. En el ciclo de verano el que tuvo mayor rendimiento fue el Sorgo Silo Miel al 60% ET con 112.48 t/ha y el que presento menor rendimiento fue el 100% de ET con solo 91.12 t/ha para la variedad Super Sorgo. En el verano los rendimientos fueron más homogéneos. Herrera, (2016) menciona que el sorgo forrajero tiene la característica de retoñar después de cortado por primera vez, lo que permite lograr una segunda cosecha con un bajo costo de producción, aunque con un rendimiento más bajo que la primera. Sin embargo, en esta investigación se obtuvieron mayores rendimientos por hectárea en el ciclo de rebroté que se llevó a cabo en verano 2022.

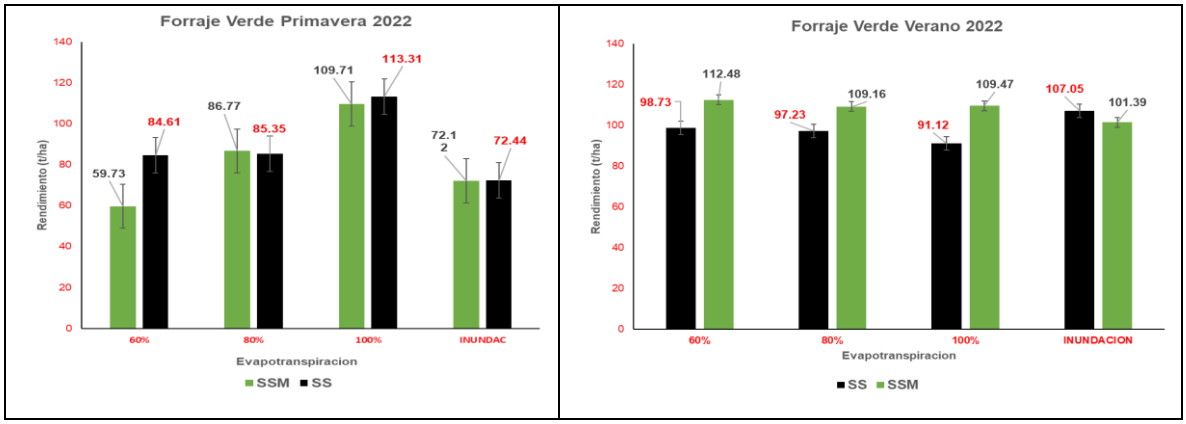


Figura 1. Forraje verde de dos ciclos de producción.

Producción de forraje seco

En el ciclo de primavera para el tratamiento del 100% de ET, ambas variedades Sorgo Silo Miel y Super Sorgo presentaron rendimiento superior al de inundación de 13 toneladas por hectárea para Sorgo Silo Miel y 10 toneladas por hectárea para Super Sorgo en comparación a el riego por inundación. En el ciclo de verano los rendimientos de forraje seco fueron similares en todos los tratamientos de riego, aunque el tratamiento que presentó el mayor rendimiento de forraje seco fue el de inundación con 28.92 t/ha^{-1} con la variedad de Super Sorgo. De acuerdo con los rendimientos de forraje seco reportado en este trabajo, se puede señalar que los rendimientos se encuentran dentro del rango de producción de materia seca de sorgo forrajero a nivel nacional. Martínez et al, (2005) mencionan que los rendimientos de forraje seco de sorgo (s*orghum vulgare* Pers.) forrajero oscilan entre 13 y 40 t/ha.

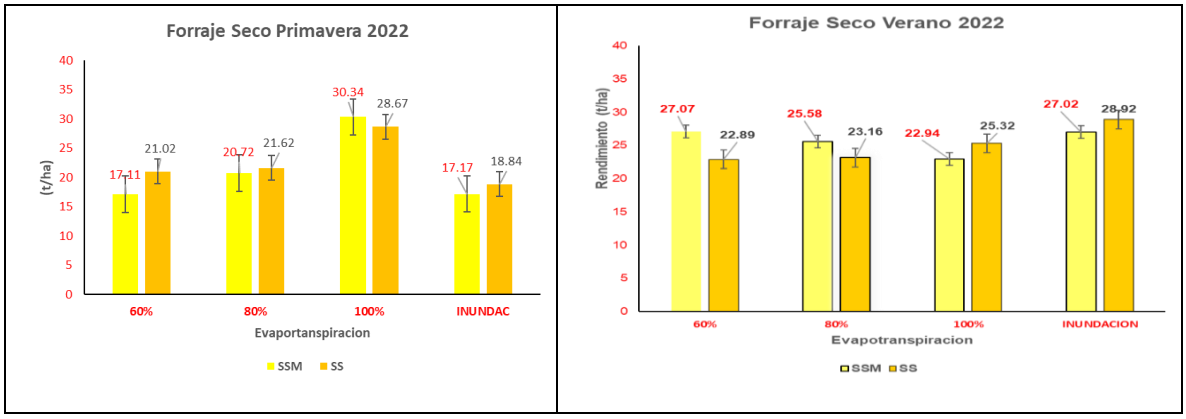


Figura 2. Forraje seco de dos variedades de sorgo en dos ciclos de cultivo.

Lámina de riego

Cuadro 1 y 2 muestra la diferencia de lámina de riego aplicada en los diferentes niveles de evapotranspiración comparándolo con el de inundación en el ciclo de primavera 2022. Observando que para el ciclo de primavera al 60% de la evapotranspiración se riega 30cm menos que el de inundación, sin embargo, en el ciclo de verano la diferencia es solo de 17.5 esto debido a la evapotranspiración mayor en primavera y se tiene que emplear más agua para reponer el requerimiento hídrico de la planta además en el ciclo de verano se presentaron lluvias y temperaturas más favorables para el cultivo. En la siguiente figura se presenta el riego aplicado en el ciclo de primavera y verano. Presentando mayor lámina aplicada en el riego por inundación seguido del 100% de evapotranspiración 80 % y 60 % respectivamente.

Cuadro 1

Primavera	Diferencia
60%	30 cm
80%	12 cm
100%	10 cm

Cuadro 2

Verano	Diferencia
60%	17.5 cm
80%	9.4 cm
100%	1 cm

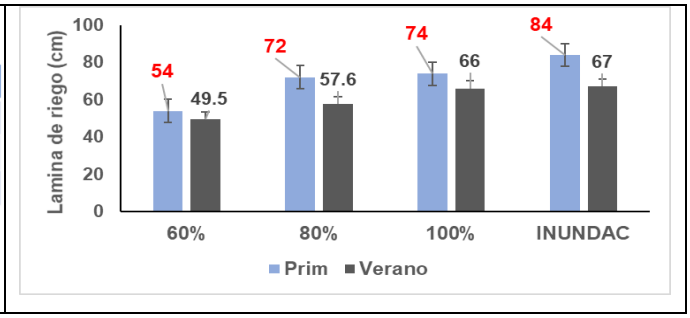


Figura 3. Láminas de riego para dos ciclos de cultivo.

Productividad del agua

La Figura 4 muestra la productividad del agua (PA) en el ciclo de primavera para dos variedades de sorgo y diferentes tratamientos de evapotranspiración 60%, 80%, 100 % y un trastigó por inundación. Se observa que el Sorgo Silo Miel en el tratamiento de 100% de evapotranspiración tubo la mayor productividad 4.1 kilogramos de forraje seco por metro cubico, al comparar con el riego por inundación este muestra un 50% menos productividad, en segundo lugar, el tratamiento del 60 % de evapotranspiración con 3.89 kg de FS /m^3 en la variedad Super Sorgo, presentando mayor productividad con los diferentes niveles de evapotranspiración.

La productividad del agua en el ciclo de verano 2022 el valor más alto fue en el tratamiento de evapotranspiración al 60 % en la variedad Sorgo Silo Miel con valor de 5.47 kilogramos de forraje seco por metro cubico, seguido de Sorgo Silo miel con 4.62 en el 60% ET, al comparar estos resultados con el testigo por inundación la diferencia es de 1.44 kg fs/m^3 siendo mejor los resultados de productividad en los niveles de evapotranspiración.

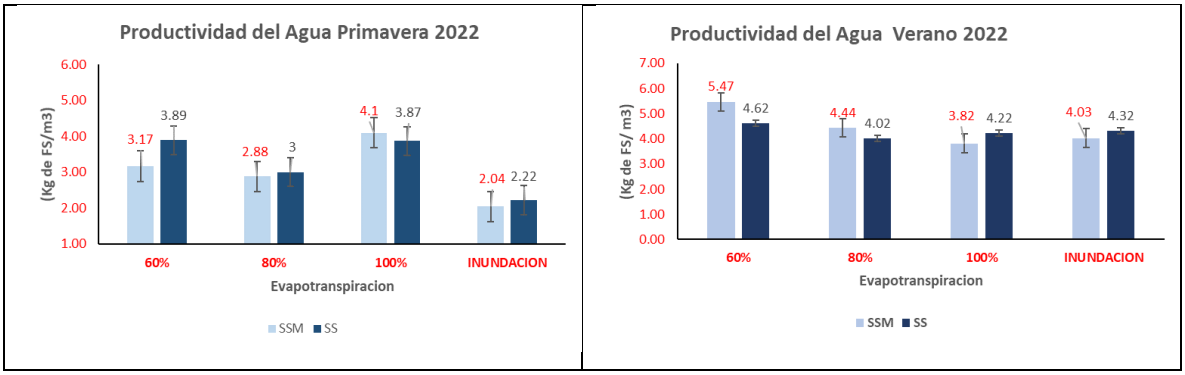


Figura 4. Productividad del agua de dos variedades de sorgo en dos ciclos de cultivo.

CONCLUCIONES

El rendimiento de forraje verde fue similar entre variedades de sorgo, sin embargo, en el tratamiento del 100 % de ET fue donde se obtuvo el mejor rendimiento en el ciclo de primavera, mientras que en el ciclo de verano todos los tratamientos fueron similares. Al igual que en el rendimiento de forraje verde en el ciclo de primavera, la producción de forraje seco fue mejor en el tratamiento del 100% de ET, aunque en el ciclo de verano no hubo diferencia entre tratamientos ni entre variedades. La productividad del agua en el ciclo de primavera fue mayor en los tratamientos de 60 y 100% de ET y en el ciclo de verano el tratamiento de 60 % de ET fue el que registro el mayor valor de PA. En general los mejores rendimientos de forraje verde, forraje seco y PA se presentaron en el ciclo de verano para Sorgo Silo Miel y Super Sorgo. Ambos cultivares pueden ser utilizados en la localidad lagunera ya que sus resultados productivos superan los valores que se establecen para el cultivo del sorgo.

REFERENCIAS

Hernández Ocón C.A. 2016. Oferta de maíz y sorgo forrajeros en la comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp 37.

Hernández, Y., C. 1990. Programa para el cálculo de evapotranspiración potencial. Folleto Misceláneo Num 1. CENID-RASPA. SARH. Gómez Palacio, Dgo.

Morales, V. J. 1999. Evaluación del riego en el Módulo No XIII, La Marinera. Módulo de Riego XIII, Distrito de Riego 017, Región Lagunera, Coahuila.

Martínez-Villa, J., Silva-Sáenz, R. A., & Cuéllar-Villareal, E. J. (2005). Guía para cultivar sorgo forrajero de riego para pastoreo, verdeo y henificado en el norte y centro de Coahuila. [Folleto para productores No. 7, INIFAP]. Coahuila, México.

Montemayor, T., J. A., Lara, M., J. L., Woo, R., J. L. Munguía, L., J. Rivera, G., M. Trucíos, C. R. (2012). Producción de maíz forrajero (Zea mays L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. Agrociencia. Vol.46. Núm.3. Pág. 267-278.

Reyes-González, A., Rivera-González, M., Delgado-Ramírez, G., Reta-Sánchez, D. G., & Sánchez-Duarte, J. I. (2019). Programación del riego mediante el uso de un atmómetro. AGROFAZ – Journal of Environmental and Agroecological Science, 1(1), 68-79.

Zavala-Borrego, F., Reyes-González, A., Álvarez-Reyna, V. de P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Moreno, V. M. y Preciado-Rangel, P. (2021). Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración sobre área foliar, temperatura superficial, potencial hídrico y rendimiento en sorgo forrajero. Terra Latinoamericana, 39, 1-14. e954. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.954.

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FIBRA DE LINEAS SOBRESALIENTES Y VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN

Martínez-Yañez, Beatriz [1], Hernández-Leal, Enrique[2], Castillo-González, Fernando [1], García-Zavala, José Jesus[1], Corona-Torres, Tarcisio[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. [2]Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. [2]Campo. *Correo electrónico: martinez.beatriz@colpos.mx

RESUMEN

En los últimos años México ha reducido la superficie sembrada del cultivo del algodón, siendo una planta de importancia económica por su alto valor para la industria textil, además de ser generador de empleos, es considerado un precursor del mejoramiento genético gracias a la diversidad genética, debido a que las prioridades de los programas de mejoramiento son rendimiento, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, sin que estos afecten la calidad de fibra. Para este experimento se evaluaron ocho materiales entre variedades convencionales y nativas que cuentan con un rendimiento y calidad de fibra y que son competitivos a las variedades comerciales que actualmente se cultivan en la Región Norte del país, siendo las zonas de mayor producción en nuestro país. De acuerdo a los datos obtenidos, se identificó que la línea GOS-27 y las variedades convencionales cuentan con los tres parámetros principales que la industria textil exige, por lo tanto, dichos materiales son una fuente de germoplasma alternativa para la generación de nuevas variedades y evitar el sobrecosto.

Palabras clave: mejoramiento, diversidad, rendimiento

ABSTRACT

In recent years Mexico has reduced the area planted to cotton, being a plant of economic importance due to its high value for the textile industry, besides being a generator of jobs, it is considered a precursor of genetic improvement thanks to genetic diversity, because the priorities of breeding programs are yield, earliness, resistance to pests and diseases, without affecting fiber quality. For this experiment, eight materials were evaluated between

conventional and native varieties that have a yield and fiber quality that are competitive with the commercial varieties currently grown in the Northern Region of the country, being the areas of greatest production in our country. According to the data obtained, it was identified that the GOS-27 line and the conventional varieties have the three main parameters required by the textile industry; therefore, these materials are an alternative germplasm source for the generation of new varieties and to avoid cost overruns.

Key words: breeding, diversity, yield

INTRODUCCIÓN

México es considerado un país biodiverso, cuenta con aproximadamente 259 plantas y 50 especies con amplia variedad que son centro de origen y domesticación (Pérez *et al*., 2012), dentro de estos "recursos fitogenéticos", se encuentra el algodón que para el mundo es considerado de importancia económica en la industria textil, para el pueblo mexicano es de relevancia religiosa para ceremonias y festividades, a través del tiempo no solo las plantas sufren modificaciones, gracias a ellos hay conservación de este recurso, así la perdida de la erosión genética es paulatina. De acuerdo con Prado *et al*. (1999), hace un compendio al inicio de la década de los 60´ la superficie era de 873 mil hectáreas (considerada la máxima superficie), en los primeros cinco años de la década de los 70´ se redujo a 229 mil hectáreas y los cuatro últimos años de esa década se sumaron 391 mil hectáreas con un rendimiento de 4 pacas por hectáreas, esta reducción afecto la manufactura de empleados para este cultivo en esos años. -En la actualidad hay una superficie de 104 mil 966 hectáreas a nivel nacional (SIAP, 2023), siendo el año agrícola más bajo desde el 2020. El mejoramiento genético moderno en cualquier cultivo es complejo debido a que se busca una variedad que cuente con buen rendimiento, precocidad, resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, así como a los climas adversos que se presenten entre otros más, por lo que el mejorador deberá recurrir a la utilización de la diversidad de germoplasma existente (Lemeshev, 1978-1979; Beltrán *et al*., 1995), siendo México el centro de origen de mayor importancia, debido a que la especie cultivada (*G. hirsutum*) de mayor difusión en el mundo se originó aquí . La importancia de la diversidad de genes es gracias a especies y razas de algodón existente en México, las plantas silvestres tienen virtudes naturales como la presencia de nectarios que las domesticadas tienen, pero en menor concentración y eso permite la presencia de hormigas que actúan en defensa para enemigos naturales (Vázquez *et al*., 2021), así como la presencia de pubescencia es considerada como barrera

para la radiación, disminución de la transpiración y mayor retención de agua, regulación de CO_2 limitando su difusión (Molina, 2008; Ehleringer y Cook, 1990), esta variación genética Hernández *et al*., 2019; Sun *et al*., 2019), mencionan se encuentra en los centros de origen de especies (parientes silvestres) para la mejora de cultivos. Por ello el objetivo de esta investigación es evaluar el rendimiento y calidad de fibra de cinco variedades convencionales, una línea sobresaliente del Jardín Botánico del Campo Experimental-Iguala del INIFAP y dos testigos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó en el ciclo P-V del 2022 en el lote número siete del C. E. La Laguna (CELALA) del INIFAP, Matamoros, Coahuila (25º 32' N y 103º 14' O). La población de estudio estuvo conformada por cinco variedades convencionales (Juárez-91, Laguna-89, Nazas-87, Cian-95 y Cian Precoz), la línea GOS-27 del Jardín Botánico del C. E. Iguala del INIFAP y los testigos comerciales (Fibermax® y Delta Pine®). El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, la parcela experimental consistió en cinco curcos de 6 m. La siembra fue el 3 de abril a una distancia de 0.76 m entre surcos y nueve plantas por metro lineal para tener una densidad de población de 115,000 plantas ha^{-1}. La fertilización fue 160N-70P-00K por hectárea, para el Nitrógeno se aplicó la mitad después de la siembra y el resto antes del primer riego de auxilio, mientras que el Fósforo se aplicó todo en la siembra. Se dieron tres riegos de auxilio y para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci Gennadius*) se hizo una aplicación del insecticida con el ingrediente activo Pyriproxyfen a una dosis de 1 mL/L.

Se cosecharon 4 m lineales de los dos surcos centrales de cada unidad experimental, donde se registró el peso de fibra y semilla sin hueso en kg ha^{-1}, y para la calidad de fibra se tomó una muestra aleatoria de 400 a 500 g para separar la fibra de la semilla y enviar la muestra al laboratorio de calidad de fibra de algodón del CELALA para medir a cada muestra la finura (FIN; en índices de micronaire), longitud (LOG: en mm), resistencia (RES: en g/tex), elongación (ELOG: en %), Índice de Uniformidad de la longitud (UI: en %), Índice de fibras cortas (SFI: en %), Índice de hilabilidad (SCI), Reflectancia (Rd; en %) y amarillez (+b) (Hernández *et al*., 2022). Con los resultados de rendimiento y calidad de la fibra se hizo una gráfica de componentes principales, utilizando el paquete estadístico Rstudio versión 4.2.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que las variedades convencionales y la línea sobresaliente (Cuadro 1) fue similar en cuanto a la calidad de fibra que, al testigo comercial salvo para la finura, de acuerdo a Hernández-Leal *et al*., (2022), dichos parámetros están en el intervalo que la industria textil requiere. Respecto a la longitud de la fibra en un estudio realizado por Bonilla *et al*. (2020), encontraron que Juárez-91, Laguna-89, Cian-95 y el testigo comercial tuvieron una Fibra Extra Larga. Además, Nazas-87 y Cian Precoz tuvieron los mismos parámetros en los dos ciclos evaluados, Schubert *et al*. (1973), menciona que la longitud no solo es genético, sino que las condiciones climáticas la afecta, Yang *et al*. (2016), dicen que factores como el estrés hídrico y las altas temperaturas aceleran el desarrollo de la fibra, pero limita la duración del alargamiento. Chen *et al*. (2017), menciona que la deficiencia de potasio es otro factor que reduce la longitud, He *et al*. (2022), sustento en una investigación que el genoma A en tetraploides como en diploides tienen fibra larga y realizó una caracterización molecular encontrando que la proteína Rho con Glyco-transf-8 contribuye al alargamiento de la fibra. En el parámetro de resistencia Bonilla *et al*. (2020), Palomo *et al*. (2004) y López *et al*. (2020), concuerdan en sus estudios que la calidad del suelo es otro factor que afecta la calidad de fibra, así como una mala nutrición. En cuanto a la finura, Cian Precoz fue grueso como el testigo comercial en el estudio anterior, la NMX-A-051-SCFI-2000 y Hernández *et al*. (2022) mencionan que la finura ideal debe de estar entre 3.7 a 4.2 y para este ciclo Delta Pine®, tuvo el mismo valor que en estudios anteriores. Para el componente de rendimiento, Laguna-89 presentó buenos resultados superando al ciclo 2018 y en otro estudio realizado por Palomo *et al*. (1990), el rendimiento fue de 4.4 t ha^{-1} con hueso, para correlacionar este componente con las características del fruto, semilla y fibra (López *et al*., 2018). López *et al*. (2020), sugiere que el algodón domesticado tiene características asociadas con alteraciones morfológicas en las plantas como el aumento de peso, tamaño de frutos y semillas en comparación con los materiales silvestres.

Cuadro 1. Compendio de ocho genotipos para rendimiento, tres parámetros de mayor relevancia para la calidad de fibra, características de la planta, así como cinco variables de caracterización de bellota en el CELALA, Coahuila. P-V. 2022.

Genotipo	Ren	FIN	LONG	RES	AP	DT	FSL	PP	N	DP	DE	LP	1ra	C
GOS 27	3.2	4.7 Normal	29 Larga	31.5 Muy alto	44.8	0.72	Elíptica ancha	Media	5	4.1	3.3	1.5	169	180
CianPrecoz	3.6	4.3 Normal	28.7 media	29.7 Alto	45.7	0.73	Elíptica ancha	Media	5	3.9	3.7	1.5	169	179
Cian 95	2.8	4.2 Normal	30.2 Larga	34.2 Muy alto	47.9	0.74	Elíptica ancha	Media	4	4.1	3.2	1.7	169	179
Nazas 87	3.3	4.3 Normal	30.2 Larga	34.9 Muy alto	49.4	0.73	Circular	débil	5	4.0	3.3	1.5	169	179
Laguna 89	3.9	4.4 Normal	29.2 Larga	33.1 Muy alto	52.0	0.77	Elíptica ancha	Media	4	4.0	3.5	1.6	169	180
Juárez 91	3.6	4.3 Normal	29.7 Larga	34.4 Muy alto	**53.9**	0.78	Elíptica ancha	Media	4	4.2	3.4	1.4	169	180
Fibermax®	2.2	4.7 Normal	30.2 Larga	35.2 Muy alto	52.3	**0.83**	Elíptica ancha	Media	5	4.2	3.4	1.5	169	179
Delta Pine®	1.9	5.1 Grueso	29 Larga	32.8 Muy alto	46.2	0.73	Elíptica ancha	Media	5	3.7	3.2	1.7	169	178

Ren: rendimiento (t ha^{-1}); FIN: finura (micronaire); LONG: longitud (mm); RES: resistencia (g/tex); AP: altura de planta (cm); DT: diámetro de tallo (cm); FSL: forma de sección longitudinal de bellota; PPB: prominencia de punta de bellota; NC: número de carpelos; DP: diámetro polar de bellota (mm); DE: diámetro ecuatorial de bellota (mm); LP: longitud de pedúnculo (mm); dds: días después de la siembra; 1ra : primera cosecha (dds) y C: duración del ciclo de acuerdo a la última fecha de cosecha (dds).

El mejoramiento genético consiste en cubrir diferentes factores como el rendimiento, precocidad, en la Figura 1 se puede observar la cronología del desarrollo de los ocho materiales en sus diferentes etapas fenológicas y para este ciclo Nazas-87 fue la más precoz en la etapa vegetativa y en la mitad de la reproductiva y Fibermax® fue la más tardía en todo el ciclo agrícola. Las flechas en la Figura 1 indican los días después de la siembra que se presentaron en promedio de cada genotipo. El agrupamiento de los materiales en el análisis de componentes principales encontramos que el Grupo I estuvo compuesto por Laguna-89, Cian Precoz y GOS-27, los cuales tuvieron los mejores rendimientos y parámetros de calidad de fibra, siendo el primero el material más rendidor. El Grupo II lo componen Nazas-87 y Juárez-91 comparten una similitud en rendimiento y parámetros de calidad de la fibra, el Grupo III, lo

compone Cian-95 y Fibermax® y el último grupo (IV) estuvo compuesto solamente por Delta Pine® quien tuvo el valor más bajo en rendimeinto, debido un el porte de las plantas y su desarrollo fue menor, así como una menor cantidad de bellotas por planta.

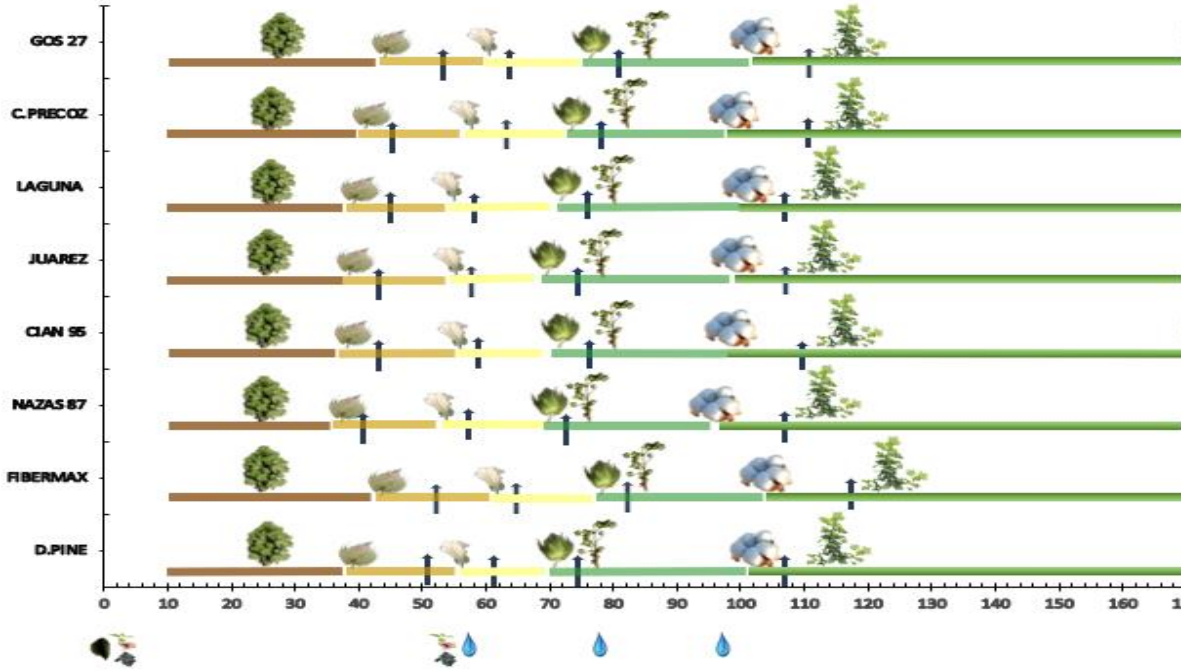


Figura 1. Comportamiento agronómico y fases fenológicas de ocho materiales durante el ciclo agrícola 2022.

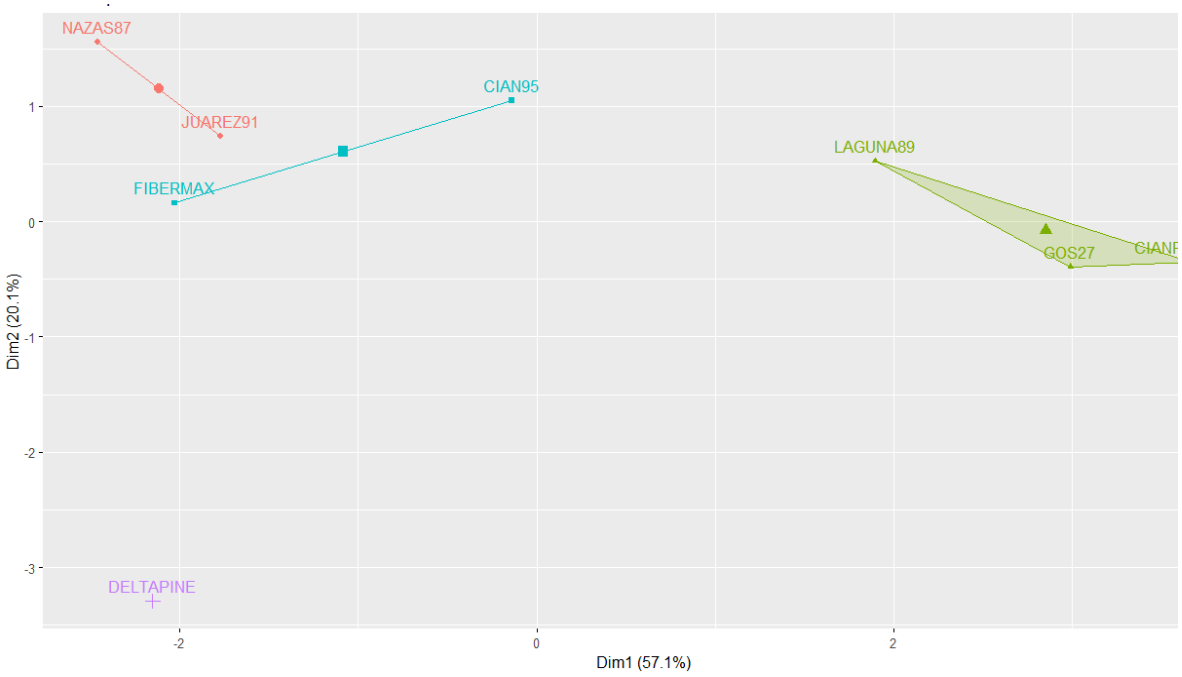


Figura 2. Componentes Principales agrupando ocho materiales convencionales de algodón de acuerdo al rendimiento y la calidad de fibra.

CONCLUSIONES

El material nativo GOS-27 tuvo un buen rendimiento y cumple con la calidad de fibra que la industria textil exige, pero no supero a la variedad convencional Laguna-89. Además, el resto de las variedades convencionales son competitivas en rendimiento y calidad de fibra, la cuales pueden ser una alternativa para ser utilizados por el productor algodonero.

REFERENCIAS

Beltrán-Alonso, J.; Baena-García, D. y Kornegay, J. (1995). Evaluación de generaciones segregantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en campos de agricultores en contraste a la realizada en estación experimental. Acta Agronómica. 45(1):33-40.

Bonilla-Barrientos, O.; Hernández-Leal, E.; Verastegui-Chávez, J.; Maltos-Buendía, J.; Bautista-Ramírez, E.; Hernández-Bautista, A. y Isidro-Requejo, L. M. (2020). Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 43(1): 3-9.

Chen Y, Wang H, Hu W, Wang S, Wang Y, Snider JL, Zhou Z. (2017). Combined elevated temperature and soil waterlogging stresses inhibit cell elongation by altering osmolyte composition of the developing cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber. Plant Sci. 256:196-207. doi: 10.1016/j.plantsci.2017.01.001.

Ehleringer, J. & Cook, C. 1990. Characteristics of Encelia species differing in leaf reflectance and transpiration rate under common garden conditions. Oecologia 82: 484-489.

He Man; Wang Xingfen; Liu Shang; Cheng Hailiang; Zuo Dongyun; Wang Qiaolian; Lv Limin; Zhang Youping y Song Guoli. (2022). Genome-wide characterization of the Rho family in cotton provides insights into fiber development. Journal of cotton research. 5:21.

Hernández-Leal, E.; Franco-Gaytan, I.; Maltos-Buendía, J. y Reyes- González, A. (2022). Determinación de la calidad de fibra del cultivo del algodón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte Centro Campo Experimental La Laguna. Folleto Técnico núm 42. ISBN: 978-607-37-1490-7.

Hernández-Terán, A.; Wegier, A.; Benítez, M.; Lira, R.; Sosa-Fuentes,T. G. y Escalante, A.E. (2019). In vitro performance in cotton plants with different genetic backgrounds: the case of *Gossypium hirsutum* in México, and its implications for germplasm conservation. PeerJ 7:e7017 http://doi.org/10.7717/peerj.7017.

Lemeshev, N. K. (1978-1979). Algodón: I. Formas locales y silvestres como fuentes de germoplasma. 385-387 p.

López-Medina, S.E.; Mostacero-León, J.; Quijano-Jara, C. H.; Gil-Rivero, A.E. y Rabanal-Che León, Ma. F. (2020). Caracterización del fruto, semilla y fibra de *Gossypium raimondii* Ulbrich, ecotipo algodón silvestre. Ciencia Tecnología Agropecuaría, Mosquera. 21(1): e1219.

López-Zavaleta, A; López-Medina, E.; Gil-Rivero, E.; Caicedo-Baltonano, M. y Mendoza-Chiquipoma, E. (2018). Caracterización de frutos, semillas y fibras de *Gossypium barbadense* "algodón pardo".Ciencia para el desarrollo SCIÉNDO. 21(3):301-304.

Molina-Montenegro, M.A. (2008). Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Ecosistemas 17 (1): 146-154.

Palomo-Gil, A.; Gaytán, A.; Faz, R.; Reta, D. and Gutiérrez, E. (2004). Cotton yield and fiber quality in response to nitrogen rate and number of irrigations. Terra Latinoamericana. 22(3): 299-305.

Palomo-Gil, A.; Gaytán, A. y García-C., E.A. (1990). Laguna 89: nueva variedad de algodonero tolerante al *verticillium*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos. Instituto Naconal de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Agricolas del Norte, Campo agrícola Experimental de la Laguna.

Pérez-Mendoza, C.; Tovar-Gómez, Ma. del R.; Avilés-Quezada, Ma. V.; Tovar Gómez, M. y Guzmán-Mayo, J. (2012). *Kuiemuxa:* Algodón nativo de México. SAGARPA, INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Centro de Recursos Genéticos. Publicación especial número 2. ISBN: 978-607-425-986-5.

Prado, M. R.; Obispo, G. Q.; Godoy, A.S. (1999). Algodón: Panorama Nacional. Programa de algodón. INIA.

Schubert, A. M., C. R. Benedict, J. D. Berlin and R. J. Kohel. 1973. Cotton fiber development-kinetics of cell elongation and secondary wall thickening. Crop Sci. 13: 704-709.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). Producción Agrícola. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

Sun, Z., Wang, X., Liu, Z., Gu, Q., Zhang, Y., Li, Z., Ke, H., Yang, J., Wu, J., Wu, L., Zhang, G. & Ma, Z. (2019). Evaluation of the genetic diversity of fibre quality traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) inferred from phenotypic variations. Journal of Cotton Research. 2(22): 2-8. https://doi.org/10.1186/s42397-019-0041-2

Vázquez-Barrios, V., Boege, K., Sosa-Fuentes, T.G., Fernández, P. & Wegier, A. (2021). Ongoing ecological and evolutionary consequences by the presence of transgenes in a wild cotton population. *Sci Rep* **11**, 1959. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81567-z

Yang, Jiashuo; Hu, Wei; Zhao, Wenqing; Chen, Binglin; Wang, Youhua; Zhou, Zhiguo and Men, Yali. (2016). Fruiting Branch K+ level affects cotton fiber elongation through osmoregulation. Frontiers in Plant Science. 7-13.

PRONÓSTICO QUINCENAL TÉRMICO-HUMEDAD PARA MÉXICO

González-González, Miguel Ángel[1]; Corrales-Suastegui, Arturo[1]; Narváez-Mendoza, Mario Primitivo[1]; González-Jasso, Luis Antonio[1]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

[1]Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El clima repercute de manera directa a las actividades agropecuarias, por lo que es de suma importancia el conocimiento del comportamiento de este en el plazo extendido. El presente estudio resuelve una necesidad de un pronóstico agroclimático extendido debido al cambio climático experimentado en las últimas décadas. La información presentada en este estudio es un pronóstico operativo para México de grados día de desarrollo (GDD) y lámina de lluvia y sus respectivas anomalías. Acorde al pronóstico, se detecta un incremento en los GDD en gran parte de la República Mexicana, en especial, en el norte del país, debido a la muy probable aparición de la fase cálida de El Niño - Oscilación del Sur de intensidad fuerte para el verano de 2023. Asimismo, este pronóstico indica una disminución en las precipitaciones en extensas porciones del altiplano norte del país y un incremento en la mayor parte del Pacífico Mexicano. La gran ventaja de este pronóstico operativo es que se actualiza diariamente con alcance quincenal, a manera de tener información al día. Con base en esta herramienta, usuarios en el sector agrícola obtienen un conocimiento al día ante las condiciones atmosféricas de temperatura y humedad que se presentaran para el quehacer de sus actividades.

Palabras clave: pronóstico quincenal, GDD, lámina de lluvia.

ABSTRACT

The climate has a direct impact on agricultural activities, so it is extremely important to know the behavior of the climate in the extended term. The present study solves a need for an extended agroclimatic forecast due to the climate change experienced in the last decades. The information presented in this study is an operational forecast for Mexico of growing degree days (GDD) and rainfall, and their anomalies. According to the forecast, an increase

in the GDD is detected in a large part of the Mexican Republic, especially in the north of the country, due to the very probable appearance of the warm phase of El Niño Southern Oscillation of strong intensity for the summer of 2023. Likewise, this forecast indicates a decrease in rainfall in extensive portions of the northern highlands of the country and an increase in most of the Mexican Pacific. The great advantage of this operational forecast is that it is updated daily with a fortnightly scope, in order to have up-to-date information. Based on this tool, users in the agricultural sector obtain up-to-date knowledge of the atmospheric conditions of temperature and humidity that will arise for the performance of their activities.

Key words: 15-day forecast, GDD, rainfall.

INTRODUCCIÓN

En las actividades agrícolas del uso de agua para los cultivos en el mundo son identificados como opciones de gestión importantes para optimizar la producción de cereales y granos. Por ejemplo, las fechas de intención de siembra de temporal, el desarrollo y cosecha de los principales cultivos en el mundo (maíz, frijol, sorgo y avena). Sin embargo, la típica planeación agrícola ha estado cambiando debido al cambio climático experimentado en las últimas décadas. Por ejemplo, las sequías y lluvias torrenciales en diferentes partes del mundo (Benito, 2012).

México no ha sido la excepción respecto al cambio climático, por ejemplo, en el año 2005, los atrasos en el inicio de las precipitaciones pluviales desfasaron los ciclos agrícolas en Guanajuato y otros estados aledaños al disminuir el rendimiento de la producción en dicha región del centro del país (Redacción de La Jornada, 2005). Otro ejemplo reciente fue el retraso de las lluvias en el 2018 (Gómez-Mena, 2018), donde se siniestraron alrededor de un millón de hectáreas en los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Ciudad de México e Hidalgo. Por tal motivo, las sequías intra-estivales afectan de manera importante las diferentes etapas del desarrollo del cultivo, hasta incluso extenderse en la mayor parte de las etapas del mismo, como fue el caso de una de las mayores sequías registradas en 2011 en la parte noreste, centro y norte del país, al mermar más de la mitad de producción de frijol de temporal en la región (González-Amador, 2012).

En la figuración de los fenómenos océano-atmósfera como moduladores del clima a mediano y largo plazo (escala quincenal, mensual o estacional), existen ejemplos como los

Modelos de Circulación General de la Atmósfera (MCGA), los cuales están siendo utilizados alrededor del mundo con un éxito relativo (Baigorria et al., 2008). Algunos de los principales MCGA generados y desarrollados por instituciones de investigación sobre el clima son los emitidos por el IRI (International Research Institute for Climate and Society), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), APCC (APEC Climate Center) y el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), los cuales ofrecen pronósticos climáticos a más de 10 días y con un alcance de hasta un año.

En la actualidad los pronósticos numéricos de lluvia a corto plazo (hasta 10 días) son herramientas de planeación en el corto plazo para la agricultura de riego y temporal debido a su fiabilidad (Krishnamurthy, 2019). Aunque estos tienen una alta incertidumbre en el tiempo extendido (mayores a 10 días) (Lorentz, 1969), siguen siendo una herramienta útil (González-González et al., 2022). En el caso del sector agrícola, los modelos numéricos, pueden ser utilizados como sistemas de predicción de hasta 15 días.

Por lo anterior, esta investigación es parte de un gran esfuerzo en la interpretación del pronóstico numérico operativo AgroPron (González-González et al., 2021), para que los productores, tomadores de decisión e interesados puedan realizar las acciones necesarias en el aprovechamiento de insumos agrícolas afectados por las condiciones ambientales; especialmente para las tierras de cultivo de temporal, las cuales se encuentran directamente impactadas por la gran variación climática.

MATERIALES Y MÉTODOS

En principio, se trabajo con las salidas del AgroPron, el cual genera pronósticos numéricos basados en el GFS (Global Forecast System) a quince días en formato de mallas de texto, a resolución de ~27 km. Para este trabajo se generaron los rasters del pronóstico térmico de grados días de desarrollo (GDD) y la lámina de lluvia en milímetros, en el periodo que comprende del 5 de agosto al 19 de agosto de 2023. Asimismo, para el mismo periodo se obtuvieron sus climatologías para el cálculo de las anomalías de los grados día de desarrollo y la lámina de lluvia en milímetros, así como sus anomalías en porcentaje.

El procedimiento fue trabajar en un ambiente de los Sistemas de Información geográfica (SIG) al recopilar el shapefile (shp) de México en la plataforma del INEGI a una escala de 1:25,000. A cada una de las capas rasters de GDD esperados, climatología de los GDD,

anomalía de los GDD esperados, lámina de lluvia esperada, climatología de la lámina de lluvia y la anomalía de la lámina de lluvia esperada se les sobrepusieron la capa shp para delimitar áreas socio-políticas del país, es decir, los estados de la República Mexicana (Figura 1).

La referencia espacial para las siete capas de información en formatos raster y shp fue en coordenadas geográficas decimales (Datum WGS-1984), sin proyección espacial.

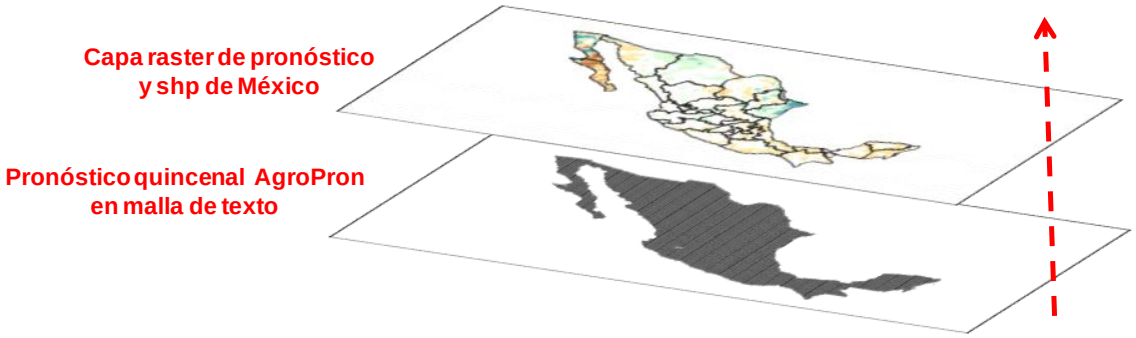


Figura 1. Capa de información en texto (abajo) y raster-shp (arriba) para proyección en mapas del pronóstico térmico y de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pronóstico quincenal térmico del 5 de agosto al 19 de agosto del 2023 muestra que los grados día de desarrollo esperados (GDD) estarán por arriba del promedio histórico en la mayor parte del territorio nacional (20 a 80 GDD más), en especial en el altiplano norte-centro del país. Solamente en el Pacífico Sur y Golfo de México se observa un decremento de las mismas, las cuales pudieran deberse al aumento de nubosidad debido a una disminución en la intensidad de la canícula en dicha región (Figuras 2a, b y c). Tales incrementos en los GDD concuerdan con el aumento en las temperaturas por el calentamiento del océano que se ha venido presentando a partir de la primavera del 2023 ya que es altamente probable la aparición de el fenómeno de El Niño de una intensidad fuerte (IRI, 2023).

En las figuras 2d, e y f, la lámina de lluvia indica que se espera una disminución de las láminas de lluvia en el orden de -15 mm a -60 mm en gran parte del norte y centro del país,

es especial en el Durango y Zacatecas, agravando la falta de humedad reportada por el Monitor de Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2023) en los estados anteriormente mencionados. También se observa un área en el sur de Veracruz y Oaxaca con disminución en la lámina de lluvia de hasta -100 mm. Contrariamente, en gran parte del Pacífico, zonas del Golfo de México y centro del territorio nacional se detecta un aumento en las precipitaciones (de 15 mm a más de 100 mm, dependiendo de la zona). Lo anterior, gracias a un leve aumento en la Oscilación Madden-Julian (OMJ) esperada en las próximas semanas, por lo que habrá un incremento en las lluvias en dichas regiones. Sin embargo, la OMJ ha sido muy débil e irregular desde el inicio del temporal en México (Madden-Julian Oscillation, 2023).

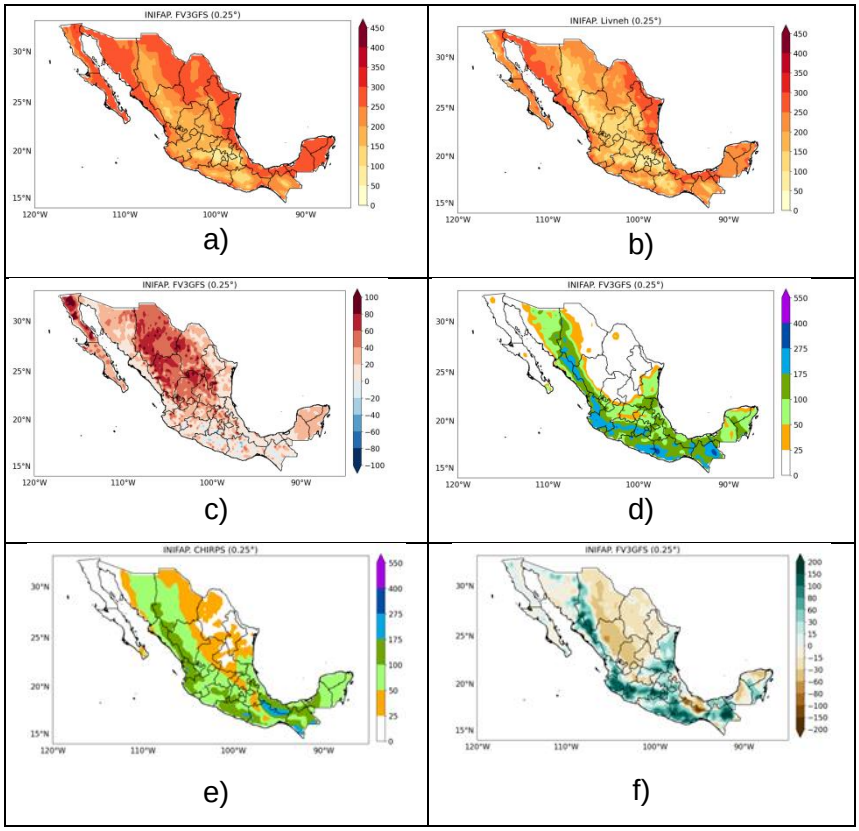


Figura 2. a) Pronóstico de GDD, b) climatología de GDD, c) anomalía de GDD, d) pronostico de lámina de lluvia, e) climatología de lámina de lluvia y f) anomalía de lámina de lluvia del 5 de agosto al 19 de agosto de 2023.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la tecnología AgroPron que genera información de pronósticos agroclimáticos, informa de manera diaria pronósticos climáticos extendidos a quince días de GDD y la lámina de lluvia esperada a escala nacional. La limitada información de este tipo de pronósticos a quince días da su especial importancia a la tecnología AgroPron ya que, por lo general, no se encuentran en las aplicaciones informáticas móviles o páginas web que visitamos o consultamos a diario.

Sin embargo, debido al caos del sistema climático, hasta el momento no es posible tener habilidades de más del 80 % para pronósticos extendidos hasta quince días, no obstante, este pronóstico al tener una habilidad en la precipitación de alrededor de un 60 %, es sumamente útil al presentar un escenario de GDD y lámina de lluvia que por ende, deriva en un menor riesgo social o económico.

Llegar a escala de parcela es el propósito de esta tecnología, ya que los mapas de pronóstico a escala nacional sirven para ubicar nuestra zona de interés, de esta manera, lo ideal es que a través de cursos de capacitación a personal técnico-extensionista o productor, la información se baje a escala parcelaria con los datos diarios que se generan y tienen disponibles, con el fin de atender necesidades específicas que se requieren; por ejemplo, a partir de los datos de pronóstico climático quincenal, desarrollar un sistema de alerta de riego, un sistema de alerta de heladas durante la floración de durazno, o un sistema de alerta de plagas en nuestro cultivo de interés. Por lo tanto, explotar este tipo de pronósticos operativos con actualizaciones diarias es de gran beneficio para la sociedad, al contribuir a un menor riesgo social o económico para el sector agrícola nacional.

REFERENCIAS

Benito, G. (2012). Incidencia de sequías y catástrofes naturales en la desertización.

González-Amador, R. (Marzo 23, 2012). “Cayó a la mitad la producción de frijol y 20% la de maíz en 2011”: La Jornada. https://www.jornada.com.mx/2012/03/23/economia/026n1eco

González- González, M. A., Corrales-Suastegui, Narváez-Mendoza, M. P., González-Jasso, L. A., y Cruz-Vázquez, A. (2021). AgroPron-Componente quincenal de pronóstico térmico y humedad para la República Mexicana (Tecnología

generada en 2021 y reportada en diciembre). Pabellón de Arteaga, Ags., México: Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

González- González, M. A., Corrales-Suastegui, A., González-Jasso, L. A., y Narváez-Mendoza, M. P. (2022). Evaluación de pronósticos quincenales de lluvia durante el temporal para las áreas agrícolas de la República Mexicana. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. ISSN: 2594-1437.

Gómez-Mena, C. (Junio 18, 2018). "Siniestradas un millón de hectáreas de maíz por calor y retraso de lluvias": La Jornada. https://www.jornada.com.mx/2018/06/08/sociedad/035n2soc

IRI, Columbia Climate School International Research Institute for Climate and Society (2023). ENSO Forecast. Recuperado de https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/?enso_tab=enso-sst_table

Krishnamurthy, V. (2019). Predictability of weather and climate. Earth and Space Science, 6(7): 1043-1056.

Lorenz, E. N. (1969). Three Approaches to Atmospheric Predictability. Bulletin of the American Meteorological Society 50: 345-349.

Madden-Julian Oscillation: Recent Evolution, Current Status and Predictions, Update prepared by the Climate Prediction Center NWS / NCEP / CPC (2023). Recuperado de https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/mjoupdate.pdf

Redacción de La Jornada. (Junio 25, 2005). "Desfasa el atraso de lluvias el ciclo agrícola en Guanajuato": Proceso. https://www.proceso.com.mx/227787/desfasa-el-atraso-de-lluviasel-ciclo-agricola-en-guanajuato

SMN, Servicio Meteorológico Nacional (2023). Monitor de Sequía de México. Recuperado de https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

PROGRAMACIÓN GENÉTICA: UN ENFOQUE INNOVADOR EN EL MODELADO HIDROLÓGICO

Ruiz-Ortega, FJ[1]; Fortis-Hernández, Manuel[1]; Aranda-Ortiz, Gerardo Adrian[2]; Parada-Ávila, Silvia Viridiana[2]; Hernández-González José Ángel[2]

franciscoro@torreon.tecnm.mx

[1]Tecnológico Nacional de México campus Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México C.P. 27170

[2]Tecnológico Nacional de México campus La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.

RESUMEN

El modelado hidrológico es crucial en administración de los recursos hídricos, especialmente en zonas áridas, donde la gestión eficaz de estos recursos resulta de vital importancia. Sin embargo, debido a la naturaleza compleja, no lineal y dinámica de las interacciones hidroclimáticas, lograr una modelación confiable de los sistemas de recursos hídricos y una proyección precisa de los parámetros hidrológicos se convierte en un desafío extremadamente exigente. A pesar de que se han desarrollado y adoptado diversas técnicas de modelación hidrológica sigue siendo considerado como uno que ha progresado lentamente en las últimas décadas. Esto se debe principalmente a la identificación de cierto grado de incertidumbre en las metodologías y resultados de las técnicas empleadas. En tal sentido, en nuestra investigación se hizo un análisis de forma detallada de las técnicas de cómputo evolutivo consideradas adecuadas para atender los desafíos que presenta la modelación hidrológica. Se examinan diversas investigaciones vinculadas al agua, abarcando la estimación de precipitaciones, la evapotranspiración, la simulación del escurrimiento superficial, la predicción de caudales, la modelación del transporte de sedimentos, la evaluación de la calidad del agua y la representación de las aguas subterráneas, entre otros aspectos cruciales, fundamentadas en el enfoque de programación genética. Además, se investigan las vías mediante las cuales estas oportunidades podrían ser aprovechadas en un horizonte cercano. En conclusión, se fomenta la completa adopción de la programación genética y sus variaciones en los estudios de modelación hidrológica, con la finalidad de desarrollar estrategias que conduzcan a avances notables en la comprensión y representación de los sistemas de recursos hídricos. Estos enfoques también tienen el potencial de influir positivamente en las decisiones tomadas por los agentes involucrados en esta área, generando un impacto beneficioso en su conjunto.

Palabras clave: modelado computacional, algoritmos evolutivos, programación genética, modelado hidrológico.

ABSTRACT

Hydrological modeling is crucial in water resource management, especially in arid regions, where the effective management of these resources is of vital importance. However, due to the complex, nonlinear, and dynamic nature of hydroclimatic interactions, achieving reliable modeling of water resource systems and accurate projection of hydrological parameters becomes an extremely demanding challenge. Despite the development and adoption of various modeling techniques, hydrological modeling is still considered one that has progressed slowly over the past decades. This is primarily due to the identification of a certain degree of uncertainty in the methodologies and results of the employed techniques. In this regard, our research conducted a detailed analysis of evolutionary computation techniques considered suitable to address the challenges posed by hydrological modeling. Various studies related to water are examined, encompassing precipitation estimation, evapotranspiration, simulation of surface runoff, streamflow prediction, sediment transport modeling, water quality assessment, and representation of groundwater, among other crucial aspects, grounded in the genetic programming approach. Additionally, the avenues through which these opportunities could be seized in the near future are investigated. In conclusion, the full adoption of genetic programming and its variations in hydrological modeling studies is advocated to develop strategies that lead to significant advances in understanding and representing water resource systems. These approaches also have the potential to positively influence decisions made by stakeholders in this field, generating a beneficial impact as a whole.

Keywords: computational modeling, evolutionary algorithms, genetic programming, hydrological modeling.

INTRODUCCION

La programación genética, desarrollada por Koza (John, 1992), pertenece a la clase de algoritmos evolutivos, que se basa en el "principio darwiniano de supervivencia del más apto", adoptado del proceso de evolución natural y genética. La programación genética es, sin embargo, una adición relativamente nueva al grupo de otras técnicas de algoritmos evolutivos, como la programación evolutiva, los algoritmos genéticos, y las estrategias evolutivas (Babovic & Keijzer, 2000). Sin embargo, La programación genética se diferencia de los algoritmos genéticos en que su solución es un programa informático en lugar de un conjunto de cadenas binarias (Londhe & Charhate, 2010). La programación genética es una técnica de

modelado basada en datos que realiza su operación mediante una búsqueda basada en poblaciones, en la que se generan y se reproducen al azar programas informáticos que se perciben como soluciones candidatas a un problema dado utilizando operadores genéticos específicos. La programación genética se diferencia de otros modelos basados en datos como las redes neuronales artificiales, los sistemas basados en reglas difusas y los modelos de árbol en que proporciona estructuras matemáticamente significativas (con parámetros óptimos) al relacionar las variables de entrada y salida del sistema (Babovic & Rao, 2010). La programación genética ha encontrado aplicación principalmente en el área de la regresión simbólica, donde el objetivo es encontrar una relación funcional entre las variables de entrada y salida. Estas relaciones funcionales pueden ser lineales, cuadráticas o polinomiales de orden superior. La programación genética, sin embargo, define las relaciones optimizando la estructura del modelo y los coeficientes numéricos del modelo simultáneamente. El algoritmo de programación genética se caracteriza por dos componentes principales, que son los conjuntos de funciones y terminales. Estos dos conjuntos junto con la función de aptitud definen el espacio de búsqueda y son utilizados para construir la nueva generación de individuos.

Programación genética

Los programas obtenidos con programación genética se expresan generalmente como árboles sintácticos, que consisten en conjuntos de terminales y funciones. El conjunto terminal, generalmente denominado "Terminales", consta de las variables independientes y constantes (conocidas como las "hojas del árbol") que son entradas al problema (Poli & Koza, 2013). Por ejemplo, el conjunto terminal lo forman las variables causales de un proceso hidrológico particular. El algoritmo evolutivo se utiliza como una técnica de regresión, las constantes numéricas (coeficientes) que hacen coincidir la estructura del modelo con la salida objetivo se determinan posteriormente. Por lo tanto, las variables de entrada y las constantes numéricas constituyen el conjunto terminal. Esto se logra con el objetivo de descubrir un modelo que utilice las variables de entrada para producir la salida objetivo (Babovic & Keijzer, 2000). El conjunto de funciones consta de una serie de dominios específicos funciones que se combinan con el conjunto terminal para permitir que el algoritmo genere soluciones candidatas al problema. El conjunto de funciones puede consistir en operadores aritméticos básicos, funciones matemáticas (sin, cos, tan, log, ln, ex), operadores booleanos (AND, OR, NOT), expresiones lógicas (IF-THEN-ELSE), funciones iterativas (DO-UNTIL) y cualquier otra función definida por el usuario. Sin embargo, el programa puede ser representado linealmente o en forma de árbol sintáctico. La Figura 1 muestra la notación en forma de árbol sintáctico de

un modelo matemático, $a = (2.2 - (\frac{x}{11}) + (7 * \cos(y))$ que es una combinación de funciones y terminales.

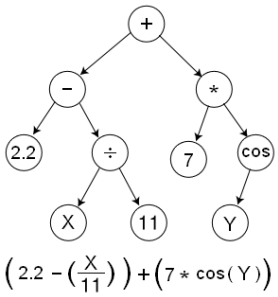


Figura 1. Representación en forma de árbol de $a = (2.2 - (\frac{x}{11}) + (7 * \cos(y))$

El conjunto de funciones y terminales constituyen el conjunto primitivo y una parte importante del espacio de búsqueda del sistema con programación genética. Babovic y otros (Babovic & Keijzer, 2000) señalaron que el conjunto primitivo de un programa con programación genética debe exhibir dos propiedades a saber, una propiedad de "cierre" y una propiedad de "suficiencia". La propiedad de cierre es una propiedad de un conjunto de funciones que permite intercambiar cualquier subárbol a otra ubicación en el árbol. El la propiedad de cierre también garantiza que todas las funciones puedan aceptar todas posibles entradas de terminales, de modo que devuelvan un valor bien definido. Por ejemplo, el uso de una función de división fue presentado con "entradas ilegales" como un valor cero devolverá un valor indefinido, que puede distorsionar el funcionamiento del algoritmo (John, 1992) . Por lo tanto, se suele dar protección a tales funciones al permitirles devolver un valor específico cuando enfrentado con tales entradas ilegales. Siguiendo el ejemplo anterior, la función de división puede configurarse para devolver un valor de 1 cuando se enfrenta a un valor cero. es decir, división (x) = 1. La propiedad de suficiencia, sin embargo, garantiza que los elementos del conjunto primitivo son capaces de expresar una solución al problema dado. Poli y otros (Poli & Koza, 2013) afirmaron que "cuando un conjunto primitivo es insuficiente, la programación genética solo puede desarrollar programas que se aproximen el deseado". Sin embargo, se agregó que tal aproximación, en muchos casos, puede ser muy cercana y buena para el propósito del usuario.

Después de establecer el proceso de construcción del conjunto primitivo del programa con programación genética, es importante determinar qué tan buenos son los elementos del espacio de la población. Para ello, se asigna una "función de aptitud" (también llamada "función objetivo") a cada miembro de la población con el fin de medir el rendimiento de cada programa individual. La función objetivo mide la precisión de cada programa informático calculando la diferencia entre los valores reales y los predichos. Las medidas de error pueden ser en forma de la raíz del error cuadrático medio (RMSE), error cuadrático medio (MSE), etc. (Babovic & Keijzer, 2000). La función de aptitud se puede minimizar o maximizar dependiendo del objetivo del problema a modelar. Además, se puede emplear un número de "aciertos" para evaluar el rendimiento de cada programa.

Inicialización de la programación genética

El primer paso para implementar la programación genética es crear aleatoriamente una población inicial para un tamaño de población dado. La población inicial se crea al azar para proporcionar una cobertura inicial satisfactoria del espacio de búsqueda. Además, es un proceso computacional barato que no requiere ningún conocimiento a priori del modelador. Se emplean diferentes métodos para generar aleatoriamente la población inicial del espacio de búsqueda. Estos métodos incluyen el método *Full*, el método *grow* y el método *ramped half-and-half*. En el método *Full*, los nodos del árbol se generan sólo a partir del conjunto de funciones hasta que se alcanza una profundidad máxima preasignada del árbol, donde sólo se pueden elegir terminales. El método se denomina método completo, porque genera árboles completos, con todas las hojas a la misma profundidad. El método de *grow* da espacio para la creación de árboles con tamaños o formas variables. El método *grow* también permite la selección de nodos del conjunto primitivo completo, hasta que se alcanza el límite de profundidad predefinido, donde sólo se pueden seleccionar terminales. El método *ramped half-and-half* es una combinación del método *Full* y el método *grow*, que permite la creación de árboles con diferentes tamaños y formas, pero también con igual número de árboles para la profundidad especificada. El método *ramped half-and-half* fue preferido por Koza (John, 1992) debido a su fácil implementación y uso, así como su buena cobertura del espacio de búsqueda. Poli y colaboradores (Poli & Koza, 2013), sin embargo, notaron que cuando se emplea el método *ramped half-and-half*, se suele experimentar una alta dificultad para controlar la distribución estadística de las propiedades importantes como el tamaño y la forma de los árboles sintácticos generados.

Una vez que se crea la población inicial de forma aleatoria, el siguiente paso es crear la siguiente generación de población, que implica seleccionar mejores soluciones de programa.

Selección

A partir de los principios de la genética, los individuos mejores tienen más probabilidades de producir más descendencia que los individuos inferiores. Por lo tanto, la programación genética emplea un proceso de selección, para centrarse en regiones valiosas del espacio de búsqueda mediante el mapeo de los valores de la función objetivo al número de descendientes producidos (Babovic & Keijzer, 2000). La selección implica el uso de operadores genéticos para elegir probabilísticamente individuos basados en su rendimiento, evaluado mediante la función objetivo. Cuanto mejor sea la aptitud de un individuo, mayor será la probabilidad de que ese individuo se transfiera a la siguiente generación. Aunque se utilizan diferentes métodos de selección dentro del dominio, como la selección por truncamiento y la selección proporcional a la aptitud; el método de selección más popular empleado en programación genética es el método de selección por "torneo".

La selección por torne implica elegir dos programas individuales al azar de la población compararlos entre sí. El programa "más apto" gana el torneo. Una característica importante

del método de torneo es que solo se fija en qué programa es mejor que otro, y no en cuánto mejor (Poli & Koza, 2013). Esto se hace para asegurar que los programas extraordinarios no eclipsen a otros durante el proceso de selección y luego pueblen todo el espacio de búsqueda con su descendencia. Por lo tanto, le da a los programas de calidad media la oportunidad de producir descendencia. Las ventajas de la selección por torneo sobre otros métodos son: (i) es más fácil de implementar y (ii) proporciona un re-escalado automático de la aptitud, y por lo tanto, su amplia aceptación en programación genética.

Estructuras de población en programación genética

La programación genética, utiliza diferentes configuraciones estructurales para poblar el espacio de búsqueda con soluciones candidatas. De acuerdo con (Babovic & Keijzer, 2000), las estructuras de población se pueden clasificar como: (i) Población de estado estacionario; (ii) Población generacional (iii) Poblaciones panmícticas y distribuidas. En la estructura de población de estado estacionario, el tamaño de la población permanece sin cambios durante la ejecución de la programación genética. Sin embargo, en una estructura de población generacional, se crea un grupo intermedio de apareamiento para que los programas seleccionados lo ocupen y formen la siguiente generación de descendientes. La estructura de población generacional puede o no garantizar la reproducción de algunos programas en la siguiente generación. Cuando una estructura de población garantiza que algunos programas del grupo de apareamiento se reproduzcan en la siguiente generación, dicha estructura se denomina modelo de población "Elitista" (Babovic & Keijzer, 2000). El elitismo garantiza que los mejores programas individuales sobrevivan al proceso de selección con el fin de preservar los mejores hasta el momento en la nueva generación.

Una estructura de población panmíctica implica una población extremadamente mezclada que considera la aptitud de toda la población. Por lo tanto, el proceso de selección se realiza a una escala global. Una estructura de población distribuida implica la distribución espacial de la población de soluciones candidatas en múltiples subpoblaciones semi-independientes llamadas "demos" (Poli & Koza, 2013). Esto da lugar a la ejecución del proceso de selección en una escala local. La estructura distribuida también permite migración ocasional de individuos principalmente entre adyacentes demos para el intercambio de material genético como se ilustra en la Fig. 2.

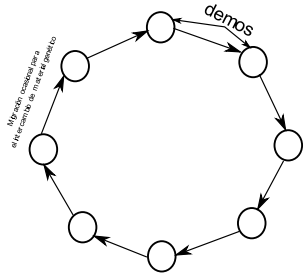


Figura 2. Distribución del espacio de población en demos, permitiendo intercambio de material genético

Este mecanismo inspirado genéticamente se conoce generalmente como "modelo de isla" (Babovic & Keijzer, 2000; Brameier & Banzhaf, 2001). Una gran ventaja de la población distribuida sobre otros métodos es que la distribución del espacio de la población en demos facilita la ocurrencia de la evolución paralela. La evolución paralela hace que el algoritmo de programación genética sea menos susceptible a la convergencia a óptimos locales (Babovic & Keijzer, 2000), ya que un óptimo local en un demo puede ser superado por otros demos con una mejor dirección de búsqueda. Además, la estructura de población distribuida asegura que la evolución progrese más rápido que en una estructura de población única (Brameier & Banzhaf, 2001).

Operadores genéticos

En programación genética, se utilizan dos operadores genéticos, el cruce y la mutación, para transformar los mejores programas seleccionados en una nueva generación de individuos. Estos operadores genéticos operan aplicando pequeñas modificaciones a la estructura de los programas seleccionados con el fin de obtener programas mejores o más aptos (Figura. 3). El propósito del operador de cruce es generar nuevos programas que no existían en la población anterior, para permitir un muestreo exhaustivo del espacio de búsqueda. El cruce se realiza seleccionando dos programas padres del grupo de apareamiento y intercambiando algunas secciones correspondientes a través de un punto elegido al azar para producir dos programas descendientes diferentes de diferentes características. El número de programas que experimentan el cruce depende de una probabilidad predefinida de cruce. La operación de mutación, sin embargo, implica la modificación aleatoria de un miembro estructural de un programa padre seleccionado para crear un nuevo programa descendiente. La modificación también se realiza en función de una probabilidad de mutación. El proceso de evolución se realiza a lo largo de generaciones sucesivas hasta que se cumple un criterio de terminación preestablecido, y el programa generado al finalizar la ejecución se selecciona finalmente como el mejor programa que da la descripción más precisa del sistema modelado.

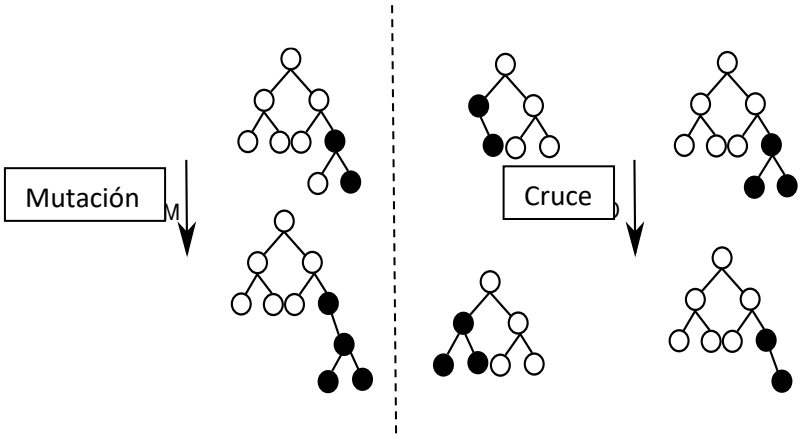


Figura 3. Operadores de Cruce y mutación usados en programación genética

Generalmente, los individuos obtenidos con programación genética evolucionan modelos en dos formas diferentes. Estos modelos pueden evolucionarse en forma de programas informáticos o en forma de ecuaciones (Deo, 2009). Los modelos basados en programas consisten en códigos que pueden estar escritos en diferentes lenguajes de programación como ensamblador, Java, C o C++, lo que permite que se llamen a los archivos fuente y se les envíen nuevos datos. Por otro lado, en el enfoque basado en ecuaciones, las relaciones de entrada-salida se definen mediante la evolución de modelos en forma de fórmulas matemáticas.

Programación genética en hidrología

Independientemente de su condición de ser una rama relativamente joven y creciente de algoritmos evolutivos, la programación genética se ha aplicado con éxito para resolver una amplia gama de problemas relacionados con el agua. Por lo tanto, la literatura sobre sus aplicaciones es multifacética, por ejemplo, Khu et al. (Khu, Liong, Babovic, Madsen, & Muttil, 2001) menciona que la programación genética es una herramienta de actualización más efectiva en comparación con los métodos AR y el filtro de Kalman, Sheta y Mahmoud (Khu et al., 2001) encontraron que la programación genética generó modelos más simples con menos estimaciones de error, Dorado et al. (Dorado et al., 2003) La combinación de GP y ANN produjo mejores resultados en la predicción de lluvia-escorrentía que los modelos ARMAX y tradicionales, Los resultados obtenidos con la programación genética mostrados por Muttil y Lee (Muttil & Lee, 2005) en la predicción diaria de floraciones de algas fueron consistentes con los de ANN, pero con la capacidad de identificar variables de entrada clave. El rendimiento de la programación genética también superó a los modelos ARMA, Bautu y Bautu (Bautu & Bautu, 2006) La programación genética demostró su naturaleza autoadaptativa en escenarios no supervisados, produciendo mejores relaciones de entrada-salida que otros modelos en el pronóstico del clima, Makkeasorn et al. (Makkeasorn, Chang, & Zhou, 2008). Los modelos

obtenidos con programación genética superaron a los modelos ANN en el pronóstico diario de caudal, Maity y Kashid (Maity & Kashid, 2009) descubrieron que los modelos obtenidos con programación genética mostraron un rendimiento satisfactorio, proporcionando impactos significativos de diversas combinaciones de entradas en la Predicción de caudales, Wang et al. (Wang, Chau, Cheng, & Qiu, 2009) compararon diferentes técnicas de aprendizaje automático como ARMA, ANN, ANFIS, SVM y programación genética. Encontraron que el mejor rendimiento en el pronóstico de series de tiempo mensuales de caudal se obtuvo con los modelos de programación genética, ANFIS y SVM, con programación genética produciendo mejores resultados en la fase de validación, Guven (A. J. J. o. e. s. s. Guven, 2009) Los resultados obtenidos en el modelado del caudal diario con programación genética fueron notablemente mejores que los modelos ANN y AR, Guven y Kişi (A. Guven & Kişi, 2011) experimentaron con programación genética lineal para el modelado diario de sedimentos suspendidos, encontrando que la programación genética lineal tuvo un mejor rendimiento que los modelos de redes neuronales artificiales y programación de expresión genética, produciendo modelos simples y explícitos.

Áreas de oportunidad

Los investigadores han señalado algunos problemas importantes relacionados con la aplicación de la programación genética en estudios relacionados con el agua. Algunas críticas han seguido a la generación de formulaciones matemáticas por programación genética, ya que su combinación de múltiples funciones elementales a menudo resulta en modelos extremadamente complejos que pueden ser demasiado difíciles de interpretar (Keijzer & Babovic, 1999; Solomatine & Ostfeld, 2008). La complejidad estructural de los modelos obtenidos con la programación genética puede hacer que produzca resultados con una sintaxis precisa pero semántica sin sentido (Keijzer & Babovic, 1999).

Otro desafío importante al que se enfrentan los investigadores en el uso de la programación genética es la selección de ajustes de hiperparámetros adecuados para controlar la ejecución del algoritmo. La convergencia del algoritmo a el óptimo global depende de los hiperparámetros que rigen el proceso de evolución (Babovic & Rao, 2010). Sin embargo, se debe tener precaución al establecer estos hiperparámetros, ya que los ajustes óptimos varían de aplicación a aplicación. Por lo tanto, para un problema dado, se realizan múltiples ejecuciones utilizando diferentes configuraciones de hiperparámetros y se comparan las soluciones. Esta tarea a menudo se considera muy laboriosa y también exige más recursos computacionales.

La capacidad de la programación genética para encontrar la solución óptima ha generado cierta preocupación entre los usuarios, ya que la precisión del pronóstico tiende a deteriorarse

con el aumento del horizonte de pronóstico. Jayawardena y otros (Jayawardena, Muttil, & Fernando, 2005) en su estudio, observaron la incapacidad de la programación genética para capturar la compleja transformación lluvia-escorrentía cuando se aplicó a una cuenca de pendiente pronunciada, caracterizada por magnitudes de descarga máximas con subidas y recesiones empinadas. Sin embargo, reconocieron el satisfactorio desempeño cuando se aplicó a otras dos cuencas en intervalos de tiempo más pequeños. Además, Babovic y otros (Babovic & Keijzer, 2000) señalaron anteriormente que la capacidad de la programación genética para encontrar la solución óptima depende de la magnitud de los valores numéricos y sus dimensiones. Por lo tanto, la diferencia en la magnitud y las dimensiones de las variables de entrada a menudo dificulta que la programación genética escale las variables a valores manejables.

Finalmente, la capacidad de generalización de las soluciones de obtenidas con programación genética está influenciada por los fenómenos de hinchazón y sobreajuste, que significa el crecimiento excesivo de los programas sin límites y sin ninguna mejora en el ajuste de la población. El aumento del tamaño del código es un efecto de los llamados intrones, partes del árbol que no afectan la funcionalidad de la solución. Hacia el final de una ejecución de la programación genética, los intrones crecen rápidamente y comprenden casi todo el código mientras que el proceso de optimización se estanca (Bleuler, Brack, Thiele, & Zitzler, 2001). Esto tiene un costo computacional junto con una generalización inadecuada. Este es un tema importante que preocupa a la comunidad investigadora de la programación genética y sigue impulsando más estudios.

CONCLUSIÓN

Este artículo ha presentado un análisis exhaustivo de los principios y técnicas para implementar la programación genética. Además, se han ilustrado diversas aplicaciones de esta técnica en el ámbito hidrológico. Las aplicaciones presentadas claramente demuestran la capacidad de la programación genética para abordar con éxito problemas complejos de modelado hidrológico. En comparación con otras técnicas, la programación genética también ha demostrado un rendimiento predictivo superior. En consecuencia, la comunidad de modelado hidrológico se beneficia ampliamente de las múltiples oportunidades que la programación genética ofrece. Estas oportunidades incluyen la integración sencilla con otras técnicas (mediante la hibridación de modelos) para complementar el modelado, el acoplamiento con modelos basados en procesos para reducir y mitigar la incertidumbre y los desafíos de sensibilidad, así como para mejorar la capacidad de generalización de los modelos cuando los conjuntos de datos son limitados.

REFERENCIAS

Babovic, V., & Keijzer, M. J. J. o. H. (2000). Genetic programming as a model induction engine. *2*(1), 35-60.

Babovic, V., & Rao, R. (2010). Evolutionary computing in hydrology. In *Advances In Data-Based Approaches For Hydrologic Modeling And Forecasting* (pp. 347-369): World Scientific.

Bautu, A., & Bautu, E. (2006). *Meteorological data analysis and prediction by means of genetic programming.* Paper presented at the Proceedings of the 5th Workshop on Mathematical Modeling of Environmental and Life Sciences Problems Constanta, Romania.

Bleuler, S., Brack, M., Thiele, L., & Zitzler, E. (2001). *Multiobjective genetic programming: Reducing bloat using SPEA2.* Paper presented at the Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No. 01TH8546).

Brameier, M., & Banzhaf, W. J. I. T. o. E. C. (2001). A comparison of linear genetic programming and neural networks in medical data mining. *5*(1), 17-26.

Deo, M. J. I. J. o. H. E. (2009). RECENT DATA DRIVEN METHODS AND APPLICATIONS IN COASTAL AND HYDROLOGIC DATAANALYSIS. *15*(sup1), 310-327.

Dorado, J., RabuñAL, J. R., Pazos, A., Rivero, D., Santos, A., & Puertas, J. J. A. A. I. (2003). Prediction and modeling of the rainfall-runoff transformation of a typical urban basin using ANN and GP. *17*(4), 329-343.

Guven, A., & Kişi, Ö. J. W. r. m. (2011). Estimation of suspended sediment yield in natural rivers using machine-coded linear genetic programming. *25*, 691-704.

Guven, A. J. J. o. e. s. s. (2009). Linear genetic programming for time-series modelling of daily flow rate. *118*, 137-146.

Jayawardena, A., Muttil, N., & Fernando, T. (2005). *Rainfall-runoff modelling using genetic programming.* Paper presented at the International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation, MODSIM05 Proceedings.

John, R. (1992). Koza. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. In: MIT press Cambridge, MA.

Keijzer, M., & Babovic, V. (1999). *Dimensionally aware genetic programming.* Paper presented at the Proceedings of the 1st Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation-Volume 2.

Khu, S. T., Liong, S. Y., Babovic, V., Madsen, H., & Muttil, N. J. J. J. o. t. A. W. R. A. (2001). Genetic programming and its application in real-time runoff forecasting 1. *37*(2), 439-451.

Londhe, S., & Charhate, S. J. H. S. J. J. d. S. H. (2010). Comparison of data-driven modelling techniques for river flow forecasting. *55*(7), 1163-1174.

Maity, R., & Kashid, S. J. I. J. o. H. E. (2009). Hydroclimatological approach for monthly streamflow prediction using genetic programming. *15*(2), 89-107.

Makkeasorn, A., Chang, N.-B., & Zhou, X. J. J. o. H. (2008). Short-term streamflow forecasting with global climate change implications–A comparative study between genetic programming and neural network models. *352*(3-4), 336-354.

Muttil, N., & Lee, J. H. J. E. m. (2005). Genetic programming for analysis and real-time prediction of coastal algal blooms. *189*(3-4), 363-376.

Poli, R., & Koza, J. (2013). Genetic programming. In *Search Methodologies: Introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Techniques* (pp. 143-185): Springer.

Solomatine, D. P., & Ostfeld, A. J. J. o. h. (2008). Data-driven modelling: some past experiences and new approaches. *10*(1), 3-22.

Wang, W.-C., Chau, K.-W., Cheng, C.-T., & Qiu, L. J. J. o. h. (2009). A comparison of performance of several artificial intelligence methods for forecasting monthly discharge time series. *374*(3-4), 294-306.

.

RENDIMIENTO COMERCIAL DE AJO VARIEDAD ALTIPLANO EN CALERA, ZACATECAS

[1]Manuel Reveles-Hernández, [1]José Ángel Cid Ríos y [2]Rodolfo Velásquez-Valle

[1]Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel. 018000882222 Ext 82315. [2]Campo Experimental Pabellón de Arteaga INIFAP, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671. Autor para correspondencia: reveles.manuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el rendimiento del cultivo de ajo variedad Altiplano establecido y manejado en condiciones comerciales, se estableció una parcela comercial con la variedad altiplano y se comparó con la variedad Calerense como testigo bajo un sistema de riego por goteo sembradas en camas de seis hileras de plantas. Se realizó un muestreo completamente al azar con tres repeticiones para evaluar el rendimiento y calidad de los bulbos cosechados. Los resultados indican que el rendimiento de bulbo por hectárea fue superior en la variedad Altiplano con una producción de 15,645 kg/ha, mientras que la variedad Calerense solamente produjo 10,212 kg/ha, lo que significa una diferencia de 5433 kg/ha a favor de Altiplano, lo que significa un 34.72% más que Calerense. El análisis de varianza para la producción de bulbos de tamaño comercial (con diámetro ecuatorial igual o superior a 45 mm) mostró que existen diferencias altamente significativas (significancia= 0.008) entre las variedades evaluadas, resultando superior la variedad Altiplano con una producción de 14,208 kg/ha en comparación con Calerense que solamente produjo 8566 kg/ha lo que significa una diferencia de 5,642 kg; cuando se realizó el análisis de varianza para el porcentaje de bulbos con diámetro igual o superior a 45 mm se encontraron diferencias estadísticamente significativas (significancia= 0.033) resultando superior la variedad Altiplano con un 90.66%, contra 83.93 de Calerense. La variedad de ajo Altiplano resultó con mayor productividad de bulbos con relación a la variedad Calerense usada como testigo en el municipio de Calera en el estado mexicano de Zacatecas. El diámetro o tamaño de bulbo fue determinante en la definición del rendimiento de las variedades estudiadas. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede proponer a la variedad de ajo Altiplano como una alternativa para el altiplano del estado de Zacatecas y regiones con características edafoclimáticas similares.

Palabras clave: Ajo, mejoramiento, productividad, rendimiento, calidad

ABSTRACT

With the objective of evaluating the yield of the Altiplano variety garlic crop established and managed under commercial conditions, a commercial plot was established with the altiplano variety and it was compared with the Calerense variety as a control under a drip irrigation system planted in beds of six rows of plants. A completely random sampling was carried out with three repetitions to evaluate the yield and quality of the harvested bulbs. The results indicate that the bulb yield per hectare was higher in the Altiplano variety with a production of 15,645 kg/ha, while the Calerense variety only produced 10,212 kg/ha, which means a difference of 5,433 kg/ha in favor of Altiplano, which means 34.72% more than Calerense. The analysis of variance for the production of bulbs of commercial size (with an equatorial diameter equal to or greater than 45 mm) showed that there are highly significant differences (significance= 0.008) between the evaluated varieties, with the Altiplano variety being superior with a production of 14,208 kg/ha in comparison with Calerense that only produced 8566 kg/ha, which means a difference of 5,642 kg; when the analysis of variance was performed for the percentage of bulbs with a diameter equal to or greater than 45 mm, statistically significant differences were found (significance= 0.033), with the Altiplano variety being superior with 90.66%, against 83.93 of Calerense. The Altiplano garlic variety resulted in higher bulb productivity in relation to the Calerense variety used as a control in the municipality of Calera in the Mexican state of Zacatecas. The diameter or size of the bulb was decisive in the definition of the yield of the varieties studied. According to the results obtained, the Altiplano garlic variety can be proposed as an alternative for the highlands of the state of Zacatecas and regions with similar edaphoclimatic characteristics.

Key words: garlic, breeding, productivity, yield, quiality

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el SIAP (2022), durante el año 2021 se cultivaron en México 7,335 ha de ajo, con una producción de 94,428 toneladas y un promedio de 12.87 ton/ha, los estados que mayor producción reportaron para ese mismo año fueron Zacatecas, Guanajuato y Sonora, los cuales aportaron el 67% de la producción nacional.

El ajo (*Allium sativum* L.) es la segunda especie más importante del género *Allium*, después de la cebolla, debido a que se usa como condimento. La planta de ajo se propaga de manera

asexual, usando como semilla dientes o bulbillos provenientes de la cosecha del ciclo anterior, esta situación ha llevado a la perdida de habilidad del cultivo para producir semillas verdaderas o botánicas desde hace más de mil años, lo anterior constituye una limitante para realizar mejoramiento genético a través de cruzas, como ocurre actualmente en el mejoramiento genético de otros cultivos, siendo limitado su mejoramiento genético a la selección de plantas producto de las mutaciones (Parreño *et al*., 2023; Zheng *et al*., 2007).

En la evaluación de nuevas variedades es común que se consideren variables como rendimiento por hectárea, diámetro de los bulbos cosechados y su peso, para poder comparar entre ellas su productividad y rentabilidad, además, es conveniente evaluar su comportamiento en diversos ambientes para definir su adaptabilidad y la interacción genotipo-ambiente (Aswani *et al.,* 2023). El bulbo del ajo está compuesto por bulbillos, también llamados dientes que sirven como semilla de la planta para su reproducción asexual, varios autores citados por Agrawal y colaboradores (2003), coinciden en que el tamaño y peso del bulbo son determinantes del rendimiento de esta hortaliza.

De acuerdo con el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2023), de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, en México solo se han generado y registrado 13 variedades de ajo en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, lo que hace necesario contar con más variedades de esta hortaliza para las diversas regiones productoras. Se considera que es necesario realizar selección de nuevos clones de ajo para generar y evaluar nuevas variedades de ajo para cada región productores de esta hortaliza (Pérez *et al* 2003). El sistema producto ajo a nivel nacional también resalta la necesidad de nuevas variedades que estén adaptadas a las condiciones ecológicas de cada una de las regiones productores de ajo de la república mexicana, lo anterior para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo (Reveles-Hernández *et al*., 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento del cultivo de ajo variedad Altiplano establecido y manejado en condiciones comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El día 26 de octubre de 2022 se estableció un lote comercial para producción de ajo en el Municipio de Calera, Zacatecas, con coordenadas 22° 54' 31.3" de latitud norte, 102° 39' 34.0" de longitud oeste y 2197 metros de altura sobre el nivel del mar.

Se sembraron dos variedades de ajo: Altiplano, variedad nueva del INIFAP, y Calerense, usada como testigo. El cultivo se estableció en camas de siembra de 1.60 m de ancho, en donde se sembraron bulbillos o dientes con diámetro ecuatorial de 8.0 mm o superior,

provenientes de bulbos de calibre ocho de acuerdo con la norma mexicana para la clasificación de los bulbos de ajo; en cada cama de siembra se colocaron seis hileras de dientes a una distancia de 10 cm entre ellos, para el riego de las camas de siembra se colocaron tres cintillas de riego calibre 6000, con flujo medio, de tal manera que cada cintilla de riego mojara dos hileras de plantas.

Para la nutrición del cultivo se aplicó antes de la siembra la dosis 80-80-80, expresada en kilogramos de nitrógeno, fosforo y potasio por hectárea respectivamente, para lo cual se utilizaron como fuentes sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple y sulfato de potasio; el resto de la fertilización se realizó usando sulfato de amonio, fosfo-nitrato y sulfato de potasio, aplicados a través del sistema de riego durante el ciclo de cultivo y de acuerdo con la curva de extracción del cultivo.

La cosecha se realizó el día 7 de mayo de 2023, tomando tres muestras al azar de cada una de las variedades evaluadas, las cuales consistieron en una cama de 1.60 m de ancho por 5.00 m de largo, una vez colectados los bulbos se procedió a clasificarlos por su tamaño de acuerdo con la Norma Mexicana, contarlos y pesarlos para cada una de las muestras.

Para evaluar el rendimiento de ajo por su producción de bulbos de tamaño comercial se tomó en cuenta la clasificación de la norma mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006, considerando ajos comerciales aquellos cuyos bulbos tienen un diámetro ecuatorial igual o superior a 45 mm, mientras que para la calidad industrial se consideraron aquellos bulbos cuyo diámetro ecuatorial fue menor a 45 mm (Reveles-Hernández *et al*., 2009).

Los datos obtenidos se analizaron usando el programa de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza se observaron diferencias altamente significativas entre las variedades evaluadas (significancia 0.006) para el rendimiento de bulbo por hectárea, resultando superior la variedad Altiplano con una producción de 15,645 kg/ha, mientras que la variedad Calerense solamente produjo 10,212 kg/ha, lo que significa una diferencia de 5433 kg/ha a favor de Altiplano, lo que significa un 34.72 % más que Calerense (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias por el método de DMS(α=0.05), para las variables evaluadas en dos variedades de ajo en un lote comercial de Calera, Zacatecas, México.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Bulbos con diámetro ≥45mm (kg/ha)	% de bulbos con diámetro ≥45mm
Altiplano	15,645 a	14,208.00 a	90.66 a
Calerense	10,212 b	8,566.33 b	83.93 b
Significancia	0.006	0.008	0.033

Valores numéricos seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes (α=0.05)

El análisis de varianza para la producción de bulbos de tamaño comercial (con diámetro ecuatorial igual o superior a 45 mm) mostr,ó que existen diferencias altamente significativas (significancia= 0.008) entre las variedades evaluadas, resultando superior la variedad Altiplano con una producción de 14,208 kg/ha en comparación con Calerense que solamente produjo 8566 kg/ha lo que significa una diferencia de 5,642 kg; cuando se realizó el análisis de varianza para el porcentaje de bulbos con diámetro igual o superior a 45 mm se encontraron diferencias estadísticamente significativas (significancia= 0.033) resultando superior la variedad Altiplano con un 90.66%, contra 83.93 de Calerense (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Agrawal y colaboradores (2003), así como, por los reportados por Aswani y colaboradores (2023), quienes señalan que, entre mayor proporción de bulbos de mayor tamaño, se obtiene mayor rendimiento, lo que resultó de utilidad para explicar el rendimiento general de la variedad altiplano en comparación con Calerense.

CONCLUSIONES

La variedad de ajo Altiplano resultó con mayor productividad de bulbos con relación a la variedad Calerense usada como testigo en el Municipio de Calera en el estado mexicano de Zacatecas.

El diámetro o tamaño de bulbo fue determinante en la definición del rendimiento de las variedades estudiadas.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede proponer a la variedad de ajo Altiplano como una alternativa para el altiplano del estado de Zacatecas y regiones con características edafoclimáticas similares.

REFERENCIAS

Agrawal, M.K.; Fageria, M.S.; and Dhaka R.S. 2003. Grlic breeding-a review. Agricultural Reviews. 24: 70-74

Aswani N., Azmi C., Cartika I., Sinung B. R., and Harmanto. 2023. Agronomic responses of four garlic genotypes in two different locations. Indonesian Journal of Agronomy. 51:134-145

Olivares S. E. 2013. Diseños Experimentales. Versión 1.4. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Parreño, R.; Rodríguez-Alcocer, E.; Martínez-Guardiola, C.; Carrasco, L.; Castillo, P.; Arbona, V.; Jover-Gil, S. and Candela H. 2023. Turning garlic into a modern crop: state of the art and perspectives. Plants, 12(6): 1-18. En: https://doi.org/10.3390/plants12061212, consultado en línea el 4 de agosto de 2023

Pérez M. L.; García R. P. M.; Ramírez M. R. y Barrera G. J. L. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato, Guanajuato. Acta Universitaria. 13: 57-65

Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R.; Bravo-Lozano A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, México, 272p

Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Cid-Ríos J. A. 2014. Barretero, variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. Folleto Técnico No. 61 Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México. 32 p.

SIAP. 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2022. En: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/, consltada en línea el 23 de julio de 2023.

SNICS. 2023. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (en línea). En: https://www.gob.mx/snics/articulos/catalogo-nacional-de-variedades-vegetales-en-linea. Consultado en línea el 27 de julio de 2023

Zheng S-J., Kamenetsky R., Féréol L., Barandiaran X., Rabinowitch H. D., Chovelon V., Kik C. 2007. Garlic breeding system innovations. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology. 1:6-15

RENDIMIENTO DE GRANO DE LA VARIEDAD DON LUPE ORO C2020 DURANTE EL CICLO 2021-2022 EN EL VALLE DEL YAQUI

Ivón Alejandra Rosas - Jáuregui, José Luis Félix – Fuentes, Guillermo Fuentes - Dávila, Alma Angélica Ortiz - Avalos y Juan Manuel Cortes - Jiménez

INIFAP, CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG

Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México 85000, rosas.ivon@inifap.gob.mx

RESUMEN

El noroeste de México es la principal región productora de trigo cristalino (*Triticum durum*) y representa el 30% de la superficie de siembra de trigo a nivel nacional. En este trabajo se evaluó el potencial de rendimiento de grano de la variedad de trigo cristalino Don Lupe Oro C2020 y el testigo regional CIRNO C2008, durante el ciclo 2021-2022. La fecha de siembra fue el 02 de diciembre del 2021 en la Estación Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Las parcelas experimentales consistieron en dos camas de 3 m de longitud con dos hileras, separadas a 0.80 m, con tres repeticiones. La densidad de siembra fue de 100 kg ha^{-1}. La fertilización consistió en 150 kg ha^{-1}de urea en pre-siembra y luego se aplicó un riego para la germinación de la semilla y tres riegos complementarios durante el ciclo; antes del primer riego complementario, se aplicaron 100 kg ha^{-1}de urea y fósforo y 100 kg ha^{-1}de urea en el segundo riego. El rendimiento de grano del testigo regional fue de 6.66 t ha^{-1}superando por 500 kg a Don Lupe Oro.

Palabras clave: *Triticum durum*, trigo cristalino, Don Lupe Oro C2020, CIRNO C2008, rendimiento.

ABSTRACT

Northwestern Mexico is the main region for durum wheat (*Triticum durum*) production and represents 30% of the area sown with wheat in the country. In this work, the grain yield potential of durum wheat cultivar Don Lupe Oro C2020 and the regional check cultivar CIRNO C2008, was evaluated during the crop season 2021-2022. The sowing date was December 02, 2021 at the Norman E. Borlaug Experimental Station in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Experimental plots consisted of two beds 3 m long with two rows, separated by 0.80 m and with three replications. Seed density was 100 kg ha^{-1}. Fertilization consisted of 150 kg $ha^{-1}$of urea before sowing, followed by an irrigation for seed germination, and later during the season

by three complementary irrigations. Before the first complementary irrigation 100 kg $ha^{-1}$of urea and phosphorus were applied, and 100 kg $ha^{-1}$of urea before the second one. The grain yield of the regional control was 6.66 t ha-1, surpassing Don Lupe Oro by 500 kg.

Key words: *Triticum durum*, durum wheat, Don Lupe Oro C2020, CIRNO C2008, yield.

INTRODUCCION

El trigo cristalino (*Triticum durum* Desf.) es una de las especies de cereales esenciales y se cultiva en todo el mundo en casi 17 millones de hectáreas, con una producción mundial de 38.1 millones de toneladas (AAFC, 2019). México cubre la demanda nacional en la producción de trigo cristalino, y en los últimos cinco años en el noroeste del país que consiste de los estados de Baja California Sur, Baja California, Sonora y Sinaloa, se han sembrado en promedio 103,228 ha, con una producción de 606,691 t (SIAP, 2020). Se prevé que para el año 2050, la demanda de trigo aumentará un 70% debido al crecimiento de la población y a los cambios en sus hábitos alimentarios (SIAP, 2019).

En México el mejoramiento genético de trigo se enfoca principalmente en tres regiones: en el Bajío en el estado de Guanajuato, en el Valle Central de México en el estado de México y en el Noroeste en el estado de Sonora (Villaseñor Mir *et al*., 2021), siendo éste último donde se localiza la estación experimental más grande e importante del país, la cual tienes como objetivo principal el desarrollo de variedades de trigo de alto rendimiento, calidad, resistencia a enfermedades y con adaptabilidad a diferentes sistemas de producción (Aquino Mercado *et al*., 2008); recientemente se ha enfatizado en hacer frente al efecto generado por las altas temperaturas en etapas terminales del cultivo, ya que las oleadas de calor pueden representar pérdidas de hasta 28% en el rendimiento de grano en fechas de siembra tardías (Félix *et al*., 2009).

La preferencia por la especie cultivada de trigo difiere por región; el trigo cristalino prevalece en el noroeste debido a sus altos rendimientos, resistencia a enfermedades y a la aceptación que éste tiene en el mercado internacional (Fuentes-Dávila *et al*., 2014). Borbón-Gracia *et al*. (2022), reportaron que la variedad Don Lupe Oro C2020 en ensayos experimentales previos a su liberación, establecidos en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2018-2019 y 2020-2021, logró superar al testigo con 6.2 a 14.6% en diferentes fechas de siembra, bajo condiciones de riego normal. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de grano y sus componentes de la variedad de trigo duro Don Lupe Oro C2020 durante el ciclo agrícola otoño-invierno (O/I) 2021-2022.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se llevó a cabo en la Estación Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), ubicado en block 910 del Valle del Yaqui en el estado de Sonora, México (27º22´3.01" N y 109º55´40.22" W; 37 msnm) durante el ciclo agrícola O/I 2021-2022. Esta región del sur de Sonora se caracteriza por presentar un clima seco cálido (BW (h)) y calor extremo (BSo) según la clasificación de Köppen, modificada por García (2004). La variedad de trigo cristalino Don Lupe Oro C2020 (Borbón-Gracia *et al*., 2022) y como testigo regional CIRNO C2008 (Figueroa-López *et al*., 2010) se evaluó el rendimiento de grano por parcela (t ha^{-1}). El pedigrí e historial de selección de las dos variedades se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Variedades comerciales de trigo cristalino evaluadas en la Estación Experimental Norman E. Borlaug, durante el ciclo 2021-2022 en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Variedad	Pedigrí e historial de selección
Don Lupe Oro C2020	SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_3/3/ PORRON_4/YUAN_1/4/PAGA_6/5/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/3/B ARNACLA_1/6/ALTAR84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/GREEN_14//YAV_ 10/AUK/5/SOMAT_4/INTER_8/7/SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACAN INIA/3/BSET/PNIO_3 CDSS12B00145T-099Y-014M-14Y-3M-0Y-0B-MEXICALI- 0CEN-100CEN
CIRNO C2008	SOOTY_9/RASCON_37//CAMAYO CGS02Y00004S-2F1-6Y-0B-1Y-0B

La fecha de siembra fue el 02 de diciembre de 2021, las parcelas consistieron en dos camas de 3 m de largo, separadas a 0.80 m, con dos hileras, distribuidas al azar con tres repeticiones y la densidad de siembra fue de 100 kg ha^{-1}. La fertilización consistió en 150 kg ha^{-1}de urea en pre-siembra. Se aplicó un riego para la germinación de la semilla y tres complementarios durante el ciclo; antes del primer riego complementario se aplicaron 100 kg ha^{-1}de urea y fósforo y 100 kg ha^{-1}de urea en el segundo riego. Durante el desarrollo del cultivo se utilizaron herbicidas para el control de maleza de hoja ancha, Full-mina 4 (Corteva, 2021) y Starane Ultra (300 mL $ha^{-1)}$ (Corteva, 2021) en la etapa de amacollamiento (etapa 24, Zadoks *et al*., 1974), y para el control de hoja angosta se usó el producto Axial XL (400 mL ha^{-1}) (Syngenta, 2021) en etapa de alargamiento de tallo (etapa 35, Zadoks). El control del pulgón del follaje (*Schizaphis graminum* Rondani) se llevó a cabo mediante productos de origen orgánico Nim-Canela (1000 mL ha^{-1}) (Bionutra, 2021) en etapa de espigamiento (etapa 51, Zadoks); al no

observar un control de la plaga, se optó por utilizar el insecticida Muralla Max (200 mL ha^{-1}) (Bayer, 2021) entrando en etapa de floración (etapa 65, Zadoks).La cosecha se realizó manualmente con hoz y la trilla con una trilladora de planta individual, así como con una trilladora estacionaria Pullman. El rendimiento de grano por parcela se estimó a partir de una parcela por repetición.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las variedades Don Lupe Oro C2020 y CIRNO C2008 utilizadas en este trabajo presentan similitudes en cuanto al promedio de días a espigamiento con 75.5 y 77.4, madurez fisiológica con 122.5 y 122.2, altura de planta con 82.5 y 80.4 cm, peso hectolítrico con 82.5 y 82.8 kg ha^{-1}, proteína 12.0 y 12.0%, y peso de mil granos 53 y 54 g, respectivamente (Borbón-Gracia *et al*., 2022). Borbón-Gracia *et al*. (2019) reportaron que en un ensayo con fechas de siembra durante el ciclo agrícola O/I 2018-2019, Don Lupe Oro C2020 presentó un rendimiento promedio de grano de 7.59 t ha^{-1}.

Borbón-Gracia *et al*. (2019) reportaron que en un ensayo con fechas de siembra durante el ciclo agrícola O/I 2018-2019, Don Lupe Oro C2020 presentó un rendimiento promedio de grano de 7.59 t ha^{-1}mientras que CIRNO C2008 presentó 7.0; en un ensayo similar durante el ciclo agrícola O/I 2019-2020, Borbón-Gracia *et al*. (2020) reportaron un promedio de rendimiento de 6.79 y 6.45 t ha^{-1}en la primera y segunda variedad, respectivamente, y en el ciclo O/I 2020-2021 presentaron 7.0 y 6.68 t ha^{-1}, respectivamente (Borbón-Gracia *et al*. (2021). También estos mismos autores reportaron que en 34 ensayos experimentales durante los ciclos agrícolas de O/I 2018-2019 al 2020-2021, Don Lupe Oro C2020 tuvo un rendimiento promedio de 6.94 t ha^{-1}, mientras que CIRNO C2008 presentó 6.38 (Borbón-Gracia *et al*., 2022); sin embargo, es bien conocido que ésta última variedad, dado que perdió su resistencia genética a la roya de la hoja, producirá un rendimiento limitado si se carece de una aplicación de fungicidas. En este trabajo, el potencial de rendimiento de grano de la variedad CIRNO C2008 logró superar a Don Lupe Oro C2020 con 500 kg ha^{-1}, obteniendo un rendimiento de 6.66 t ha^{-1}, mientras que Don Lupe Oro C2020 obtuvo 6.16 t ha^{-1}(Figura 1).

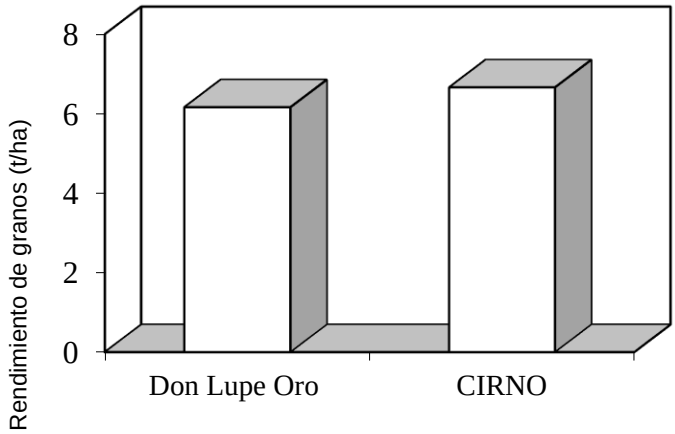


Figura 1. Rendimiento de granos de variedades comerciales de trigo cristalino evaluadas durante el ciclo 2021-2022, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

CONCLUSIONES

La variedad testigo CIRNO C2008 fue superior a Don Lupe Oro C2020 con rendimiento máximo de 6.66 t ha^{-1}, superando por 500 kg a la nueva variedad Don Lupe Oro C2020. Estos resultados demuestran que la variedad CIRNO C2008, a pesar de haber perdido su resistencia genética a la roya de la hoja (*Puccinia triticina*), sigue siendo una buena opción de cultivo para el mercado de la exportación del noroeste de México, siempre y cuando dicha enfermedad no se presente en la región, o se tenga redituabilidad económica aún con la aplicación de agroquímicos para su control.

REFERENCIAS

AAFC (Agricultura y Agroalimentación de Canadá). (2019). Canadá: Perspectivas de los principales cultivos extensivos.19 de julio de 2019. http://www.agr.gc.ca/eng/industry-markets-and-trade/canadian-agri-food-sector-intelligence/crops/reports-and-statistics-data-for-canadian-principal-field-crops/?id=1378743094676. Acceso en septiembre 26, 2021).

Aquino Mercado, P. R.; Peña Bautista, R. J; y Ortiz-Monasterio, I. (2008). México y el CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. 40 p. Disponible en http://hdl.handle.net/10883/657.

BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V. (2021). Muralla Max 300 OD. Hoja de seguridad.https://www.quimagro.com.mx/web/content/14582/Muralla-Max-Ficha-tecnica.pdf. Acceso en octubre 9, 2021.

BIONUTRA S.A. DE C.V. (2021). Neem Canela. hoja de seguridad. https://pnm.com.mx/ wp-content/uploads/2020/12/FT_NeemCanela.pdf. Acceso en octubre 14, 2021.

Borbón, G. A., Chávez, V. G., Fuentes, D. G. y Díaz, C. H. L. (2019). Evaluación de líneas y variedades de trigo cristalino en cuatro fechas de siembra en el sur de Sonora. pp. 464-467. Memoria de la X Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Octubre 23 a 26, 2019. 809 p.

Borbón-Gracia, A.; Díaz-Ceniceros, H. L.; Chávez-Villalba, G.; Ammar, K.; Fuentes-Dávila, G.; Alvarado-Padilla, J. I.; y Huerta-Espino, J. (2022). DON LUPE ORO C2020: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 45(3), 413-416. https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413.

Borbón-Gracia, A., Díaz-Ceniceros, H. L., Fuentes-Dávila, G., Chávez-Villalba, G., y Alvarado-Padilla, J. I. (2020). Evaluación de genotipos de trigo duro en diferentes fechas de siembra en el sur de Sonora. pp. 359-364. Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía, del 9 al 11 de septiembre, 2020. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México. 1336 p.

Borbón Gracia, A., Díaz Ceniceros, H. L., Fuentes Dávila, G., Chávez Villalba, G., y Alvarado PADILLA, J. I. (2021). Evaluación de líneas y variedades de trigo cristalino en cuatro fechas de siembra en el sur de Sonora. pp. 141-145. Memorias del XXIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Octubre 28 y 29, 2021. 688 p.

CORTEVA AGRISCIENCE MÉXICO. 2021. Full-Mina 4. Hoja de seguridad. https://www. corteva.mx/content/dam/dpagco/corteva/la/mesoandean/mx/es/products/files/FULLMINA4%20ETIQUETA%20WEB.pdf.Acceso en octubre 9, 2021.

CORTEVA AGRISCIENCE MÉXICO. (2021). Folleto técnico. https://www.corteva.mx/ productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/starane-ultra.html. Acceso en octubre 10, 2021.

Félix, V. P.; Ortíz, E. J. E.; Fuentes, D. G.; Quintana, Q. J. G.; y Grajeda, G. J. (2009). Horas frío en relación al rendimiento de trigo. Áreas de producción del estado de Sonora. Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui, INIFAP. Folleto Técnico No. 63. Cd. Obregón Sonora, México. 41 p. Disponible en http://www.simarbc.gob.mx/descargas/TRIGO%20HORAS%20FRIO%20SONORA.pdf.

Figueroa-López, P.; Félix-Fuentes, J. L.; Fuentes-Dávila, G.; Valenzuela-Herrera, V.; Chávez-Villalba, G.; y Mendoza-Lugo, J. A. (2010). CIRNO C2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. Revista Mexicana

de Ciencias Agrícolas, 1, 745-749. Disponible en https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263119819016

Fuentes-Dávila, G.; Figueroa-López, P.; Camacho-Casas, M. A.; Chávez-Villalba, G.; y Félix-Fuentes, J. L. (2014). 'Quetchehueca Oro C2013', nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 37(4), 399-401. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-4/11a.pdf.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 p. Disponible en http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1.

SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/siap/. Acceso en septiembre 21, 2020.

SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/siap/. Acceso en agosto 15, 2021.

SYNGENTA MÉXICO. (2021). AXIAL XL. Hoja de seguridad. https://www.syngenta.com.mx/sites/g/files/zhg501/f/media/2019/09/07/axial_xl.pdf?token=1567883834. Acceso en octubre 14, 2021.

Villaseñor Mir, H. E., Huerta Espino, J., Solís Moya, E., Rodríguez García, M. F., Martínez Cruz, E. y Espitia Rangel, E. (2021). Mejoramiento genético en trigo realizado por el INIFAP desde 1985 a 2020.Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas,12(25), 27-31. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2809.

Zadoks, J.; Chang, T.; and Konzak C. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14, 415-421. doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x.

RENDIMIENTO DE GRANO DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO ADAPTADAS A ESTRÉS EN EL CICLO 2017-2018

GRAIN YIELD OF WHEAT ADVANCED LINES ADAPTED TO STRESS, DURING THE CROP SEASON 2017-2018

Fuentes-Dávila, Guillermo*, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, Ayón-Ibarra, Carlos Antonio, Félix-Fuentes, José Luis, y Félix-Valencia, Pedro

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Autor principal: *fuentes.davila@gmail.com

RESUMEN

Veintiséis líneas avanzadas de trigo harinero, así como la variedad Movas C2009 se sembraron el 16 y 30 de enero de 2018, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Las parcelas consistieron de una cama de 2 m de largo y 0.80 m de separación, sin repeticiones, y con una densidad de siembra de 100 kg ha^{-1}. La temperatura promedio diaria (°C), la máxima, la mínima, la humedad relativa, precipitación y el número de horas frío se registraron de enero 1 a mayo 15, 2018, de la estación climatológica Block 910. Las variables que se evaluaron fueron: días a espigamiento, altura de planta (cm), peso de 1000 granos (g) y rendimiento de grano por parcela (g). El promedio de espigamiento del grupo de líneas fue de 69 días y la altura de planta de 84 cm; las líneas IWA8612949/3/2*ATILLA*2/PBW65//MURGA y BAV92/SERI mostraron una altura de 100 y 95 cm, respectivamente. El promedio del peso de mil granos del grupo fue de 41.3 g; la línea SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/SOKOLL/WBLL1 presentó el peso más alto con 46.3 g, seguida de IWA8612949/3/2*ATILLA*2/PBW65//MURGA y CROC_1/ AE.SQUARROSA(256)/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1/5/BABAX/LR42//BABAX/3/E R2000 con 46.2 y 45.3 g, respectivamente, mientras que la línea FRANCOLIN#1presentó el peso de mil granos más bajo con 36.2 g. El promedio del rendimiento de grano por parcela fue de 339.5 g, destacando las líneas W15.92/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1 (442 g), SOKOLL (426 g) y FRANCOLIN#1 (422 g). El promedio de la temperatura fue de 19.6°C con una máxima de 33.9°C y una mínima de 6.3°C; el promedio de la humedad relativa fue de 73.3%; se presentaron 1.8 mm de lluvia, mientras que el número de horas frío fue de 274.

Palabras clave: Trigo, *Triticum* spp., Rendimiento de grano, Estrés.

ABSTRACT

Twenty six advanced wheat lines of the 7th Stress Adaptive Trait Yield Trial from CIMMYT and the durum wheat cultivar Movas C2009 were sown on January 16 and 30, 2018, at the Norman E. Borlaug Experimental Station, in the Yaqui Valley, Sonora, México. Plots consisted of 1 bed 2 m long with two rows and 0.80 m apart without replications, and a seed density of 100 kg ha^{-1}. Average daily temperature (°C), maximum, minimum, relative humidity, rainfall, and cold units were recorded from January 1 to May 15, 2018. The variables evaluated were: days to heading, a thousand grain weight (g), and grain yield per plot. The average days for heading of lines was 69 days. The average plant height of the group was 84 cm; lines IWA8612949/3/2*ATILLA*2/PBW65//MURGA and BAV92/SERI showed a height of 100 and 95 cm, respectively.. The average a thousand grain weight of the group was 41.3 g; line SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/SOKOLL/WBLL1 showed the highest weight with 46.3 g, followed by IWA8612949/3/2*ATILLA*2/PBW65// MURGA and CROC_1/AE.SQUARROSA(256)/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1/5/ BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000 with 46.2 and 45.3 g, respectively; while the line FRANCOLIN#1 showed the lowest TGW with 36.2 g. The average grain yield per plot was 339.5 g. Outstanding lines were W15.92/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1 (442 g), SOKOLL (426 g), and FRANCOLIN#1 (422 g).. The average temperature was 19.6°C with a maximum of 33.9°C and a minimum of 6.3°C; the average relative humidity was 73.3%; there were 1.8 mm of precipitation, and the number of cold units was 274.

Key words: Wheat, *Triticum* spp., Grain yield, Stress.

INTRODUCCIÓN

El estrés térmico generalmente se define como el incremento en la temperatura por arriba de determinado umbral durante un período de tiempo, lo suficiente para causar efectos deletéreos irreversibles en el desarrollo y crecimiento de los cultivos, causando una reducción en su rendimiento y calidad (Wahid *et al*., 2007). Sin embargo, las altas temperaturas tienen un efecto complejo en los cultivos, y el resultado final en el rendimiento y en la calidad por el estrés térmico van a depender muy fuertemente en las características de dicho estrés (i.e. severidad, duración y/o combinación con otro tipo de estreses), el cultivo (estado fenológico cuando ocurre y la especie/genotipo), y la interacción con otros factores ambientales (Savin, 2010). Por otro lado, las temperaturas altas se presentan en todas la regiones agrícolas siendo un estrés común y universal, por lo que frecuentemente su efecto no se toma en consideración. Se ha calculado que la reducción en el rendimiento en cereales invernales debido a las altas temperaturas durante el período de llenado de grano, pueden alcanzar de

un 10 a un 15% (Wardlaw y Wrigley, 1994; Tewolde *et al*., 2006). La probabilidad de que temperaturas altas se presenten en una determinada región agrícola, depende de la fecha de siembra, la altitud, y la presencia de eventos de temperatura alta. Naturalmente, cuando áreas agrícolas se expanden, es probable que los cultivos en estas nuevas áreas experimenten niveles de estrés, incluyendo las importantes del tipo térmico. Se espera que aún en las zonas agrícolas tradicionales, se incremente la ocurrencia del estrés térmico. La mayoría de los modelos pronostican un incremento de la temperatura de 1-4 ºC durante el día y la noche en los próximos años. Esto es importante porque en algunos cultivos, la temperatura alta durante la noche parece ser más dañina en cuanto a la reducción en la productividad que las temperaturas altas durante el día (Hall, 1992). En los cultivos invernales en zonas templadas, la temperatura normalmente se incrementa a través de la ontogenia de los cultivos. El hecho de que la floración de los cultivos debe ocurrir con el menor o sin el riesgo de posibles heladas, determina que la fecha de siembra de un determinado genotipo sea de gran importancia, ya que durante el período de llenado de grano generalmente se presentan temperaturas altas. Por lo que las temperaturas altas junto con la poca disponibilidad hídrica, son los estreses abióticos más comunes en los cereales invernales (Wardlaw y Wrigley, 1994). El objetivo de este trabajo fue evaluar líneas avanzadas de trigo harinero seleccionadas por su adaptabilidad a estrés, en siembras de fecha tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Veintiséis líneas avanzadas de trigo del 7o Ensayo de Rendimiento de Adaptación a Estrés del CIMMYT, así como la variedad Movas C2009 (Cuadro 1) se sembraron el 16 y 30 de enero de 2018, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora a 27º22´3.01” N y 109º55´40.22” W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las parcelas consistieron de una cama de 2 m de largo y 0.80 m de separación, sin repeticiones, y con una densidad de siembra de 100 kg ha^{-1}. Para el manejo agronómico de las parcelas se siguieron las recomendaciones técnicas de Figueroa-López *et al*. (2011). La temperatura promedio diaria (°C), la máxima, la mínima, la humedad relativa, precipitación y el número de horas frío se registraron de enero 1 a mayo 15, 2018 de la estación climatológica Block 910. Las horas frío se calcularon como la temperatura > 0.1°C a < 10°C que se presenta en una hora determinada. Las variables que se evaluaron luego de cosechar 1 m por parcela fueron: días a espigamiento, altura de planta (cm), peso de 1000 granos (g) y rendimiento de grano por parcela (g).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de espigamiento del grupo de líneas fue de 69 días, siendo las más precoces con 66 días CHEN/AE.SQ//2*WEAVER/3/BAV92/4/JARU/5/OLI2/SALMEJA/6/CROC_1/ AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2 (2), BAJ#1 (20) y FRANCOLIN#1 (22), y las más tardías con 71 SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/ ASTREB (3), SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/5/CROC_1/ AE.SQUARROSA(205)// BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2 (4), CROC_1/AE.SQUARROSA(256)/4/ PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1/5/BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000 (6), IWA8612949 /3/2*ATTILA*2/PBW65//MURGA (8), IRAN-880/3/2*ATTILA*2/PBW65/MURGA (11) y SOKOLL/WBLL1 (27) (Figura. 1). El promedio de altura de planta del grupo fue de 84 cm, siendo las líneas más cortas VORB/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1 (15), BORLAUG 100 (21) y FRANCOLIN#1 (22) con 75 cm, IWA8612949/3/2*ATILLA*2/ PBW65//MURGA (7) y BAV92/SERI (25) mostraron una altura de 100 y 95 cm, respectivamente (Figura 1). El promedio del peso de mil granos del grupo fue de 41.3 g (Figura 2); la línea SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/SOKOLL/WBLL1 (5) presentó el peso más alto con 46.3 g, seguida de IWA8612949/3/2*ATILLA*2/PBW65//MURGA (7) y CROC_1/AE.SQUARROSA(256)/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1/5/BABAX/LR42//B ABAX/3/ER2000 (6) con 46.2 y 45.3 g, respectivamente, mientras que la línea FRANCOLIN#1 (22) presentó el peso de mil granos más bajo con 36.2 g. El promedio del rendimiento de grano por parcela fue de 339.5 g, destacando las líneas W15.92/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1 (26) (442 g), SOKOLL (19) (426 g) y FRANCOLIN#1 (22) (422 g) (Figura 2). El mejor porte agronómico lo presentaron las líneas CHEN/AE.SQUARROSA//2*WEAVER/3/BAV92/4/JARU/5/OLI2/SALMEJA/6/CROC_1/AE. SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2 (2) y SOKOLL/3/ PASTOR//HXL7573/2*BAU/5/CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA// TSI/VEE#5/4/FRET2 (4).

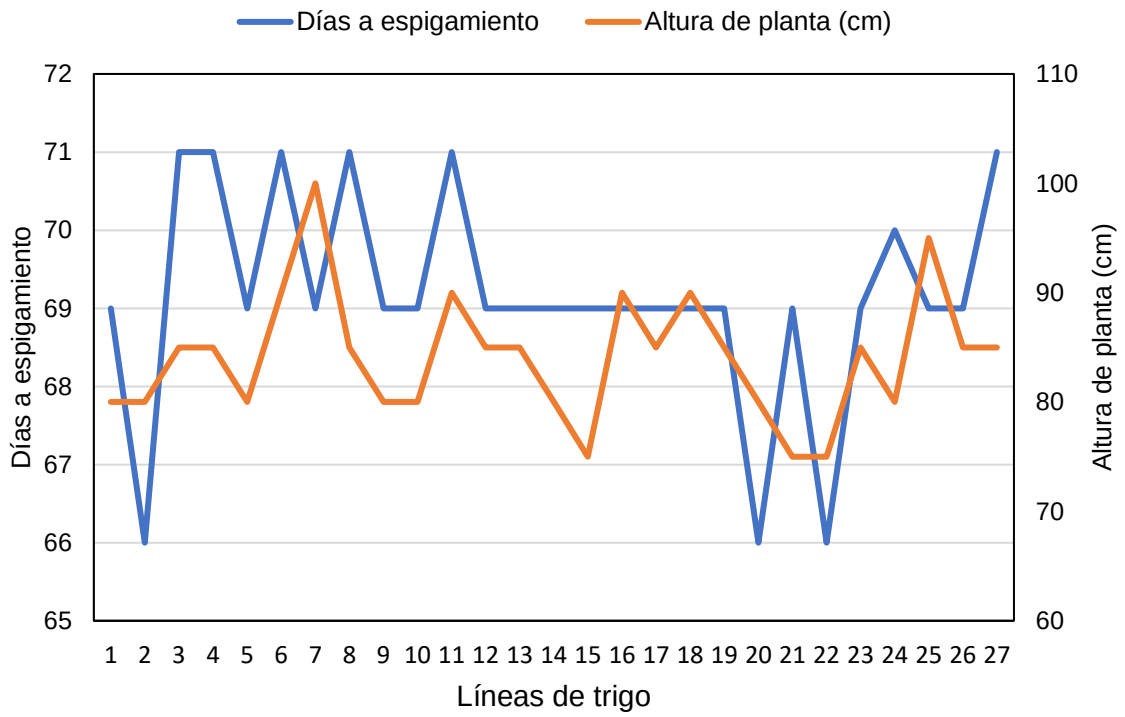


Figura 1. Promedio de días a espigamiento de la variedad Movas C2009 (1) y 26 líneas líneas avanzadas de trigo harinero del 7o Ensayo de Rendimiento de Adaptación a Estrés, sembradas el 16 y 30 de enero de 2018 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico.

El promedio de la temperatura fue de 19.6°C con una máxima de 33.9°C y una mínima de 6.3°C; el promedio de la humedad relativa fue de 73.3%; se presentaron 1.8 mm de lluvia, mientras que el número de horas frío fue de 274. A pesar del promedio tan bajo de horas frío, ocho líneas presentaron un rendimiento de grano arriba de las 5 toneladas por hectárea. La variedad comercial de trigo cristalino Movas C2009 mostró sensibilidad al calor y presentó 4.42 t ha^{-1}, tal y como lo reportaron Rosas-Jáuregui *et al*. (2017), así como Fuentes-Dávila *et al*. (2022).

CONCLUSIONES

El promedio de espigamiento del grupo de líneas fue de 69 días y la altura de planta de 84 cm.

La línea SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/SOKOLL/WBLL1 presentó el peso de mil granos más alto con 46.3 g, mientras que la línea FRANCOLIN#1 presentó el peso más bajo con 36.2 g.

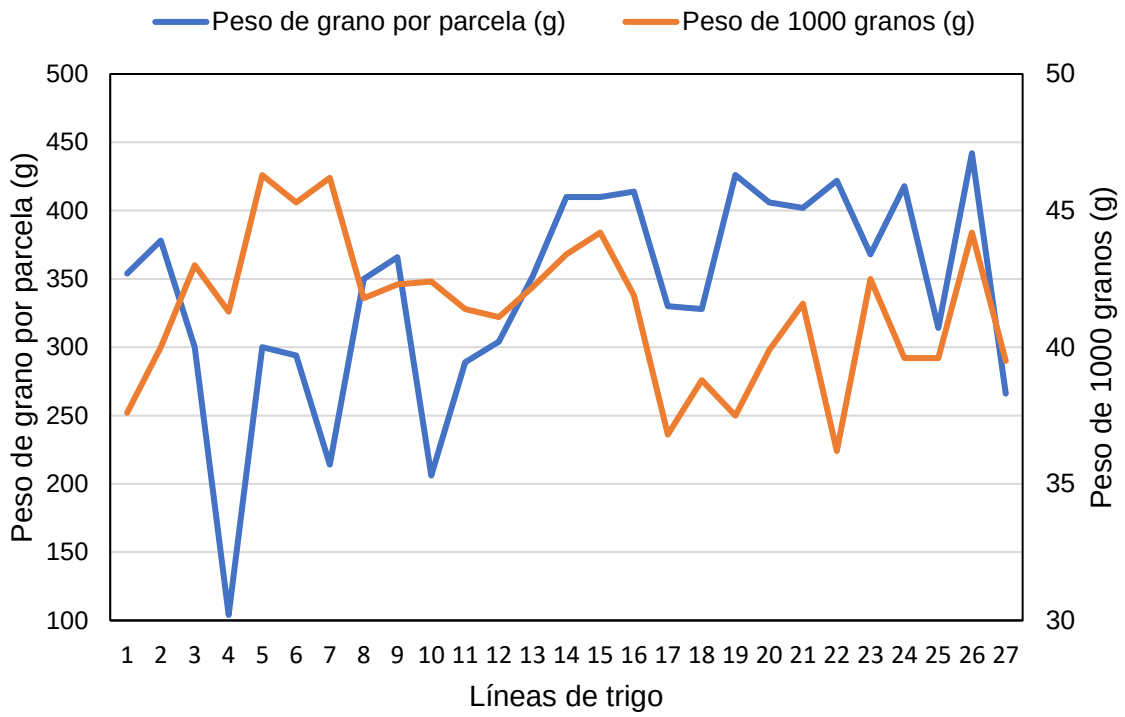


Figura 2. Promedio del peso de grano por parcela y peso de 1000 granos de la variedad Movas C2009 (1) y 26 líneas líneas avanzadas de trigo harinero del 7o Ensayo de Rendimiento de Adaptación a Estrés, sembradas el 16 y 30 de enero de 2018 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico.

El promedio del rendimiento de grano por parcela fue de 339.5 g, destacando las líneas W15.92/4/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1 (442 g), SOKOLL (426 g) y FRANCOLIN#1 (422 g), las cuales superaron las 5 t ha^{-1}.

El promedio de la temperatura fue de 19.6°C con una máxima de 33.9°C y una mínima de 6.3°C; el promedio de la humedad relativa fue de 73.3%; se presentaron 1.8 mm de lluvia, mientras que el número de horas frío fue de 274.

REFERENCIAS

Figueroa-López P, Fuentes-Dávila G, Cortés-Jiménez JM, Tamayo-Esquer LM, Félix-Valencia P, Ortiz-Enríquez JE, Armenta-Cárdenas I, Valenzuela-Herrera V, Chávez-Villalba G. y Félix-Fuentes JL. 2011. Guía para producir trigo en el sur de Sonora. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Folleto para Productores No. 39. Cd. Obregón, Sonora, México. 63 p.

Fuentes-Dávila G, Rosas-Jáuregui IA, Ayón-Ibarra CA, Félix-Fuentes JL, Félix-Valencia P, and Torres-Cruz MM. 2022. Grain yield and other parameters of wheat lines adapted to heat stress, sown late

during the crop season 2016-2017. International Journal of Agriculture, Environment, and Bioresearch 7(6):1-10. https://doi.org/10.35410/IJAEB.2022.5777

Hall AE. 1992. Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Rev. 10:129-168.

Rosas-Jáuregui, I.A., Fuentes-Dávila, G., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Valencia, P., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A., and Chávez-Villalba, G. 2017. Grain yield evaluation of advanced wheat lines adapted to stress, during the 2015-16 crop season. Annual Wheat Newsletter 63:20-23.

Savin R. 2010. Estrés abiótico y calidad en cereales de invierno. In: Avances en ecofisiología de cultivos de granos. Editors: Miralles, D.J.; Aguirrezábal L.N., Otegui, Limitaciones para la productividad de trigo y cebada 19 M.E., Kruk, B.C. & Izquierdo N. Editorial Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Argentina, pp 201-210.

Tewolde H, Fernandez CJ, Erickson CA. 2006. Wheat cultivars adapted to post-heading high temperature stress. J. Agronomy and Crop Science 192:111-120.

Wahid A, Gelani S, Ashraf M, and Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environmental and Experimental Botany 61:199-223.

Wardlaw IF, and Wrigley CW. 1994. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. Australian Journal of Plant Physiology 21:695-703.

RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE GUAJILLO EN DURANGO, MÉXICO.

***Mercedes Borja Bravo[1], Blanca Isabel Sánchez Toledano[2], Sergio Arellano Arciniega[1]**
[3]Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico y Maihualy Martínez Fernández[4]

[1]Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP. Km. 32.5 carr. Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670.

[2]Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Km. 24.5 carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zacatecas, México. C.P. 98500.

[3] Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE- INIFAP. Km. 55 carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. CP. 89610.

[4]Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP. km. 4.5 carr. Durango- El Mezquital, Durango, Durango, México. C.P. 34170.

*Autor de correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durango tiene tradición productiva en chile fresco y seco. El chile guajillo es de los más importantes que se produce en la entidad y por ello el objetivo fue estimar la rentabilidad del chile guajillo en Durango, con la finalidad de generar información que ayude a la toma de decisiones para el impulso de la actividad de manera sostenible y competitiva. Se aplicaron 51 encuestas a productores de chile, el análisis se hizo mediante estadística descriptiva y se estimó la rentabilidad de los sistemas de producción de chile guajillo. Se identificaron dos sistemas de producción a partir del tipo de sistema de riego: por gravedad y goteo. Los dos sistemas fueron rentables, los productores obtuvieron entre 150 y 120% de ganancia sobre lo invertido en la producción de chile fresco en sistema de riego por gravedad y goteo, respectivamente y de 120 y 110 % en chile seco. Se requieren estrategias que incentiven a los productores a la adopción de tecnologías para el aumento del rendimiento, además de eficientizar el uso de agua y aumentar la rentabilidad.

Palabras clave: costo, *Capsicum annuum,* manejo agronómico

ABSTRACT

Durango has a productive tradition in fresh and dry chili. The guajillo chili is one of the most important that is produced in the entity and therefore the objective was to estimate the profitability of the guajillo chili in Durango, in order to generate information that helps decision-making to promote the activity in a sustainable and competitive way. 51 surveys were applied

to chile producers, the analysis was done through descriptive statistics and the profitability of the guajillo chile production systems was estimated. Two production systems were identified based on the type of irrigation system: gravity and drip. The two systems were profitable, the producers obtained between 150 and 120% profit on the investment in the production of fresh chili in the gravity and drip irrigation system, respectively, and 120 and 110% in dry chili. Strategies are required that encourage producers to adopt technologies to increase yield, in addition to making water use more efficient and increasing profitability.

Key words: cost, *Capsicum annuum*, agronomic management

INTRODUCCIÓN

En Durango durante el período de 2019-2021, se destinaron 3,434 hectáreas para la producción del cultivo de chile, de ello se obtuvo una producción de 45.7 mil toneladas, lo que generó un valor comercial de 485.6 millones de pesos anuales. El cultivo tiene presencia en 24 municipios del estado, según estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en 2020 se cultivaron 19,134 t de chile verde como jalapeño (49.8 %), morrón (17.8 %) y poblano (29.1 %), además de otros tipos como chilaca, guajillo verde, puya verde y serrano. En la entidad existe una importante tradición productiva por el chile deshidratado, tal es así que en 2020 se produjeron 31,604.5 toneladas de los tipos chile seco ancho (14.7 %), guajillo (75.8 %) y pasilla (9.5 %) (SIAP, 2022).

Durante la última década, la producción de chile en Durango ha mostrado un incremento promedio anual de 1.69% que se atribuye al incremento en el rendimiento (5.4%). Lo anterior, derivado en gran medida de la especialización que han adquirido los productores y la implementación de nuevas tecnologías; así como a una creciente demanda de la hortaliza en el mercado nacional e internacional (Delgado, 2014). El chile guajillo es uno de los tipos de chile más utilizados en la cocina mexicana y Durango es uno de los estados donde más se producen (Santiago-López *et al.,* 2020). En el año 2022,

se estimó una producción de 8,183 t de chile guajillo seco en la entidad y generó una derrama económica de 114.5 millones de pesos (SIAP, 2022)

La importancia que tiene el cultivo de chile en Durango, principalmente por su tendencia a la producción de chile seco ha provocado que las investigaciones se centren en la generación mejores materiales genéticos (Santiago-López *et al.,* 2020) y en evaluaciones de tecnologías para maximizar producción (Delgado *et al.,* 2014). En los últimos años, se han realizado investigaciones sobre resaltar la importancia social, económica y productiva del chile (Chávez-

Barraza *et al*., 2021); sin embargo, la información se debe generar para todos los tipos de chile y sobre todo para los más importantes por su aportación económica a la entidad. Derivado de lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estimar la rentabilidad del chile guajillo en Durango, con la finalidad de generar información que ayude a la toma de decisiones para el impulso de la actividad de manera sostenible y competitiva.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la zona productora de chile en el estado de Durango, la cual incluyó 4 municipios: Poanas, San Juan del Río, Nuevo Ideal y Lerdo (Figura 1).

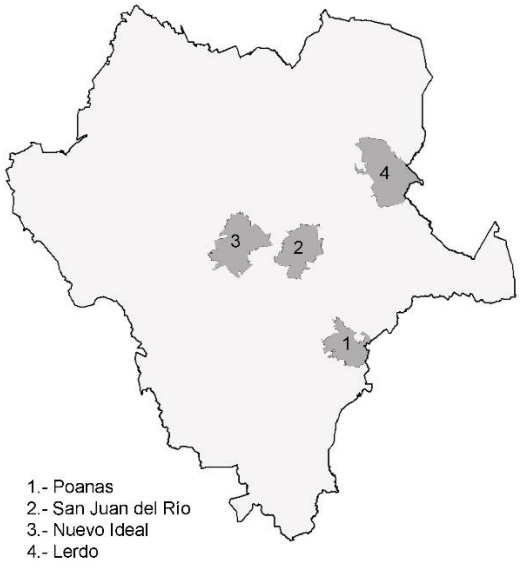


Figura 1. Municipios que integran el área de estudio.

La información se recabó mediante una encuesta a productores de chile aplicada en los meses de septiembre a noviembre de 2021. La encuesta se estructuró para recabar datos sobre los siguientes aspectos: 1) Datos del encuestado; 2) Datos de la parcela; 3) Maquinaria e infraestructura del productor; 4) Tecnología para la producción de chile; 5) Generación de empleos; 6) Organización, asesoría técnica y financiamiento; 7) Comercialización; y 8) Atributos del producto. Las preguntas fueron de tipo cerrado con respuestas dicotómicas, múltiples, de escala y abiertas.

Se estimó un tamaño de muestra utilizando la fórmula de muestreo aleatorio simple sin reemplazo, considerando varianza máxima (Borja *et al*., 2018). Matemáticamente, la fórmula fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 Npq}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

Donde *n* es el tamaño de muestra; *N* la población (136); *Z* es el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 90 % (), *p* es el valor de la proporción priori de varianza máxima de una variable de proporción (0.5); y *e* fue el error máximo permisible de la estimación, en este caso 0.1 (10 %). El tamaño de muestra estimado fue de 45 productores a encuestar; sin embargo, se aplicaron 51, mismos que fueron seleccionados completamente al azar.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y se identificaron las diversas actividades y labores agrícolas realizadas en el cultivo. Se estimaron los costos de producción para chile guajillo en verde bajo sistema de riego por gravedad y goteo, más los costos de secado de chile. Finalmente se estimó la rentabilidad y la ganancia sobre lo invertido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los productores y sistemas de producción de chile

De acuerdo con los datos obtenidos de las encuestas, los productores de chile en el estado de Durango tienen una edad promedio de 50 (±13.4) años. El 100% fueron hombres, con 22 (±14.5) años de promedio de dedicarse a la producción de chile. El 24 % de los productores no tuvieron estudios, el 31 % solo estudios de primaria, el 24 % de secundaria y 20 % estudios universitarios. Las familias de los productores se conforman por 5 integrantes en promedio. El 80.4% de los encuestados tenían tierras ejidales y el 21.4 % bajo el régimen de propiedad privada. La superficie plantada promedio fue de 4.4 (±6.8) ha por productor. Los sistemas de riego predominantes fueron riego por gravedad (62.7 %), riego por goteo (25.5 %), el 11.8% de los encuestados mencionaron que tienen en sus parcelas tanto riego por gravedad como por goteo.

La mayor parte de los productores encuestados mencionó que, inician el establecimiento del cultivo, entre los meses de marzo a julio, según la finalidad de la producción, para venta de chile seco se realiza desde marzo hasta mayo y para chile fresco se establece a partir de junio hasta julio. La preparación del terreno implica las labores culturales de barbecho y/o subsuelo, así como un paso de rastra. Para llevar a cabo el trasplante, realizan el surcado del terreno cuando es riego por gravedad y el acolchado se utiliza en los sistemas de fertirriego. En promedio utilizan 46,000 plantas de chile por ha y la cantidad varia a partir del tipo de chile que establecen los productores. El 66.6 % de los encuestados produjo la plántula en almacigo y el 33.3 % en invernadero.

La nutrición del cultivo es completamente química y los fertilizantes más comunes que aplican fueron urea, sulfato de potasio, amonio y magnesio, nitrato de sulfato, fosfato diamónico y

micronutrientes. La fertilización fue granulada, para el caso de los sistemas de producción de riego por gravedad y soluble para los que aplican riego por goteo.

En 2021 las plagas que afectaron al cultivo de chile fueron la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el gusano del fruto (*Heliotis zea*), gusano trozador (*Peridroma saucia*), el Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii Burgess*) y con menor incidencia fue la araña roja (*Tetranychus urticae*). Los productores señalaron que las enfermedades presentes en el cultivo fueron la pudrición de la raíz ocasionados por *Phytophthora capsici* y *Fusarium spp.*, otra enfermedad fue la cenicilla polvorienta (*Oidiopsis spp*.) y solo el 4% mencionó que ha observado en su cultivo afectaciones por virus.

La producción de chile verde y seco se comercializa por calidades, entre las que destacan la de "primera" y "segunda", que están determinadas por el tamaño del chile. Existe una tercera clasificación en los chiles secos llamada "chiles pintos", que son los que presentan algún daño por plaga o humedad. El 86.3 % de los productores comercializan su producto a granel, el resto en arpillas. En el caso del chile verde, el 54.9 % de los productores pactan con el intermediario la compra del producto antes de la cosecha, el 25.5 % mencionaron que el intermediario llega a comprar directamente a la parcela, el 15. 7 % lo llevan directamente a la central de abastos y el resto mencionó que lo venden directamente con el consumidor.

El 66.7 % de los productores comercializan el chile verde y seco en el mercado estatal y 27.5 % en el mercado nacional y se dirige a estados como Aguascalientes, Coahuila, Nuevo León y Estado de México. El chile fresco se comercializa a nivel estatal y nacional, y el 9.8 % de los productores lo exportaron a Estados Unidos y Europa.

De acuerdo a la encuesta existen tres factores que afectan la comercialización: el primero fue el bajo precio de venta en lo cual coincidieron el 60% de los productores encuestados, el segundo fue el alto intermediarismo con un consenso del 45% del grupo de productores, y en tercer lugar el exceso de oferta en el mercado según el 29% de los encuestados.

Según Caro *et al.* (2014), Durango se ubica en la región del norte y noreste en la producción de chile, que se caracteriza por tener buenos rendimientos y productividad con base en la adopción de buena tecnología, con condiciones ambientales estables y adecuados canales de comercialización. Los datos encontrados en el estudio revelan que los rendimientos se ubicaron por debajo de la media nacional, 20.88 t ha^{-1} de chile verde y 10 t ha^{-1} de chile seco (SIAP, 2022), esta condición se presenta por los diferentes niveles de tecnología que utilizan los productores. Si bien, en sistema de riego no es más que un componente dentro del sistema de producción, en cultivos como las hortalizas marcan una diferencia importante por el manejo

agronómico y esto fue notorio en los productores que utilizan riego por gravedad, donde la nutrición y control de plagas y enfermedades implicó un mayor uso de mano de obra, comparado con los sistemas de fertirriego, además de obtener menores rendimientos. En el caso de los productores que tuvieron riego por goteo, el costo de producción incrementó de 25 a 77 %, sin embargo, el rendimiento permitió cubrir los costos.

Rentabilidad de chile guajillo

En el Cuadro 1 se muestran los rendimientos de chile guajillo en verde y seco y los diferentes sistemas de riego en los que se produce. Los costos de producción de chile están determinados a partir de la tecnología de riego y el tipo de chile. En el Cuadro 1 se observan los costos de producción y los ingresos brutos del chile guajillo deshidratado. Los costos del proceso de deshidratado se estimaron en $44,398 por ha y se incluyó el pago del acarreo del producto, mano de obra y el empaque. De acuerdo a la información proporcionada por productores, por cada tonelada de chile seco se emplearon, en promedio, 4.5 t de chile en fresco.

Cuadro 1. Costos de producción e ingreso bruto de la producción de chile en guajillo en Durango.

Tipo de riego	**Costos de producción** ($ ha^{-1})		**Rendimiento** (t ha^{-1})		**Precio de venta** ($ t^{-1})		**Ingreso Bruto** ($ ha^{-1})	
	Fresco	**Seco**	**Fresco**	**Seco**	**Fresco**	**Seco**	**Fresco**	**Seco**
Gravedad	66,455	111,394	15.8	3.5	10,420	70,000	164,636	245,778
Goteo	83,112	128,051	17.6	3.9	10,420	70,000	183,392	273,778

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo.

Como se observa en el Cuadro 1, los costos para la producción de chile con sistema de riego por gravedad fueron menores; sin embargo, también fueron sistemas donde se obtuvo un menor rendimiento. Aun cuando la producción de chile en riego por goteo fue un poco mayor en chile verde, esta diferencia no se reflejó en el chile seco. Esta condición se puede explicar porque los productores aún están en proceso de aprendizaje y adopción de sistemas de riego por goteo, ya que autores como Santiago-López *et al*. (2020) reportan rendimientos de hasta 7.9 t ha-1 para otras regiones productoras que utilizan híbridos mejorados y fertirriego.

En el Cuadro 2 se observan la rentabilidad y la ganancia del cultivo. La producción de chile verde fue rentable en la región de estudio y los resultados concuerdan con diferentes investigaciones que han medido este indicador bajo diferentes tecnologías de producción y variedades de chile (Espinosa-Torres y Ramírez-Abarca, 2017; Mancilla *et al.,* 2020). Con respecto a la producción de chile seco, también fue rentable y se evidenció que la agregación de valor al producto primario permite a los productores vender su producto a mejores precios y en el mercado nacional e internacional.

Cuadro 2. Rentabilidad de la producción de chile guajillo en Durango.

Tipo de riego	**Costo medio** ($\$ t^{-1}$)		**Rentabilidad** ($\$ ha^{-1}$)		**Ganancia por peso invertido**	
	Fresco	**Seco**	**Fresco**	**Seco**	**Fresco**	**Seco**
Gravedad	4,206	31,726	98,181	134,384	2.5	2.2
Goteo	4,722	32,740	100,280	145,727	2.2	2.1

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo.

La producción de chile es importante en la región de estudio, sin embargo, es importante motivar a los productores a utilizar nuevas técnicas de producción que les permitan incrementar su productividad mediante el uso de cultivares mejorados y la combinación del riego por goteo y acolchado plástico; además de la constante capacitación que deben tener para poder hacer un buen uso de la tecnología y aprovechar el potencial de la misma.

CONCLUSIONES

La producción de chile guajillo seco en Durango mantiene una arraigada tradición productiva, en la cual se distinguen dos sistemas de producción definidos a partir del tipo de riego que utilizan los productores que son el riego por gravedad y por goteo. La producción del guajillo en verde y deshidratado es rentable y esta condición se acrecienta en los sistemas de producción de riego por goteo, en los cuales se incrementan los costos de producción, pero el rendimiento permite cubrir los costos y generar un margen de ganancia.

Aun cuando la producción de chile es eficiente económicamente, se recomienda generar estrategias que permitan a los productores adoptar tecnologías más eficientes en el aumento del rendimiento, eficiencia en el uso de agua y calidad del producto. Lo anterior contribuye a que la producción de chile verde y seco sea competitiva y sostenible.

REFERENCIAS

Borja, B. M., Vélez, I. A. y Ramos, G. J. L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y sociedad, 30*(71), 1-22. https://www.redalyc.org/jatsRepo/102/10253649009/html/index.html

Caro, E. M., Leyva, M. C. y Ríos, S. J. (2014). Competitividad mundial de la producción de chile verde en México. *Revista de economía, 31*(83), 95-128. file:///C:/Users/Mercedes/Downloads/Competitividad_Mundial_de_la_Produccion_de_Chile_V.pdf

Chávez-Barraza, J.L., Martínez-González, E.G., Aguilar-Ávila, J., Aguilar-Gallegos, N., y Sagarnaga-Villegas, L.M. (2022). Caracterización social, productiva y económica de la producción de chile verde seco en la microrregión de El Oro, Durango, México. *Temas Actuales en Ciencias Agronómicas*, *1* (1), 37-46. https://doi.org/10.5154/r.ctas.2021.08.03a

Delgado, R. G., Inzunza, I. M. A., Villarreal, C. M. M. Catalán, V. E. A., y Román, L. A. (2014). Evaluación tecnológica para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *5*(8), 1557-1565. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v5i8.835.

Espinosa-Torres, L. E., y Ramírez-Abarca, O. (2017). Rentabilidad de chile manzano (*Capsicum pubescens* R Y P) producido en invernadero en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, *7*(2), 325–335. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.347

Mancilla, V. O. R.I., Hernández, V. O. M., Cortez, J. C. Chávez, C. J. A., Castillo, Á. E. A., Guevara, G. R. D., Huerta, O. J. J., Can, C. A., Ortega, E. H. M. y Sánchez, B. E. I. (2020). Rentabilidad en maíz (Zea mays L.) y Chile (*Capsicum annuum* L.) con manejo convencional y alternativo en Autlán, Jalisco. *Idesia (Arica)*, *38*(3), 33-42. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300033

Santiago-López, U., Ramírez-Meraz, M. y Méndez-Aguilar, R. (2020). HMG14E, Hibrido de chile guajillo para el altiplano de San Luis Potosí, México. *Revista Fitotecnia Mexicana, 43*(2), 243-244. https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n2/0187-7380-rfm-43-02-243.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción agrícola: cierre de la producción agrícola 1980-2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). http://www.siap.gob.x/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/

REPORTE DE ÁCAROS COMO PLAGA EN ÁRBOLES DE *Guazuma ulmifolia* Lam. EN MÉXICO

José Luis Arispe-Vazquez[1*], Daniel Alejandro Cadena-Zamudio[2], José Francisco Díaz-Nájera[3], Sergio Ayvar-Serna[3], David Heriberto Noriega-Cantú[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala; [2]Instituto de Ecología; [3]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

*arispe.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

El guácimo *Guazuma ulmifolia* es un árbol multipropósito en el área agroforestal. El objetivo de este estudio fue identificar taxonómicamente los individuos presentes en las agallas de *G*. *ulmifolia* del estado de Morelos, México. Para comenzar, se realizaron recorridos de campo en donde se colectaron muestras al azar de hojas con deformaciones y presencia de agallas, posteriormente se diseccionaron las agallas y se montaron en un microscopio estereoscópico para su identificación, además también se colectaron hojas de este árbol pero sin síntomas de las agallas para su comparación. Los resultados muestran que los ácaros fitófagos presente en las agallas de los árboles de *G*. *ulmifolia* pertenecen a la familia Eriophyidae y son una plaga invasiva en el árbol guácimo, sin embargo, futuros estudios deben buscar agentes efectivos de control biológico, pero también una identificación más precisa mediante y técnicas moleculares.

Palabras clave: agalla, guácimo, fitófago.

ABSTRACT

Guacimo *Guazuma ulmifolia* is a multipurpose tree in the agroforestry area. The objective of this study was to taxonomically identify the individuals present in the galls of *G. ulmifolia* from the state of Morelos, Mexico. To begin with, field visits were performe out where random samples of leaves with deformations and the presence of galls were collected, later the galls were dissected and mounted in a stereoscopic microscope for their identification, in addition leaves of this tree were also collected but without gall symptoms for comparison. The results show that the phytophagous mites present in the galls of *G. ulmifolia* trees belong to the Eriophyidae family and are an invasive pest in the guacimo tree, however, future studies should

seek effective biological control agents, but also an identification more accurately using and molecular techniques.

Key words: gall, guácimo, phytophagous.

INTRODUCCION

Guazuma ulmifolia Lam. popularmente es conocido como guácimo y corresponde a un árbol que se encuentra en América Latina, especialmente en Brasil y México (Pereira *et al.,* 2019), y en México se emplea principalmente en sistemas agrosilvopastoriles como árboles intercalados para cultivos secuenciales para producción de forraje con alto valor proteico (Villa-Herrera *et al*., 2009).

Dentro de las principales plagas de que dañan a *G. ulmifolia* destacan principalmente los ácaros debido a los daños que generan en los árboles, es decir, la colonización de esta plaga genera la formación de verrugas o agallas que provocan que las hojas afectadas se vuelven gruesas y onduladas ocasionando el defoliamiento total de la planta (Barraza, 2014), resaltando que los ácaros fitófagos cada vez muestran mayor capacidad de adaptación a ambientes contrastantes, por lo que cada año se registran nuevos especímenes en diferentes especies de plantas que funcionan como hospedantes alternos. Ante la amenaza que representa esta plaga para la especie como sus efectos en el área agroforestal, se vuelve de gran valor identificar correctamente los especímenes para estrategias de control en México (Acuña y Estrada, 2009). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar taxonómicamente los individuos presentes en las agallas de *G*. *ulmifolia* del estado de Morelos, México.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron muestreos de campos en el mes de agosto del ciclo 2022 en el municipio de Tepalcingo, Morelos, México (18.618555 N -98.850110 O) para identificar árboles de guácimo que presentaran características atípicas a un ejemplar sano. Mas tarde, se colectaron muestras al azar de hojas con deformaciones y presencia de agallas (Figura 1), las cuales fueron colocadas en bolsas de papel rotuladas con las coordenadas del sitio, nombre de la localidad y fecha. Se realizaron técnicas de disección en las agallas (se hicieron cortes transversales sobre la agalla de las hojas) presentes en la superficie de las hojas para su montaje, posteriormente se observaron las láminas con los especímenes registrados en un microscopio estereoscópico. Todos los ejemplares fueron identificados mediante literatura especializada por un taxónomo del Instituto de Ecología A.C.

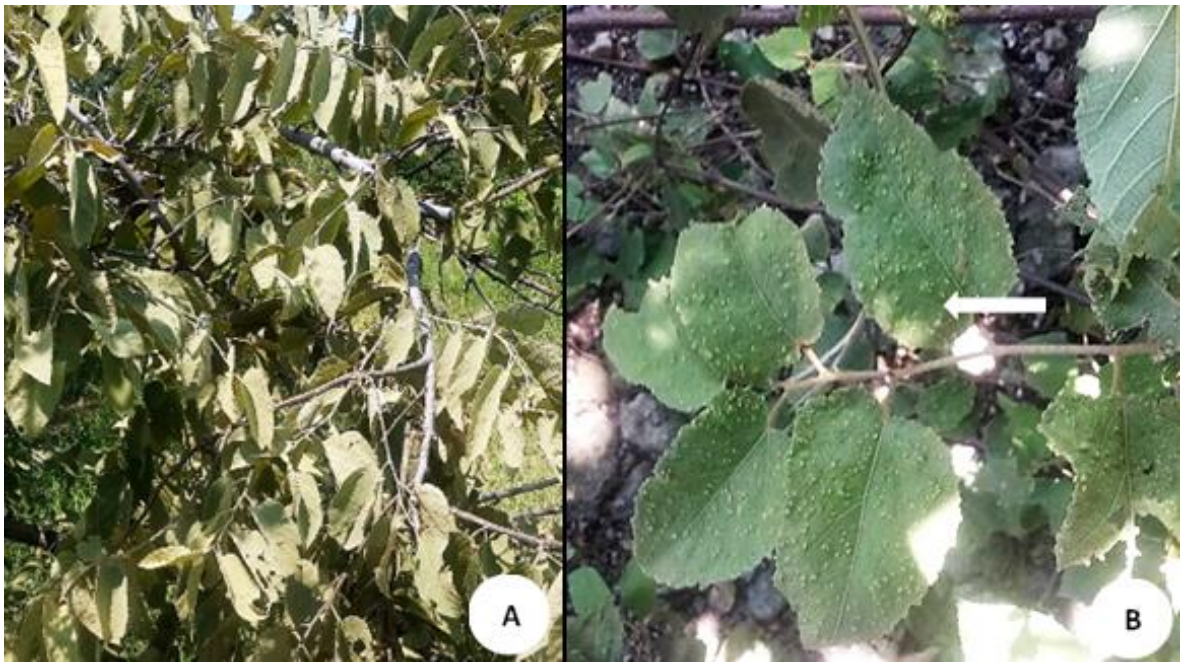


Figura 1. Árbol de Guácimo. A) Agallas en *G. ulmifolia*. B) Lámina foliar con gran presencia de agallas (Cadena-Zamudio *et al.,* 2023)

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a la morfología de los organismos presentes en las agallas, en esta investigación se reporta a los ácaros pertenecientes a la familia Eriophyidae como una plaga que provoca agallas en las hojas de *G. ulmifolia,* cabe señalar que nuestra identificación fue similar a lo reportado por otros autores que describen a este fitófago como una plaga en México, como lo es por Ayala-Ortega *et al*. (2019),a la identificación de plagas en los cultivos es vital para la formulación de estrategias de control. Para el año 2050, la agricultura deberá seguir suministrando el 80 % de los alimentos del mundo, reducir las pérdidas de productos del campo causadas por las plagas de los cultivos es indispensable para satisfacer las necesidades futuras de alimentos (FAO, 2011). Por ejemplo, Toledo-Aguilar et al (2022) identificaron a esta familia de ácaros (Eriophyidae) en accesiones de algodón de cuatro diferentes estados de México, en donde algunas accesiones fueron susceptibles, tolerantes o resistentes al daño por esta plaga.

CONCLUSIONES

Se identificó a los ácaros pertenecientes a la familia Eriophyidae como los responsables de las agallas de las hojas en los árboles de *G. ulmifolia.*

REFERENCIAS

Acuña, S.J.A., y Estrada, V.E.G. 2009. Actualización al conocimiento de la superfamilia Eriophyoidea (Acari: Prostigmata) en México. Colegio de posgraduados de México. Edo. de México. Texcoco, México.

Ayala-Ortega, J.D.J., Acuña-Soto, J.A., Martínez-Castillo, A.M., Lara-Chávez, M.B.N., and Vargas-Sandoval, M. 2019. New record of *Acalitus orthomera* (Keifer) (Acari: Eriophyidae) in blackberry (*Rubus fruticosus* var. tupy) in Ziracuaretiro, Michoacán, Mexico. Acta Zoológica Mexicana, 35.

Barraza, E., Mendoza, L., and Rodríguez, I. 2021. Incidencia y distribución de *Eriophyes guazumae* Cook (Eriophyidae), agente causal de las agallas en guácimo (*Guazuma ulmifolia*), en Panamá. Revista Semilla del Este, 1(2): 32-36.

Cadena-Zamudio, D.A., Arispe-Vázquez, J.L., Noriega-Cantú, D.H., Toledo-Aguilar, R., and Luisa-Castillo, M. 2023. First Report of Rust Mite as an Invasive Pest of *Guazuma ulmifolia* Lam. Trees in Mexico. Southwestern Entomologist 48(2): 477-480. https://doi.org/10.3958/059.048.0224

AO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. El Estado de los Recursos de Tierras y Aguas del Mundo para la Alimentación y la Agricultura. Roma. pp. 47.

Pereira, G.A., Peixoto Araujo, N.M., Arruda, H.S., Farias, D.P., Molina, G., y Pastore, G.M. 2019. Phytochemicals and biological activities of mutamba (Guazuma ulmifolia Lam.): A review. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, *126*: 108713. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108713

Toledo-Aguilar, R., J. L. Arispe-Vázquez, D. H. Noriega-Cantú, T. Romero-Rosales,and E. Hernández-Leal. 2022. Eriophyid mite as an invasive pest associatedwith gall formation in cotton from five states of Mexico. Southwest.Entomol. 47: 659-670. *(24) (PDF) First Report of Rust Mite1 as an Invasive Pest of Guazuma ulmifolia Lam. Trees in Mexico*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/372386978_First_Report_of_Rust_Mite1_as_an_Invasive_Pest_of_Guazuma_ulmifolia_Lam_Trees_in_Mexico [accessed Aug 07 2023].

RESULTADOS PRELIMINARES DE INOCULACIÓN DE CEPAS ANTAGONISTAS DE ENFERMEDADES EN CHILE MIRASOL

[1]Cid-Ríos J. A.; [2]Salas-Muñoz S.; [1]Herrera M. D. y [1]Reveles-Torres L. R.

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., México. Tel 01 800 088 22 22 Extensión 82320. [2]CONACYT-INIFAP, Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo CP 98500. Correo: cid.angel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Dentro de los principales retos a los que se enfrentan los productores de chile mirasol son los patógenos como *Phytophthora capsici*, y *Fusarium oxysporum,* los cuales afectan considerablemente el rendimiento de chile. Por lo que se evaluó el efecto de la inoculación de cepas antagonistas de enfermedades aplicadas en el sustrato, sobre la altura, cobertura, diámetro del tallo, altura a la primera horqueta, y el número de flores en planta de chile mirasol. La plántula de las distintas cepas se estableció mediante un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde se evaluaron las cepas antagonistas de enfermedades más el testigo, bajo condiciones de riego por goteo. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas para la altura de planta, lo cual se atribuye al efecto positivo causado por la inoculación y adaptación de cepas, donde las Cepas 2 y 3, fueron las de mejor comportamiento, así mismo, estas mismas cepas son las de mejor comportamiento para la cobertura de planta y el diámetro de tallo, también fueron las de mayor producción de flores por de planta de chile mirasol. Lo anterior puede contribuir a disminuir el uso de productos químicos para el control de enfermedades en el cultivo de chile.

Palabras clave: Cepas, antagonismo, chile, enfermedades**.**

ABSTRACT

Among the main challenges faced by mirasol pepper producers are pathogens such as Phytophthora capsici, and Fusarium oxysporum, which considerably affect the pepper yield. Therefore, the effect of the inoculation of antagonistic strains of diseases applied in the substrate, on the height, coverage, stem diameter, height at the first fork, and the number of flowers in the mirasol pepper plant was evaluated. The seedling of the different strains was established by means of a randomized block design with four repetitions, where the antagonistic strains of diseases plus the control were evaluated, under drip irrigation conditions. The results of the analysis of variance showed highly significant differences for

plant height, which is attributed to the positive effect caused by the inoculation and adaptation of strains, where Strain 3 and Strain 2 were the ones with the best behavior, likewise, these same strains are the ones with the best performance for plant coverage and stem diameter, they were also the ones with the highest flower production per mirasol pepper plant. This can contribute to reduce the use of chemical products for the control of diseases in the cultivation of chili.

Key words: Strains, antanonism, chili, diseases

INTRODUCCIÓN

Los principales retos a los que se enfrenta los productores de chile son las enfermedades fungosas causadas por diferentes especies de *Fusarium* spp, donde la sintomatología se aprecia en las hojas, raíz y tallo de las plantas de chile. Dentro de las medidas de control, se ha encontrado que la aplicación de hongos antagonistas de la enfermedad, como la cepa de *Trichoderma harzianum* es alternativa de hongo antagonista que inhibe el crecimiento fitopatógeno de Fusarium en el cultivo de chile (Reyes *et al*., 2012). Dentro de los principales problemas Fitosanitarios que se tiene en el cultivo de chile es la marchites, misma que es provocada por diversos patógenos a nivel mundial. Sin embargo, la inoculación de cepas antagonistas inoculadas a la raíz ha mostrado un efecto favorable donde se incrementa el rendimiento de chile (Hernández-Castillo *et al.,* 2014). Se ha reportado que el uso de microorganismos específicos aplicados al sustrato para la producción de plántula de chile bajo condiciones de invernadero, favorece el crecimiento de la plántula y previene la presencia de *Phytophthora capsici* y, además, se tiene menos incidencia de enfermedad en plantas de chile (Bautista-Calles *et al.,* 2014). Posterior a la aplicación de cepas antagonistas no es notorio el efecto en las primeras semanas de aplicación, por lo que no hay evidencias significativas con respecto al testigo donde no se aplican las cepas, sin embargo, el efecto es notorio entre los 42 y 84 días después de la aplicación. Sin embargo, es importante señalar que el efecto depende de la colonización de la cepa, la temperatura, luz, la etapa de desarrollo, la humedad disponible en el sistema radicular, siendo notable en efecto en plantas con mayor altura y con mayor número de frutos (Rubio *et al.,* 1997; Guillén-Cruz *et al.,* 2006). Por otro lado, la utilización de frijol como cultivo alterno en parcelas infectadas disminuye considerablemente la presencia de la infestación, incrementando considerablemente el rendimiento de chile en el siguiente ciclo (Bautista-Calles *et al.,* 2010). En diversas investigaciones se ha encontrado que la producción de ácido indolacético estimula y favorece el crecimiento vegetal, sin embargo, la producción de rizobacterias varia en diferentes cepas, así mismo, influye la etapa

de desarrollo y condiciones del cultivo (Hernández-Hernández *et al.,* 2018). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la inoculación de cepas aplicadas en el sustrato, sobre la altura, cobertura, diámetro del tallo, altura a la primera horqueta, y el número de flores en planta de chile mirasol.

MATERIALES Y MÉTODOS

En las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Ubicado en el kilómetro 24.5 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, en el Municipio de Calera de Víctor Rosales, del estado de Zacatecas.

Se preparo sustrato por separado para realizar la inoculación del mismo con las cepas antagonistas de enfermedades; a) Cepa 1 *Fusarium* sp., b) Cepa 2 *Fusarium* sp., c) Cepa 3 *Fusarium* sp. y el testigo (sin aplicación de cepa) en charolas de 200 cavidades, se utilizó semilla de chile tipo mirasol germoplasma cabañas (material criollo). La plántula se produjo mediante condiciones de invernadero, cuando la plántula alcanzo una altura de 12 cm y con cuatro pares de hojas verdaderas, se procedió al trasplante de la plántula en campo el 12 de mayo del 2023. Las distintas cepas fueron establecidas bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones donde la parcela experimental consto de cuatro surcos con longitud de cinco metros lineales con distanciamiento de 0.76 m, el distanciamiento entre plantas fue de 30 cm, y la parcela útil consto de cinco plantas centrales sin considerar un metro de cada extremo. Se utilizo cintilla calibre seis mil de alto flujo. Para visualizar el efecto de las cepas no se aplicó fertilización química en el trasplante, así como durante el ciclo de cultivo. Durante el ciclo de cultivo se realizaron cuatro escardas. A los 48 días después del trasplante (ddt), dentro de cada repetición se seleccionaron cinco plantas consecutivas con competencia completa, donde se midió la altura de planta, cobertura, diámetro de tallo, altura a la primera orqueta y se contabilizo el número de flores por planta en cada tratamiento y repetición. A los datos obtenidos se les realizaron un análisis de varianza y comparación de medias usando el paquete SAS, 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el cuadro 1, se muestran las variables de crecimiento en el cultivo de chile mirasol, donde se encontraron diferencias altamente significativas para la altura de planta ($P = 0.007$), en la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se encontró a los 48 ddt, las Cepa 2 y 3, fueron las que presentaron mayor altura de planta de 39.60 y 39.75 cm, respectivamente, si se compara con el testigo que fue con una altura del 34.45 cm.

Para la cobertura de planta se mantiene la misma tendencia donde la Cepa 3 y 1 son las de mayor cobertura, lo cual concuerda con lo reportado por (Hernández-Hernández *et al.,* 2018) quienes señalan que la inoculación de plántulas con diversas cepas favorece un mayor crecimiento de la planta. La misma tendencia se muestra para el diámetro de tallo de la planta de chile donde la Cepa 3 y 2 fueron las de mayor diámetro, respecto al testigo.

Para el número de flores los resultados obtenidos concuerdan con Guillén-Cruz *et al.,* 2006, quienes señalan que la inoculación favorece una la producción de flores y frutos. Las Cepas 2 y 3 fueron las que mostraron mayor producción de flores respecto al testigo.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables; altura, cobertura, diámetro de tallo, altura a la primera orqueta y número de flores por planta en chiles inoculados por cepas en el ciclo primavera 2023, en Calera, Zacatecas

Cepa	**Altura de planta (cm)**	**Cobertura de planta (cm)**	**Diámetro de tallo (mm)**	**Altura a la primera horqueta**	**Número de flores**
Cepa 1 *Furarium* sp.	37.80ab	25.35a	7.92a	19.30a	2.45a
Cepa 2 *Fusarium* sp.	39.60a	24.25ab	8.03a	19.55a	3.20a
Cepa 3 *Fusarium* sp.	39.75a	25.55a	8.40a	18.65a	3.0a
Testigo (sin fertilización)	34.45b	20.55b	6.77b	18.35a	1.45a
C.V.	7.61	9.82	7.91	10.30	40.81

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La expresión de las diferentes cepas pudiera atribuirse a la capacidad de adaptación, colonización de las mismas, y a de la humedad durante el desarrollo del cultivo, reflejando una tendencia positiva respecto al testigo.

CONCLUSIONES

La inoculación de las cepas al sustrato mostró un efecto positivo en la adaptación e incremento de colonización en el suelo, favoreciendo el crecimiento fisiológico de la planta. Las cepas más sobresalientes para las variables evaluadas fueron; Cepa 2 y Cepa 3 de *Fusarium* sp.

También es recomendable que en futuras investigaciones realizar la evaluación de las cepas con aplicación de fertilizante químico, para verificar si no existe un efecto antagonista o de inhibición de las cepas por la simbiosis y con esto contribuir a reducir el uso de productos químicos para el control de enfermedades en cultivo de chile.

REFERENCIAS

Bautista-Calles J., Huerta-Lara M. y Roberto García-Espinoza R. 2014. Antagonists to Phytophthora capsici inoculated in substrates of germination of Capsicum annuum Leonian and Mucuna deeringiana Bort. Avances en Investigación Agropecuari. 18:94-114

Bautista-Calles J., García-Espinosa R., Montes-Belmont R., Zavaleta-Mejía E., Pérez-Moreno J., Ferrera-Cerrato R., García de la Cruz R. y Huerta-Lara M. 2010. Disminución de la marchitez del chile por introducción de antagonistas en cultivos de rotación. INTERCIENCIA. 35:673-679

Guillén-Cruz R., Hernández-Castillo F. D., Gallegos-Morales G., Rodríguez-Herrera R., Aguilar-González C. N., Padrón-Corral E., Reyes-Valdés M. Humberto. Bacillus spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con Fusarium spp., Rhizoctonia solani Kühn y Phytophthora capsici Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (Capsicum annuum L.). Revista Mexicana de Fitopatología. 24:105-114

Hernández-Castillo F. D., Lira-Saldivar R. H., Gallegos-Morales G., Hernández-Suárez M. y Solís-Gaona S. 2014. Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de Bacillus y su efecto en el crecimiento y rendimiento. Revista Internacional de Botánica Experimental. 83:49-55

Hernández-Hernández E. J., Hernández-Ríos I., Almaraz-Suarez J. J., López-López A., Torres-Aquino M y Morales-Flores F. J. 2018. Caracterización in vitro de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del damping off en chile. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9:525-537

Reyes R. A., Alejo J. C., Ruiz Sánchez E. y Tun S. J. M. 2012. Inhibición del crecimiento in vitro de Fusarium sp. aislado de chile habanero (Capsicum chinensis) con hongos antagonistas. Fitosanidad. 16:161-165

SELECCIÓN DE GENOTIPOS NATIVOS DE ALGODÓN EN BASE A SU CALIDAD DE FIBRA

Enrique Hernández-Leal[1]*, Olga Bonilla-Barrientos[1], Iván Franco-Gaytán[2], Paulina Nava- Ruiz[1], Beatriz Martínez-Yañez[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Delicias. [2]INIFAP - Campo Experimental La Laguna. [3]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

RESUMEN

Por su amplia adaptabilidad y excelente rendimiento el algodón se cultiva en más de 50 países, principalmente en zonas tropicales y sub-tropicales, produciendo cerca del 95% de la fibra en el mundo. La calidad de fibra es un rasgo fundamental para el proceso industrial, consumidores finales y la industria textil que demandan fibras de alta calidad. Por desgracia, la fibra de algodón tiene una amplia variación entre muestras, por lo que su descripción y mediciones son indispensable para conocer su calidad. El presente estudio se realizó en el 2019, en el C. E. La Laguna del INIFAP, en Matamoros, Coahuila. La siembra se realizó el 18 de abril y se utilizaron 28 genotipos de algodón y un testigo comercial (Delta Pine®). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. El manejo agronómico se dio de acuerdo al paquete tecnológico propuesto por el INIFAP. La cosecha se realizó de forma manual a los 120 y a los 136 dds. Se tomó una muestra aleatoria de 50 bellotas por cada genotipo, separando la fibra de la semilla, las muestras de fibra se enviaron al laboratorio de calidad de fibra, donde se determinó la longitud de fibra, resistencia, finura y el contenido de amarillo +b. Se realizó un análisis de varianza a cada variable, cuando se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Con la prueba de comparación de medias se identificó que TOA-06, GOS-22 y FZ-13 CHAMPION presentaron una finura ideal ya que se encontró en el intervalo de 3.7 a 4.2 micronaire. Los genotipos nativos de algodón TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON fueron similares en finura, longitud, resistencia y color (blanca) que el testigo comercial (Delta Pine®) por lo que son una importante fuente de germoplasma que podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético de algodón.

Palabras clave: Calidad de fibra, rendimiento, variedades nativas.

ABSTRACT

Due to its wide adaptability and excellent yield, cotton is cultivated in more than 50 countries, mainly in tropical and sub-tropical areas, producing about 95% of the fiber in the world. Fiber quality is a fundamental feature for the industrial process, final consumers and the textile industry that demand high quality fibers. Unfortunately, the cotton fiber has a wide variation between samples, so its description and measurements are essential to know its quality. The present study was carried out in 2019, at the C. E. La Laguna of INIFAP, in Matamoros, Coahuila. Planting was carried out on April 18 and 28 cotton genotypes and a commercial control (Delta Pine®) were used. The experimental design used was randomized complete blocks with three replications. Agronomic management was given according to the technological package proposed by INIFAP. Harvesting was done manually at 120 and 136 dap. A random sample of 50 acorns for each genotype was taken, separating the fiber from the seed, the fiber samples were sent to the fiber quality laboratory, where the fiber length, resistance, fineness, and yellow +b content were determined. An analysis of variance was performed for each variable. When statistical differences were detected between genotypes ($P \leq 0.05$), Tukey's mean separation test was applied ($P \leq 0.05$). With the comparison of means test, it was identified that TOA-06, GOS-22 and FZ-13 CHAMPION presented an ideal fineness since it was found in the range of 3.7 to 4.2 micronaire. The native cotton genotypes TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON were similar in fineness, length, resistance and color (white) to the commercial control (Delta Pine®), so they are an important source of germplasm that could be used in cotton genetic improvement programs.

Key words: Fiber quality, yield, native varieties.

INTRODUCCIÓN

El algodón es la principal fuente de fibras naturales (Chen et al., 2007) y el producto agrícola de uso industrial de mayor importancia a nivel mundial (SAGARPA, 2014), representa el 30% de las fibras que se utilizan en la industria textil mundial (FAO, 2018). Además, por su amplia adaptabilidad y excelente rendimiento se cultiva en más de 50 países (Vinent y Fajardo, 2007). La calidad de la fibra es un rasgo fundamental para el proceso industrial, consumidores finales y la industria textil que demandan fibras de alta calidad (Su et al., 2016). Por lo que mejorar la calidad de fibra se ha convertido en un objetivo primordial de los fitomejoradores (Liu et al., 2020), por lo que su descripción y mediciones son indispensable para conocer dicho parámetro (Gonzales, 2016). Para medir la calidad de fibra se utilizan las siguientes características: índice micronaire (finura), longitud de fibra, resistencia, elongación, índice de humedad, índice de fibras cortas, el color y el contenido de basura (Tarragó et al., 2019).

Generalmente las primeras tres características se toman de referencia en la industria textil para definir la calidad y el precio que se les pagará a los productores. Las propiedades más importantes que afectan la calidad del hilo son la resistencia y la longitud de fibra (Yang et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo agrícola 2019, en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP, en Matamoros, Coahuila. La siembra se realizó el 18 de abril de 2019 a una distancia de 76 cm entre surcos y nueve plantas por metro lineal, para una población de 115,000 plantas ha-1 para las variedades convencionales y cinco plantas por repetición a una distancia de 2 m entre plantas para las colectas del Jardín Botánico del C.E. Iguala- INIFAP y del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se aplicó una dosis uniforme de 100 kg de nitrógeno y 30 kg de fósforo/ha, se dieron un riego de presiembra y tres de auxilio a los 52, 72 y 92 dds. El control de maleza y la cosecha se realizó de forma manual, la primera cosecha fue a los 120 y la segunda a los 136 dds. Se utilizaron las variedades convencionales de algodón: Cian Precoz, Cian-95, Juárez-91, Laguna-89 y Nazas-87, las colectas FZ-13CHA, FZ-10, FZ-13 CLON, FZ-15. GOS-21, GOS-17, GOS-22, GOS-27, US-023, TOA-03, TOA-04, TOA-06, TOA-11, TOA-12, TOA-18 y TOA-27 del Jardín Botánico y las colectas P1-583 CHAPIS, P1-589, P1-528748 y P1-201584 del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo, como testigo se usó la variedad comercial Delta Pine®. Se tomó una muestra aleatoria de 50 bellotas por cada genotipo, en donde se separó la fibra de la semilla, las muestras de fibra se enviaron al laboratorio de calidad de fibra, donde se determinó a cada muestra la longitud de fibra (LON; en mm), la resistencia (RES; en g/tex), la finura (FIN; en índice de micronaire) y el contenido de amarillo +b (Plus_B). Se realizó un análisis de varianza a cada variable, cuando se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS v.9.3 (SAS Institute 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad de fibra de los materiales evaluados fue diferente ($p \leq 0.05$) entre los genotipos evaluadas (Cuadro 1). Los coeficientes de variación (C.V.) de los análisis estuvieron entre 0.22 y 1.37%, lo que indica que el muestreo y análisis fueron correctos, debido a que experimentos donde se evalúan genotipos es aceptable un C.V. entre 6 a 8 % (Gómez y Gómez, 1984).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza en la calidad de fibra de genotipos de algodón.

Variable	**Genotipo**		**Rep**	**Error**	**C.V. (%)**
Finura (MIC)	1.77	**	0.0002	0.0002	0.2858
Longitud (mm)	0.0471	**	0.000005	0.00003	0.4369
Resistencia (g/tex)	33.29	**	0.0538	0.165	1.29
Amarrilles (+b)	2.52	**	0.0001	0.0004	0.2185
G.L	28		2	56	

G.L: Grados de Libertad

Con la prueba de comparación de medias se identificó que TOA-17, FZ-13 CLON, GOS-17, FZ-17 y PI-589 tuvieron una finura muy gruesa de acuerdo con la clasificación por instrumentos de alto volumen(HVI) (CNSPA, 2012). La finura ideal de la fibra de algodón se debe encontrar en un intervalo de 3.7 a 4.2 micronaire, de los cuales TOA-06, GOS-22 y FZ-13 CHAMPION estuvieron dentro de ese intervalo (Secretaría de Economía DGN, 2000).

En el caso de la longitud, GOS-17, GOS-21, GOS-27, TOA- 06, TOA-11, TOA-17, TOA-18, NAZAS SELECTA, CIAN PRECOZ y CIAN-95 presentaron los valores más altos, colocándose en la categoría de Fibra Extra Larga (Cuadro 2) y podrían ser utilizadas para la producción de hilos muy finos (Solé, 2012). Para el caso de la resistencia de fibra, 21 genotipos se clasificaron con resistencia muy alta, y sólo GOS-22 y FZ-15 presentaron una resistencia baja, generalmente los estándares de calidad de las hilanderías requieren que la fibra de algodón presente una buena resistencia (Arioli, 2005). Sin embargo, características como la longitud y la finura influyen directamente en la resistencia del hilo (Kohel, 1999) afectando la calidad del hilo (Yang et al. 2016). Los materiales TOA-17 y FZ-15 presentaron los valores más altos para amarillez. Al respecto, Perkins et al. (1984) mencionan que las fibras de color blanco cremoso son de mayor calidad en comparación con las opacas, grises o amarillentas, la aplicación de reguladores de crecimiento, heladas y/o sequías aumentan el amarillo (+b) de la fibra por la maduración prematura de la fibra (Davidonis y Bradow, 2000).

Cuadro 2. Comparación de medias de 28 genotipos de algodón y un testigo comercial para tres parámetros de calidad de fibra.

Genotipo	**Finura (MIC)**		**Longitud (mm)**		**Resistencia (g/tex)**	
TOA-03	4.34	o	1.1	k	31.3	h
TOA-04	4.51	lm	1.06	lm	27.3	j
TOA-06	4.09	p	1.25	cd	33.4	b-g
TOA-11	4.7	jk	1.3	j	33.2	c-g
TOA-12	4.45	n	1.04	n	29	l
TOA-17	6.51	a	1.25	de	34.6	ab
TOA-18	6.11	c	1.25	cd	32.97	d-g
TOA-27	4.74	ij	1.09	k	29.7	l
GOS-17	6.13	c	1.4	a	32.45	fgh
GOS-21	4.75	i	1.3	b	34.7	a
GOS-22	3.87	r	1.05	mn	22.5	m
GOS-27	4.78	hi	1.25	cd	33.2	c-g
FZ-10	4.46	n	1.19	gh	32.6	fg
FZ-13 CHAMPION	3.97	q	1.23	e	34.7	a
FZ13 CLON	6.29	b	1.19	gh	33.3	c-g
FZ-15	5.4	d	0.86	p	24.9	l
PI-589	5.31	e	0.91	o	25.7	kl
P1-583	4.82	h	0.92	o	26.2	jk
PI-201584	4.44	n	1.07	l	33.6	a-f
P1-873	4.36	o	1.11	k	34.4	abc
PI-528748	4.9	g	1.1	k	29	i

US-023	4.55	l	1.05	mn	33.3	c-g
NAZAS SELECTA	4.48	mn	1.21	f	32.3	hg
NAZAS-87A	4.45	n	1.18	h	32.9	d-f
NAZAS-87B	3.52	s	1.19	g	33.6	a-f
CIAN PRECOZ	4.47	mn	1.21	f	34.1	a-e
JUÁREZ	4.47	mn	1.17	i	34.2	a-d
CIAN-95	4.67	k	1.3	b	32.7	fg
DELTA PINE®	5.01	f	1.16	i	33.6	a-f
DSH	0.04		0.02		1.29	

Valores con letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

CONCLUSIÓN

Los genotipos nativos de algodón TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON fueron similares en finura, longitud, resistencia y color (blanca) que el testigo comercial (Delta Pine®) por lo que son una importante fuente de germoplasma que podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético de algodón.

REFERENCIAS

Arioli T. 2005. Genetic engineering for Cotton fiber improvement. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. 58:140-150

Chen ZJ, Scheffler BE, Dennis E, Triplett BA, Zhang T, Guo W, Chen X, Stelly DM, Rabinowicz PD, Town CD. 2007. Toward sequencing cotton (Gossypium) genomes. Plant Physiol. 145(4):1303–10.

CNSPA, Comité Nacional Sistema Producto Algodón. 2012. Plan Rector Sistema Producto Algodón. Comité Nacional Sistema Producto Algodón, A. C. México, D. F. 52 p. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/DescargaSISTEMA%20PROD.pdf

Davidonis, G.H. y Bradow J.M. 2000. Quantitation of Fiber Quality and the Cotton Production-Processing Interface: A Physiologist's Perspective. Journal of Cotton Science 4(1):34-64

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2018. Cooperación sur-sur trilateral. Estudio nichos de mercados del algodón. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Agencia Brasileña de Cooperación-Ministerio de Relaciones Exteriores. Santiago de Chile. 97 p.

Gómez KA, Gómez AA. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA.

Gonzales De la C. C. 2016. ¿Cómo debe ser seleccionada la mejor fibra para su hilandería? Articulo técnico. Disponible en: https://apttperu.com/como-debe-ser-seleccionada-la-mejor-fibra-para-su-hilanderia/

Kohel RJ. 1999. Cotton germplasm resources and the potential forimproved fibre production and quality. In: Basra AS (eds.). CottonFibres, the Haworth Press, Inc., NY, USA. p167-18

Liu, W. Song, C. Ren, Z. Zhang, Z. Pei, X. Liu, Y. He, K. Zhang, F. Zhao, J. Zhang, J. Wang, X. Yang, D. Li, W. 2020. Genome-wide association study reveals the genetic basis of fiber quality traits in upland cotton (Gossypium hirsutum L.). BMC Plant Biol 20, 395 (2020). https://doi.org/10.1186/s12870-020-02611-0

Perkins, HH. Jr, Ethridge D.E, and Bragg C.K. 1984. Fiber. In R.J. Kohel and C.F. Lewis (ed.) Cotton. ASA, Madison, WI. p. 437–509

SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Análisis de la Cadena de Valor en la Producción de Algodón en México. SAGARPA-FAO. México, D. F. 98 p.

Secretaría De Economía, 2000. NMX-A-051-Scfi-2000. Productos Agrícolas No Industrializados Para Uso Industrial - Algodón Para Hilar - (Gossypium Spp) – Especificaciones (Cancela A La Nmx-A-051-1964).

Solé, C.A. 2012. Hilatura del algodón- Fibras textiles. Instituto Tecnológico Textil (AITEX) de España. 35 p.

Su J, Li L, Pang C, Wei H, Wang C, Song M, Wang H, Zhao S, Zhang C, Mao G, et al. Two genomic regions associated with fiber quality traits in Chinese upland cotton under apparent breeding selection. Sci Rep. 2016; 6:38496.

Tarragó, J. COLLI S.L. NADAL N.J. 2019. Efecto de diferentes tipos de cosecha sobre la calidad tecnológica de la fibra de algodón en cultivos de alta densidad. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 45(2): Disponible en: 225-233. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86460707008

Vinent E. y Fajardo O. 2007. Parámetros agrícolas de ocho cultivares de algodón (Gossypium hirsutum) obtenidos en Cuba. Ciencia e Investigación Agraria. 34:151-158, https://doi.org/10.4067/S0718-16202007000200008

Yang, H., Zhang, D., Li, X., Li, H., Zhang, D., Lan, H. Wang, J. 2016. Overexpression of ScALDH21 gene in cotton improves drought tolerance and growth in greenhouse and field conditions. Molecular Breeding, 36(3), 1–13. https://doi.org/10.1007/s11032-015-0422-2

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE HENEQUEN EN YUCATÁN

Díaz Plaza Raúl[1] y Guerrero Medina Rubén[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México. Correo-e: diaz.raul@inifap.gob.mx, radipla59@gmail.com

RESUMEN

El henequén es un cultivo emblemático de Yucatán, el cual se consideró el oro verde de la región a finales del siglo XIX, con la aparición de las fibras sintéticas inició su decadencia, y de tener más de 200 mil has en la región ahora solo se cuenta con unas 14,000 has. Aunado a esta situación la incidencia de enfermedades está siendo una preocupación por los productores pues han detectado que algunos de estos síndromes están dañando sustancialmente el cultivo. El objetivo del presente trabajo fue la cuantificación (incidencia y severidad) de las principales enfermedades del henequén en la actualidad. Se encontró que básicamente se tiene las mismas enfermedades reportadas en 1988, sin embargo, una de ellas se está presentando con una incidencia de casi un 100% más alto que en esas épocas, siendo además una enfermedad que mata a la planta y que hasta la fecha no hay un manejo para la reducción de su efecto, esta enfermedad es la Pudrición de Cogollo.

Palabras clave

Henequén, enfermedades, pudrición de cogollo.

ABSTRACT

Henequen is an emblematic crop of Yucatan; it was considered the “green gold” of the region at the end of the 19th century. However, upon appearing of synthetic fibers began its decline so fast. To have more than 200,000 hectares in the region, now it only has about 14,000 hectares. In addition to this situation, the incidence of diseases is being a concern for farmers as they have detected that some of these syndromes are substantially damaging the crop. The objective of this work was the quantification (incidence and severity) of the main diseases of henequen today. It was found that there are basically the same diseases reported in 1988, however, one of them is presenting with an incidence of almost 100% higher than in those times, being also a disease that kills the plant, and to date there is no management to reduce its effect, this disease is Bud Rot.

Key words

Henequen, diseases, bud rot

INTRODUCCION

El henequén es una especie de planta del género de los agaves, originaria de estado de Yucatán, lugar donde fue cultivada por los mayas en la época prehispánica, quienes la llamaban “Ki” en lengua maya, fue domesticado en la época debido a la utilidad de sus fibras, especialmente para la fabricación de sogas y cordeles. Aun después de la conquista su producción y explotación fue tan fructífera que se convirtió en importante agroindustria, y los productos derivados del henequén comenzaron a venderse ampliamente, incluso en los mercados estadounidenses y europeos. Su industria llegó a su mayor apogeo a mediados del siglo XIX. Lamentablemente esta actividad y el aprovechamiento del henequén sufrió un duro golpe con la aparición de las fibras sintéticas como el polipropileno, sin embargo, a la fecha aún existen haciendas henequeneras en el estado de Yucatán, en ellas se siguen elaborando productos derivados de la planta, incluyendo sogas, sacos, hilos, en la elaboración de artesanías como alfombras, tapices, tapetes y hamacas, también se elaboran bebidas alcohólicas y recientemente se está estudiando su posible uso para la fabricación de etanol, pasta de celulosa para papel, abono y biogás, también se ofrecen recorridos turísticos para apreciar el trabajo artesanal de su explotación, desde los plantíos hasta la carga de las pacas. No obstante, el potencial anteriormente citado actualmente en Yucatán, solo siembran cerca de 14 mil hectáreas del cultivo, mientras que en el año de 2000 la superficie alcanzaba era de 85 mil hectáreas, es decir, la superficie decayó a una sexta parte en diez años, recordando que en 1986 la superficie fue de 214,882 has (Diaz, 1988). Este cultivo presenta un considerable índice de siniestralidad, que entre 2005 y 2009 alcanzó cerca del 45% de la superficie sembrada. Algunas de las causas de siniestros son los fenómenos climáticos y desastres naturales, como los huracanes e incendios. Se le denominó el Oro Verde de Yucatán durante el siglo XIX, a causa de la gran derrama económica que generó durante su auge industrial; se le llegó a considerar como una planta resistente a la sequía, a plagas y enfermedades (FIRCO, 2017). Además de los problemas antes citados, respecto a la reducción de superficie, siniestros y otros, actualmente la incidencia de enfermedades se ha incrementado drásticamente, al grado que el productor ya se muestra preocupado por su presencia y el daño que pueden ocasionar al cultivo y a la fibra, ya que algunas la afectan fuertemente, situación que no se observaba con anterioridad; sobre todo debido a que el uso de agroquímicos en el cultivo es prácticamente nulo, lo cual hacía al cultivo relativamente de baja inversión. En 1988 y 2002 ya se habían reportado la presencia de enfermedades en porcentajes de incidencia considerables, sin embargo, prácticamente ninguna ocasionaba

daño importante al cultivo, incluso la pudrición de cogollo, que llega a destruir la planta su incidencia y afectación eran muy reducidas (Díaz 1988 y Quijano et al 2002). El presente trabajo tuvo como objetivo la cuantificación (incidencia y severidad) de las principales enfermedades del henequén en la actualidad.

MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con este objetivo se llevó a cabo un muestreo en seis de los municipios con mayor superficie sembrada de henequén en Yucatán: Acanceh, Tixkokob, Izamal, Motul, Dzemul y Suma (figura 1) (en orden de importancia, SIAP-SADER 2022). La zona henequenera en la actualidad se restringe a los municipios del centro – norte de Yucatán.



Figura 1: Ubicación de los municipios muestreados, con la flecha en negro se indica cada uno.

En cada municipio se visitaron diez parcelas de productores, en cada una de las cuales se evaluaron 100 plantas, muestreadas azar, tomando 20 plantas por surco, tomando un surco y saltando 5 para muestrear el siguiente, en el caso de las plantas se hizo el muestreo de la misma forma (este muestreo se realizó de esta manera por la dificultad para circular en la plantación de henequén). En cada planta se revisaron hojas y el varejón (inflorescencia) según el estatus de la planta (el varejón solo se presenta en plantaciones de 15 a 20 años de producción, o en decadencia), evaluando y registrando los síntomas visibles de las

enfermedades presentes, ya bien identificada y conocida en la región, de la cual ya se han descrito los síntomas característicos de las mismas (Díaz 1988), por lo cual la identificación fue visual, con registro fotográfico para una posible comparación con manuales fotográficos ya existentes (Díaz 1988), en los caso de aquellas enfermedades aún no caracterizadas se tomó fotografías y registros para que en un futuro se realicen las identificaciones mediante los procedimientos de laboratorio tradicionales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las principales enfermedades encontradas fueron las ya reportadas con anterioridad (Díaz 1988 y Quijano et al 2022), sin embargo, la incidencia de las mismas si difiere en algunos casos, lo cual pone en alerta al cultivo por el incremento de la severidad de algunas de ellas, pues el daño que se observó es alto; en el siguiente cuadro se puede apreciar la distribución de las principales enfermedades detectadas en las zonas muestreadas de Yucatán:

Cuadro 1: Incidencia promedio de las principales enfermedades encontradas por localidad muestreada

ENFERMEDAD	Acanceh	Tixkokob	Izamal	Motul	Dzemul	Suma
Pudrición de cogollo	10	14	11	17	19	13
Secadera de Varejón*	100	100	100	100	100	100
Pudrición de plántulas	14	16	16	12	10	10
Mancha antracnótica	55	50	66	75	56	62
Mancha acorchada	70	54	66	87	76	55
Punta seca de hoja	45	47	33	32	29	39
Mancha concéntrica	3	4	6	7	8	6

*Se registra el porcentaje en relación a la presencia de la inflorescencia, la cual se presenta al final del ciclo de la planta.

La sintomatología y el efecto de cada una de las enfermedades en la planta, se describe a continuación:

Pudrición de cogollo: Es ocasionada por un hongo del genero Fusarium. Es difícil detectar al inicio de la infección, ya que comienza en la parte interna del verticilo de hojas que forma el cogollo. Se detecta cuando una hoja del cogollo se desprende y las que quedan al descubierto ya presentan la enfermedad, la cual se presenta inicialmente con una coloración café rojiza en la zona de la infección, que se presenta en el tercio superior de las hojas del cogollo; la coloración se torna gris o negro conforme avanza la pudrición. Cuando la enfermedad se encuentra en su etapa más avanzada, el centro del cogollo se pudre por completo y el terció superior de las hojas se desprende, dando una apariencia de cortes irregulares en la hoja. Es la enfermedad que más se ha incrementado en relación a las otras, reportada en 1988 con un 7-8% se ha incrementado a un 14% de incidencia, prácticamente se ha incrementado en un 100%, razón de la preocupación de los productores, pues cada planta con la enfermedad es una planta perdida.

Punta seca de la hoja: Es ocasionada por una bacteria del género Erwinia. El daño inicia en los tejidos adyacentes a la espina apical de la hoja, los cuales se colapsan y toman una coloración café obscuro a negro; la parte afectada se seca rápidamente y adquiere una textura rugosa. La hoja puede perderse ya que la enfermedad destruye los tejidos internos y avanza hacia la parte basal, generando una secreción gomosa rojiza, por lo cual se le puede conocer como “gomosis de la hoja”, La enfermedad se presenta generalmente en el tercio inferior de la planta, por lo cual, con un buen manejo del corte, se puede eliminar la hoja con la enfermedad antes de que se pierda, pues el daño afecta la fibra, y esta práctica elimina focos de infección.

Pudrición de varejón o de la inflorescencia: Enfermedad causada por el hongo del género Cercospora. Se presenta en todos los varejones de una plantación, inicialmente con pequeños círculos rojizos o café obscuros, y conforme avanza la enfermedad y las lesiones se unen, el color se tornará pardo oscuro a gris, con los centros de la lesión claros (por la esporulación del hongo). Inicia en la base del varejón y avanza rápido a las ramificaciones florales. La enfermedad cubre completamente a la inflorescencia evitando la producción de bulbillo o hijuelos en esta parte de la planta. Los productores eliminan el varejón desde que se comienza a desarrollar, pues el hongo puede dañar las hojas de plantas cercanas a los varejones.

Mancha concéntrica de la hoja: Es ocasionada por el mismo hongo que causa la pudrición de varejón. Por lo tanto, solo se presenta en las plantaciones que entran a “varejoneo”, y su incidencia es mucho mayor donde no se cortan oportunamente los varejones, pues estos son el inoculo del hongo y la enfermedad. Normalmente inicia el ataque en la parte basal de la hoja, presentándose en hojas de cualquier nivel de la distribución en la planta. Esta enfermedad daña severamente la fibra por lo que las acciones de prevención son determinantes (eliminar varejones). Inicia como pequeñas manchas ovales, de color gris

pardo con centro claro y bordes pardo claro. La enfermedad daña severamente la zona afectada, y se dobla a la altura de la zona dañada. Los productores atribuyan el daño a la secreción de miel por las flores, las cuales caen sobre las hojas, por lo que la llaman “quemadura de hojas por “varejoneo”.

Pudrición de plántulas: La enfermedad se presenta en vástagos al trasplante. Generalmente la planta se torna flácida y toma un color verde pálido; en estado avanzado las hojas se doblan y se secan, si el cogollo se jala ligeramente se desprende con facilidad. La zona afectada inicialmente es el sistema radicular y avanza hacia el tronco y cogollo, hasta matarla. Hasta ahora se ha identificado a un hongo del genero Phytophthora como posible causal de la enfermedad. Su incidencia está asociada a un severo corte de raíces al momento del trasplante del vástago, por lo cual, su incidencia se puede reducir con una buena práctica de manejo al trasplante.

Manchas acorchadas: Se presenta como manchas pequeñas, raramente cubren grandes extensiones de la hoja, no afectan en forma importante la fibra. De color café obscuras, sobresalen de la superficie foliar, su consistencia es dura y acorchada y en la parte superior se forman depresiones. Si su cobertura de la hoja es muy extensa, aunque no afecta la fibra, la hoja se clasifica como de segunda por su aspecto. No se conoce aún su agente causal.

Mancha antracnótica: Su agente causal es un hongo del género Colletotrichum, se presenta como pequeñas manchas circulares, o mayores de un centímetro, distribuidas en la hoja en forma irregular, su daño es muy superficial y rara vez afecta la calidad de la fibra, y no afecta el desarrollo de la hoja.



Vista general de Pudrición de Cogollo



Acercamiento Pudrición de Cogollo



Mancha Antracnótica



Mancha Acorchada



Mancha Concentrica



Pudrición de Vastago



Secadera de Varejon



Punta seca de la Hoja

Figura 2: Principales enfermedades del Henequén

CONCLUSIONES

Básicamente se encontraron las mismas enfermedades reportadas para el cultivo, sin embargo, hay diferencia en cuanto a la incidencia y severidad de algunas de ellas.

La enfermedad que ha incrementado drásticamente su incidencia, es la Pudrición de Cogollo, la cual registra aproximadamente un 100% de incremento respecto 1988, según lo reportado por Díaz.

Hasta el momento no se tiene un tratamiento eficaz para el manejo de la pudrición de cogollo, ni se ha determinado con precisión la causa de su abrupto incremento; por lo que es prudente llevar a cabo trabajos de investigación al respecto.

Las otras enfermedades presentan incidencias similares al año referido, y con algún manejo en el cultivo se puede minimizar su efecto en el mismo.

REFERENCIAS

- Díaz P.R. 1988. Principales enfermedades del henequén. SARH-INIA Folleto técnico No 4. Mérida, Yucatán, México.
- FIRCO, 2017. https://www.gob.mx/firco/galerias/datos-a-destacar-de-productos-del-campo-mexicano#carousel-custom
- Quijano R.A., Herrera H.J.L., Canul S. M. y Robert M.L., 2002. Microbial Diseases Affecting Henequen (Agave Fourcroydes Lem.) in Yucatán, México. Rev. Mex. De Fitopatología. Vol. 20 #1. Pp 18-23.
- SIAP-SADER. 2022. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451423/Publicaci_n_16_-_Utilidad_de_la_Frontera_Agr_cola_en_el_estado_de_Yucat_n.pdf

SEVERIDAD DEL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA.

SEVERITY OF THE COMPLEX OF FOLIAR DISEASES OF MAIZE IN THE SOUTH OF SONORA

Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de maíz es afectado por un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2022. El objetivo de este trabajo fue estimar la severidad de las enfermedades foliares presentes en lotes comerciales y experimentales con cultivo de maíz en tres regiones del sur de Sonora. Las enfermedades foliares que se encontraron en el cultivo de maíz fueron: roya común (*Puccinia sorghi*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*) y mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) con una severidad promedio en el tercio medio de las plantas de 12.5, 2.6, 1.8, 0.3 y 0.1 % de área foliar dañada, respectivamente. La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fue de 15.2, 14.0 y 23.2% de área foliar dañada, respectivamente, con rendimiento promedio estimado de 8.646, 7.733 y 10.329 t/ha, respectivamente.

Palabras clave: *Puccinia sorghi, Phaeosphaeria maydis, rendimiento.*

ABSTRACT

Maize crop is affected by a complex of foliar diseases in the south of Sonora. This research was conducted during the spring-summer cycle of 2022. The objective of this study was to estimate the severity of foliar diseases present in commercial and experimental lots with corn cultivation in three regions in the south of Sonora. The foliar diseases that were found in the corn crop were: common rust (*Puccinia sorghi*), white spot (*Phaeosphaeria maydis*), leaf blight (*Exserohilum turcicum*), gray spot (*Cercospora zeae-maydis*) and zoned spot (*Gloeocercospora sorghi*) with an average severity in the middle third of the plants of 12.5, 2.6, 1.8, 0.3 and 0.1% of damaged leaf area, respectively. The severity of the complex in the middle

third of maize plants in the Fuerte-Mayo, Mayo Valley and Yaqui Valley regions was 15.2%, 14.0 and 23.2% of damaged leaf area, respectively, with estimated average yields of 8,646, 7,733 and 10,329 t/ha, respectively.

Key words: *Puccinia sorghi, Phaeosphaeria maydis, yield.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales granos en nuestro país y constituye uno de los alimentos básicos para la población. En el Estado de sonora, el cultivo de maíz se siembra en una superficie promedio de 30,966 ha con una producción de 320,329 t en los últimos cinco años; la superficie y producción ha venido en ascenso, y en 2019 se sembró en una superficie Estatal de 56,979 ha con una producción de 666,728 t, lo cual lo colocó durante ese año en el sexto lugar en superficie cultivada y tercero en la producción nacional; en el año 2020 se sembró en el Estado de Sonora una superficie de 54,277 ha con este cultivo, pero la escases de agua en las presas ha ocasionado que la superficie cultivada con maíz se haya reducido a 15,093 ha en el año 2022 (SIAP-SADER, 2013-2022). Entre los factores que afectan el desarrollo de este cultivo se encuentran las enfermedades. Actualmente la información en esta región sobre las enfermedades en maíz es limitada (Ramírez, 2022). En atención a lo anterior, en el INIFAP, se realizó esta investigación sobre la identificación de enfermedades foliares presentes en el cultivo de maíz y sus niveles de severidad en las condiciones naturales de tres regiones en el sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó durante el año 2022. Se llevaron a cabo muestreos en lotes de maíz en el sur de Sonora. En los recorridos se colectaron 90 muestras temporales de hojas de maíz con diferentes síntomas, de enfermedades ocasionadas por hongos, las cuales se transportaron en una hielera para su identificación, las cuales se revisaron en el microscopio compuesto; la identificación se realizó con la ayuda de la información morfológica de los hongos fitopatógenos reportados en maíz (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980). También durante 2022 se tomaron datos en 13 lotes comerciales y experimentales de maíz en el sur de Sonora. Se muestrearon 3 lotes en la región Fuerte-Mayo con fecha de siembra de enero, 2 lotes en el Valle del Mayo sembrados en enero y manejados con labranza de conservación y 8 lotes en el Valle del Yaqui con fecha de siembra de diciembre. Se realizaron muestreos de severidad de las enfermedades foliares en la etapa de elote. La severidad se estimó en 12

plantas por lote revisado con una escala del 0 al 100% (Ramírez, Morales y López, 2009; Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). Considerando la densidad de plantas/m de cada una de las plantas muestreadas, se estimó el rendimiento en t/ha en cada uno de los lotes muestreados. La información fue analizada con los datos climatológicos de una estación meteorológica automatizada de cada una de las tres regiones en estudio durante el desarrollo del cultivo de maíz; en la región Fuerte-Mayo (Estación Emiliano Zapata sur), Valle del Mayo (Estación SEMAY) y Valle del Yaqui (Estación CIANO). Los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del cultivo de maíz de enero a junio 2022, en el sur de Sonora se presentaron temperaturas relativamente frescas en los meses de enero, febrero y marzo, con promedios mensuales de temperaturas mínimas menores a 10 °C (Figura 1), las cuales no favorecieron el desarrollo de enfermedades. A partir del mes de abril las temperaturas mínimas superaron los 10 °C y favorecieron el desarrollo de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz (Beckman y Payne,1983; Headrick y Pataky, 1986; Ramírez, 2022), pero la escasa o ausencia de lluvia, ocasionaron que la humedad relativa promedio se mantuviera por debajo de 64 % durante los meses de abril y mayo. Las enfermedades foliares que se presentaron en el cultivo de maíz durante primavera-verano 2022 en el sur de Sonora, fueron: roya común (*Puccinia sorghi*), pústulas de 1-2 mm de diámetro de color marrón; Mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), lesiones circulares de 0.3-1.2 cm, color verde claro al principio y después de color blanco sucio con un anillo en la periferia color café claro. Otras enfermedades que se encontraron, pero con menor intensidad fueron: tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), manchas alargadas hasta de 30 cm y de 2-3 cm de ancho, color pajizo al principio y después de color café claro; mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), manchas circulares hasta de 4 cm de diámetro con anillos anchos, de color café rojizo; Mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*), manchas rectangulares alargadas de color pajizo al principio y después de color gris, de 1 a 3 cm de longitud y de 2-3 mm de ancho y limitadas por las nervaduras. La severidad promedio de todo el complejo de enfermedades foliares en lotes de maíz, de la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui, en el tercio medio de las plantas de maíz para cada región, fueron de 15.2, 14.0 y 23.2 %, respectivamente (Cuadro 1 y 2). El desarrollo de las enfermedades foliares del maíz en los meses de abril y mayo en el sur de Sonora, en la región Fuerte-Mayo fueron con temperaturas mínimas y máximas

promedio de 14.5 y 33.5 °C, humedad relativa promedio de 54.0% y 2 lloviznas ligeras que acumularon 0.75 mm (Figura 1); en el área del Valle del Mayo se presentaron temperaturas mínimas y máximas promedio de 13.2 y 33.6 °C, humedad relativa promedio de 58.1% y sin precipitaciones (Figura 2); las condiciones en el área del Valle del Yaqui fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 13.1 y 33.2 °C, humedad relativa promedio de 58.6% y tres lloviznas ligeras que acumularon 0.3 mm (Figura 3). Los mayores valores de severidad de la mancha blanca en la región Fuerte-Mayo aparentemente se debieron a mayores temperaturas mínimas durante los meses de abril y mayo, las cuales fueron en promedio de 14.5 °C (Figura 2 y Cuadro 1). Los mayores valores de humedad relativa y una mejor distribución en el tiempo de las tres lloviznas durante los meses de abril y mayo en la región del Valle del Yaqui (Figura 3 y Cuadro1), así como la fecha de siembra en el mes de diciembre de los lotes muestreados, aparentemente fueron las causas de la mayor severidad de roya, porque las plantas de maíz coincidieron un mayor tiempo en su etapa de fructificación con el periodo de desarrollo de la enfermedad, durante los meses de abril y mayo (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). Los valores de severidad total, del complejo resultaron menores al ciclo 2020 debido a la escasa lluvia durante los meses cálidos de abril y mayo; también a la menor superficie sembrada con maíz durante 2022, lo cual pudo tener efecto en la reproducción de inóculo de los hongos (Ramírez, 2022). Aun cuando los valores de severidad fueron menores en relación al ciclo 2020, los rendimientos también fueron menores debido a escases de agua en las presas. Los rendimientos estimados en los lotes de la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fueron de 8.646, 7.733 y 10.329 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). El mayor rendimiento correspondió a la región del Valle del Yaqui debido a la fecha óptima de siembra en el mes de diciembre (Valenzuela y Montoya, 2019); los lotes de maíz del Fuerte-Mayo y Valle del Mayo rindieron menos debido a la fecha de siembra en el mes de enero. Los mayores rendimientos obtenidos en el Valle del Yaqui por la fecha de siembra coinciden con los resultados obtenidos durante primavera-verano 2020 (Ramírez, 2022).

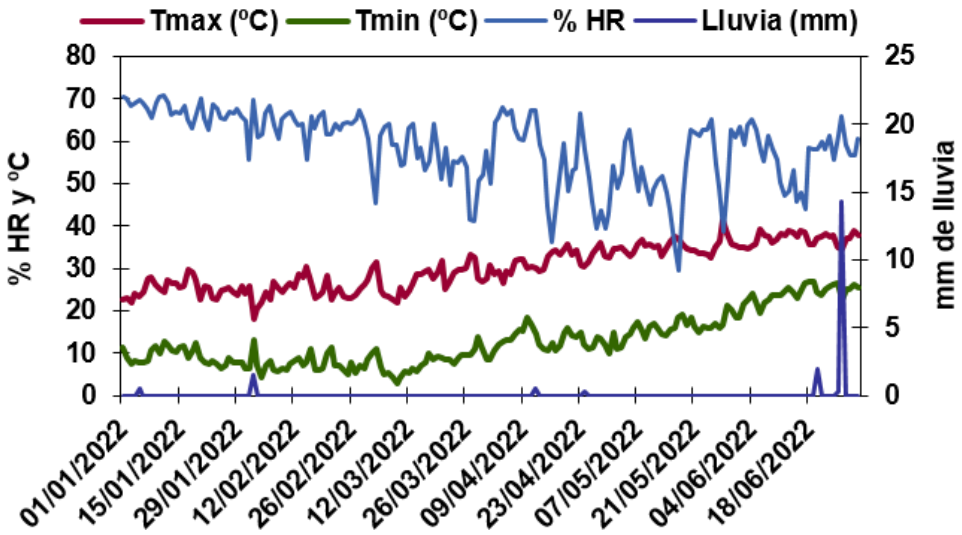


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica Emiliano Zapata, 2022.

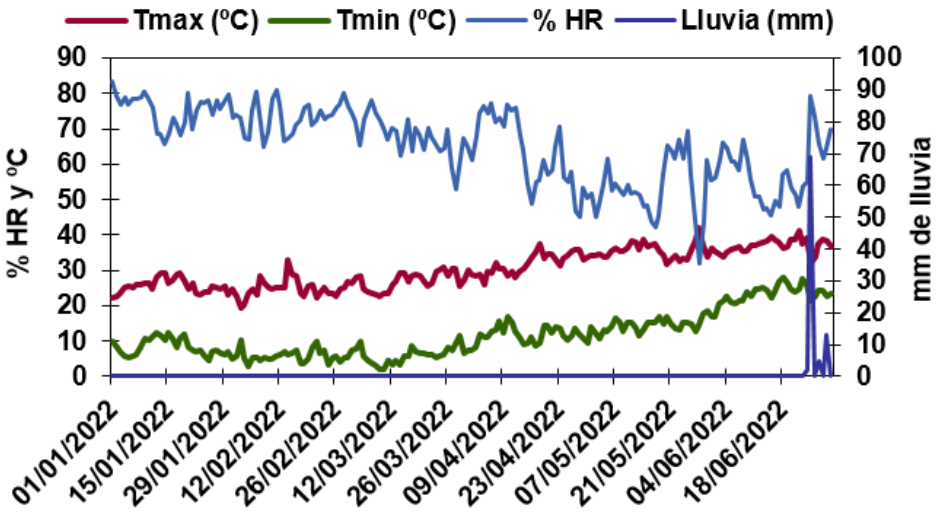


Figura 2. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica SEMAY, 2022.

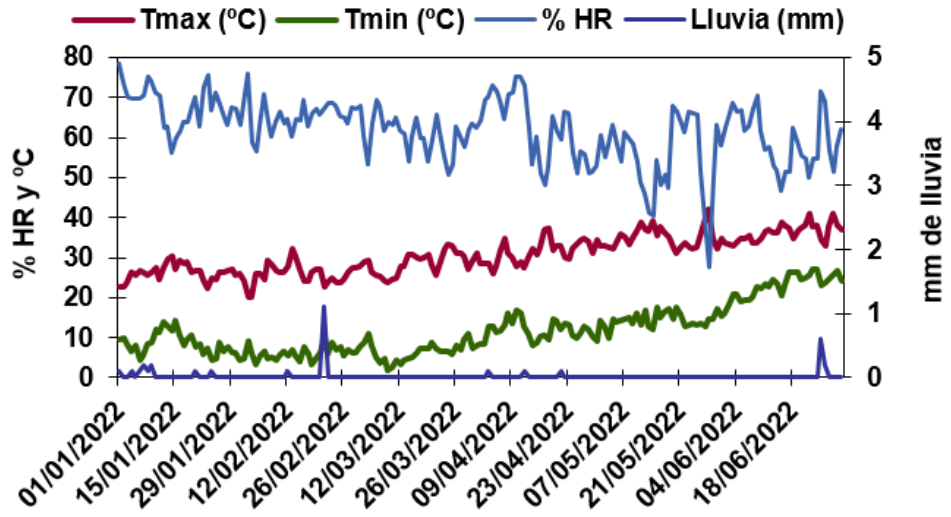


Figura 3. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Yaqui en el sur de Sonora. Estación meteorológica CENEB, 2022.

Cuadro 1. Severidad de cinco enfermedades foliares en el cultivo de maíz en el sur de Sonora. 2022.

Región	% Severidad de enfermedades en tercio medio[1]					Total %AFD
	Roya común	Mancha blanca	Tizón foliar	Mancha gris	Mancha zonada	
Valle del Yaqui	20.5	0.2	1.4	0.8	0.3	23.2
Fuerte-Mayo	5.8	6.2	2.5	0.1	0.1	15.2
Valle del Mayo	11.2	1.3	1.4	0.1	0.0	14.0
Promedio	12.5	2.6	1.8	0.3	0.1	17.5

[1]Tercio medio= primera hoja superior al elote.

Cuadro 2. Severidad del complejo de enfermedades foliares del maíz y rendimiento en el sur de Sonora. 2022.

Región	Plantas/m	%AFD en tercio medio[1]	Rendimiento	
			Mazorca (gr)	t/ha
Valle del Yaqui	8.7	23.2	96.4 a*	10.329 a*
Fuerte-Mayo	9.2	15.2	76.2 b	8.646 b
Valle del Mayo	8.5	14.0	69.8 b	7.733 c
Promedio	8.8	17.5	80.8	8.902

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05= 0.830 t/ha

[1]Tercio medio= primera hoja superior al elote.

CONCLUSIONES

- Las enfermedades foliares del maíz encontradas en el sur de Sonora fueron: roya común (*Puccinia sorghi*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*) y mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) con una severidad promedio en el tercio medio de las plantas de 12.5, 2.6, 1.8, 0.3 y 0.1 % de área foliar dañada, respectivamente.

- La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fue de 15.2, 14.0 y 23.2% de área foliar dañada, respectivamente, con rendimiento promedio estimado de 8.646, 7.733 y 10.329 t/ha, respectivamente.

REFERENCIAS

Beckman, P. M., and Payne, G. A. 1983. Cultural techniques and conditions influencing growth and sporulation of *Cercospora zeae-maydis* and lesion development in corn. Phytopathology 73: 286-289.

CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.

Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1986. Effects of night temperature and mist period on infection of sweet corn by *Puccinia sorghi*. Plant Disease, 70(10):950-953.

Olivares, S. E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.

Ramírez, A. J. A., Morales, C. A. y López, R. M. 2009. Comportamiento de híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) a un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memorias XII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.

Ramírez, A. J A., Valenzuela, B. J. R. y Cabrera, C. F. 2019. Comportamiento de dos híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en tres fechas de siembra en el sur de Sonora. Memorias XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pág. 535-540.

Ramírez, A. J. A. 2022. Severidad de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 65-69.

Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. The American Phytopathology Society. pp.

Valenzuela, B. J. R. y Montoya, C. L. 2019. Determinación de fechas de siembra en maíz con menor riesgo de daño por helada en el sur de Sonora. Ciclo O-I, 2017-2018. Memorias Día del Agricultor CENEB-INIFAP. Pág. 47-48.

SIAP-SADER, 2013-2022. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

SUMINISTRO ECOLÓGICO DE NITRÓGENO EN JITOMATE ESTABLECIDO EN SUELO EN INVERNADERO

Salvador Villalobos Reyes[*1]; Enrique González Pérez[1]; José Luis Pons Hernández[1]; Mario González Chavira[1] y Brenda Guerrero Aguilar[1]

[1]Campo Experimenta Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Colonia Roque, Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110.

*Autor para correspondencia: villalobos.salvador@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El experimento se realizó en invernadero en suelo con tomate saladette cv cid para evaluar el suministro de diferentes dosis de nitrógeno (400,600 y 800 kg ha^{-1}) durante el ciclo de desarrollo para cuantificar la productividad en rendimiento de fruto. Los tres tratamientos mencionados se distribuyeron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las aplicaciones de abono de baja solubilidad se realizaron directo en el suelo previo al trasplante, y a los 40, 60 y 80 días después del trasplante. Las fuentes solubles se aplicaron semanalmente durante el ciclo del cultivo. Durante el ciclo se realizaron mediciones de crecimiento de las plantas y el rendimiento a los 78 días después del trasplante. Las variables registradas fueron altura de crecimiento, diámetro de tallo, número de hojas, longitud de la hoja recientemente madura, número de racimos, número de frutos sanos sin deformación ni daño, frutos deformes, dañados, registro del peso individual de fruto y el peso total de frutos por planta. El crecimiento y desarrollo de la planta fue proporcional a la cantidad de nitrógeno aplicado. El tratamiento 3 que recibió mayor cantidad de nitrógeno superó a todos los tratamientos en crecimiento y vigor de planta. En el rendimiento de fruto, el tratamiento 2 superó a todos los tratamientos. Aunque es importante mencionar que, finalizado el periodo de evaluación, el tratamiento 3 mostraba muy buena sanidad y vigor para continuar produciendo para un ciclo largo de producción.

Palabras clave: orgánico, intensivo, inocuo

ABSTRACT

The experiment was carried out in a greenhouse in soil with tomato saladette cv cid to evaluate the supply of different doses of nitrogen (400,600 and 800 kg ha^{-1}) during the development

cycle to quantify productivity in fruit yield. The three mentioned treatments were distributed in complete randomized blocks with four repetitions. Low solubility fertilizer applications were made directly on the soil prior to transplanting, and at 40, 60 and 80 days after transplanting. The soluble sources were applied weekly during the crop cycle. During the cycle, measurements of plant growth and yield were made 78 days after transplanting. The recorded variables were height of growth, stem diameter, number of leaves, length of the recently mature leaf, number of clusters, number of healthy fruits without deformation or damage, deformed, damaged fruits, individual fruit weight and weight recorded, total number of fruits per plant. The growth and development of the plant was proportional to the amount of nitrogen applied. Treatment 3 that received the highest amount of nitrogen surpassed all treatments in growth and plant vigor. In fruit yield, treatment 2 surpassed all treatments. Although it is important to mention that, after the evaluation period, treatment 3 showed very good health and vigor to continue producing for a long production cycle.

Key words: organic, intensive, harmless

INTRODUCCION

La producción agrícola bajo agricultura protegida en México utiliza predominantemente el suelo como medio de cultivo (Padilla *et al*., 2020). Esta situación puede continuar así, promovido por el desarrollo de la producción ecológica y orgánica (Gómez *et al*., 2010) que acepta y prioriza el uso del suelo. Este sector atiende la demanda de productos para consumidores que buscan el valor nutricional, la inocuidad y el valor funcional de los alimentos (IFOAM, 2008).

En la producción ecológica y orgánica, el nitrógeno es el nutrimento de mayor costo y que tiene mayor influencia en la productividad de las plantas. Este nutrimento es dinámico y el manejo debe ser preciso para evitar pérdidas que pueden afectar el ambiente y la rentabilidad. El suministro de nitrógeno se realiza siguiendo el programa de fertilización basado en los datos de extracción nutrimental. El programa se corrige durante el ciclo del cultivo a partir de los datos del análisis químico de la hoja. Esta estrategia es ampliamente utilizada por los especialistas en el manejo de la fertilización y nutrición de las plantas (Correndo y García, 2012).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar efecto de tres niveles de suministro de nitrógeno utilizando diferentes fuentes orgánicas disponibles en el mercado en el desarrollo y

productividad de plantas de jitomate en invernadero en suelo, bajo el esquema de producción ecológica.

MATERIALES Y METODOS

En el campo Experimental Bajío del INIFAP, durante el ciclo de otoño e invierno de 2020-21 se estableció en suelo en invernadero el genotipo de tomate cv Cid a la densidad de 2.8 plantas m^{-2}. Bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos: tres niveles de nitrógeno de 400 (T1), 600 (T2) y 800 (T3) kg ha^{-1} y un testigo, con cuatro repeticiones. En todos los tratamientos la cantidad de fosforo, potasio, calcio, magnesio y harina de rocas aplicados fueron de 150, 600, 500, 250, y 3000 kg ha^{-1}, respectivamente. Con base al análisis de fertilidad del suelo, el aporte de nitrógeno, fósforo y potasio es bajo, y se consideró aplicar todo el requerimiento del cultivo para conservar la fertilidad y la estabilidad del suelo. En el caso del calcio y magnesio, el aporte del suelo excede a la demanda, pero para mantener el nivel de fertilidad se consideró aplicar el 30% de la cantidad extraída por el cultivo durante el ciclo.

Las fuentes utilizadas en la fertilización fueron: composta, lombricomposta, harina de pescado, harina de sangre, lixiviado de lombriz, roca fosfórica, dolomita, sulfato de potasio, yeso agrícola, extracto de algas. El porcentaje utilizado de cada fuente para aportar la demanda total de nitrógeno fue de 40% composta, 15% lombricomposta, 22% harina de sangre, 22 % harina de pescado, 0.7 % extracto de algas y 0.3 % lixiviado de lombriz. El contenido de nitrógeno en las fuentes utilizadas fue de 1.2 % en composta, 10 % en harina de sangre, 9.5 % en harina de pescado, 1.4 % en lombricomposta, 0.1 % en lixiviado de lombriz y 1.5 % en el extracto de algas, se consideró que tienen una tasa media de mineralización de 22 % anual. La roca fosfórica contenía 18 % de fósforo, la dolomita contenía 22% de calcio y 14 % de magnesio, la harina de rocas contenía 4.5% de fósforo, 1.5% de potasio, 22.2 % de calcio, y 7.8 % de magnesio, para estas fuentes se consideró el 30 % anual de mineralización. La distribución de la fertilización durante el ciclo se realizó de la siguiente manera, antes del trasplante se aplicó el 20% del nitrógeno, 100% del fósforo como roca fosfórica, 20% del potasio como sulfato de potasio, 50% del calcio como sulfato de calcio, 50% del magnesio como dolomita, 50% de la harina de rocas. El restante de la dosis se distribuyó proporcionalmente a los 40, 60 y 80 días después del trasplante. El lixiviado de lombriz y extracto de algas se aplicaron cada semana a la dosis de 80 L ha^{-1}, y 4 kg ha^{-1}.

Antes del trasplante, el abono se incorporó a la profundidad de 10 cm sobre la cama de siembra, posteriormente se instalaron las líneas riego, y se cubrió la cama con plástico

transparente de 50 micrómetros. Se aplicaron eventos de riego para saturar el suelo, cada evento duró 4 horas con pausa de 2 horas. En total se aplicaron 16 horas de riego. Durante las últimas 4 horas se aplicó melaza a la dosis de 1200 litros por hectárea. El plástico se mantuvo durante tres semanas. Después se retiró el plástico y el suelo quedó listo para el trasplante. El agua de riego se manejó mediante el monitoreo diario (antes de las 10 am) de la humedad con el dispositivo Watermark y el evento de riego se realizó cuando la tensión fue de 25 kPa.

En cada repetición se registró datos de mediciones en seis plantas cada semana durante 12 semanas. Las variables registradas fueron la altura de crecimiento (altura actual menos la altura de la semana anterior), diámetro de tallo (valor medio medido en la semana), número de hojas (valor medio de hojas producidas en la semana), longitud de la hoja recientemente madura (longitud medio de la hoja más desarrollada), y número de racimos (número de racimos aparecidos en cada semana a partir de la tercera semana de trasplante). La cosecha inició en la semana 10 después del trasplante, y el período de cosecha fue de 16 semanas. Se eligieron cinco plantas por repetición, y se cuantificó el número de frutos sanos sin deformación, número de frutos sin daño físico, el número de frutos deformes, número de frutos con menos de 2 pulgadas de largo, se registró el peso individual y el peso total de los frutos. El rendimiento comercial se obtuvo restando del peso total, el peso de los frutos deformes, dañados y menores de 2 pulgadas de largo.

Los datos fueron analizados con la prueba de varianza mediante el programa estadístico SAS versión 6.12 para Windows (SAS, 1998). Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba DMS al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

La altura de crecimiento de las plantas de jitomate en los primeros dos tratamientos fue similar, pero el T3 superó a ambos (cuadro 1). Estos valores están en el rango de los resultados encontrados en otros trabajos; resultaron ser menores que los reportados por Alemán *et al*. (2016) con valores de 29 cm por semana. Comparado a otro estudio, estos datos resultaron ser superiores a los valores reportados por Parra *et al*. (2012) con crecimiento 20 cm durante la semana.

El tallo es un órgano de reserva para la planta, y está directamente asociado al vigor y la capacidad productiva de la planta. En este trabajo, los tratamientos T1 Y T2 tuvieron similar desarrollo del tallo, mientras que el T3 superó a los dos anteriores. Los valores registrados de

diámetro de tallo en el experimento, resultaron ser menores que los reportados por Grijalva *et al*. (2010). En relación al número de hojas, los tratamientos T1 y T2 produjeron similar número de hojas, y el tratamiento T3 produjo mayor cantidad de hojas debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo. También, en el tamaño de las hojas, el tratamiento T1 y T2 desarrollaron similar longitud de hoja, y el T3 tuvo mayor longitud de hoja que T1 Y T2. En cuanto a la cantidad total de racimos cuajados, no hubo diferencia entre los tratamientos.

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, 0.05%)

El rendimiento total de fruta fue similar entre el T1 y T3. El T2 superó a ambos tratamientos

Cuadro 1. Valor medio semanal del crecimiento de la planta de jitomate durante el periodo inicial de 12 semanas del ciclo de cultivo

Tratamiento	Altura de crecimiento del tallo, cm	Diámetro de tallo, mm	Número de hojas	Longitud de hoja madura, cm	Número de racimos
T1 (400 kg N)	23.4 b	12.8 b	1.8 b	38.2 b	0.81 a
T2 (600 kg N)	24.4 b	14.4 b	2.1 b	41.4 b	0.83 a
T3 (800 kg N)	27.1 a	16.2 a	2.3 a	44.3 a	0.84 a
DMS	2.2	2.8	0.4	4.1	0.14

alcanzando 28.45 kg m^{-2}. Este rendimiento es ligeramente inferior al reportado por Grijalva *et al*. (2010) de 29.6 kg m^{-2} con mayor densidad de plantas. En otros estudios, Rodríguez *et al*. (2009) reporta el rendimiento de 22.2 kg m^{-2} producido en sustrato de arena con composta, y Mendoza *et al*. (2018) reporta el rendimiento de 19.65 kg m^{-2}, en ambos casos, estos rendimientos son menores al conseguido en este experimento.

Cuadro 2. Rendimiento de jitomate durante 15 semanas de cosecha en Invernadero

Tratamiento	Rendimiento total kg m^{-2}	Rendimiento comercial kg m^{-2}	Rendimiento planta kg $planta^{-1}$
T1(400 kg N)	27.07 b	25.81 b	9.12 b
T2(600 kg N)	29.56 a	28.45 a	10.44 a
T3(800 kg N)	27.68 b	26.52 b	9.65 b
DMS (0.05)	1.42	1.28	0.68

CONCLUSIONES

La dosis de 600 kg de nitrógeno por hectárea promovió mayor productividad de la planta de jitomate. Cuando la dosis de nitrógeno fue mayor se produjo mayor crecimiento vegetativo y hubo reducción del tamaño de los frutos y del rendimiento.

REFERENCIAS

Alemán P., R. D., J. Domínguez B., Y. Rodríguez G. y S. Soria R. 2016. Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. Centro Agrícola, 43(1): 71-76. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000100010&lng=es&tlng=es [Consultado el 31 de julio de 2022].

Correndo, A. y F. García. 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. Instituto Internacional de Nutrición de las plantas (IPNI). Archivo Agronómico #14. 8 p.

Gómez, C. M. A., R. R. Schwentesius, R. J. Ortigoza y T.T. Gómez. 2010. Situación y desafíos del sector orgánico de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(4): 593-608.

IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2008. Definition of Organic Agriculture. URL: http://www.ifoam.org/growing_organic/definitions/sdhw/pdf/DOA_Spanish.pdf. [Consultado el 11 de julio de 2022].

Padilla B., L. E., A. Lara H. y A. Vélez R. 2020. Sustentabilidad y desempeño ambiental de la Agricultura Protegida: El Caso De Zacatecas. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 11 (2): 289-302.

Parra T. S., P. Lara M., M. Villarreal R., S. Hernández V. 2012. Crecimiento de plantas y rendimiento de tomate en diversas relaciones nitrato/amonio y concentraciones de bicarbonato. Revista Fitotecnia Mexicana 35(2): 143-153.

Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., E. Favela Ch., A. Moreno R., C. Márquez H., E. Ochoa M., P. Preciado R. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana 27: 319-327.

SAS Institute. 1998. SAS user's guide: statistics. Version 6.12. SAS Institute. Cary, NC, USA.

TECNOLOGÍA PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO, UTILIZANDO DIFERENTES PROFUNDIDADES DE CINTA DE RIEGO Y DENSIDADES DE PLANTA DE MAIZ FORRAJERO

TECHNOLOGY TO INCREASE YIELD, USING DIFFERENT DEPTHS OF IRRIGATION TAPE AND PLANT DENSITIES OF FORAGE CORN

Mayra Ayde de la Rosa Montemayor[1§], Arturo Reyes González[2], José Alfredo Montemayor Trejo[1], Yoselin Delgado Castro[1] y Claudia Leonor Macías Ortega[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila. México

,[2]Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Blvd. José Santos Valdez no. 1200 pte. 27440 Matamoros, Coahuila. México.

[§]Autor para correspondencia: ayde_calidad@hotmail.com

RESUMEN

La escasez y acceso al agua, representa hoy en día un problema mundial, sin dudarlo esta situación se acentúa con el cambio climático. El objetivo de la investigación fue medir el efecto del índice del área foliar contra el rendimiento rendimiento de forraje verde y forraje seco de maíz forrajero irrigado mediante dos tipos de riego, por goteo superficial a 0 cm, y el riego por goteo subsuperficial o enterrado a 15 cm y tres densidades de plantas de 100, 150 y 200 mil plantas/ha. El estudio se realizó en el INIFAP de Matamoros, Coahuila. El material genético utilizado fue un híbrido de maíz apto para altas densidades(P3201) y dos tratamientos de riego, los cuales fueron el riego por goteo superficial y riego por goteo subsuperficial (RGS), siendo el testigo el riego por goteo superficial con densidad de 100 plantas/ha. En resultados el valor de índice de área foliar, el rendimiento de forraje verde y rendimiento de forraje seco, más alto fue para un sistema de riego subsuperficial o enterrado a 15 cm con 80.93 t/ha y 31 t/ha, respectivamente, de la misma manera el tratamiento superior con respecto a la densidad fue el de 150 mil /ha, para ambos casos. Lo que significa que con el riego por goteo subsuperficial o enterrado a 15 cm y la densidad de 150 mil/ha, se puede incrementar el rendimiento de forraje verde y forraje seco, en la agricultura.

Palabras clave: área foliar, diferentes densidades, densidades, riego por goteo superficial, riego por goteo subsuperficial, rendimiento, forraje verde, forraje seco

ABSTRACT

The scarcity and access to water, today represents a global problem, without hesitation this situation is accentuated by climate change. The objective of the research was to measure the effect of the leaf area index against the yield of green forage and dry forage of forage maize irrigated by two types of irrigation, surface drip at 0 cm, and subsurface or buried drip irrigation at 15 cm and three plant densities of 100, 150 and 200 thousand plants/ha. The study was carried out at INIFAP in Matamoros, Coahuila. The genetic material used was a maize hybrid suitable for high densities (P3201) and two irrigation treatments, which were surface drip irrigation and subsurface drip irrigation (RGS), the control being surface drip irrigation with a density of 100 plants/ha. In results, the value of the leaf area index, the green forage yield and the dry forage yield, were higher for a subsurface or buried irrigation system at 15 cm with 80.93 t/ha and 31 t/ha, respectively, of the same way, the superior treatment with respect to density was 150 thousand /ha, for both cases. Which means that with subsurface or buried drip irrigation at 15 cm and a density of 150 thousand/ha, the yield of green fodder and dry fodder can be increased in agriculture.

Keywords:

leaf area, different densities, densities, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation, yield, green forage, dry forage

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera, es considerada la cuenca lechera de mayor relevancia en México, la conforman los municipios colindantes de los estados de Durango y Coahuila, se ubica al norte del país, y se clasifica como una zona con características de árida y semiárida (INIFAP 2006). Entre las actividades económicas más importantes de la región se encuentran, la industria de la transformación, comercio y servicios, construcción y agricultura, dentro de esta última destaca la producción y riego de cultivos, entre los que se encuentran, el algodón, trigo, maíz, fríjol, cártamo, forrajes, vid, nogal, melón y sandía (coahuila.gob.mx). La realización de las citadas actividades es necesario para el desarrollo de cualquier país, a la par permite satisfacer las necesidades de todo ser humano, para que estas se realicen es necesario hacer uso del recurso agua (del Valle 21017), es importante destacar que del agua disponible en México el 76%, es destinada para actividades agrícolas (CONAGUA 2018). Los escases de este vital líquido es uno de los principales problemas ambientales en el mundo (Martínez, Díaz y Moeller 2019), por ende, es importante hacer un uso eficiente del agua, debido a la relación

que existe entre el vital líquido y la producción de biomasa generada en el cultivo (Salazar et al., 2014).

Por tanto, es indispensable medir el efecto de diferentes tipos de riego que promueven el uso eficiente del agua y contrarrestan la escasez del agua. Para esta investigación, se evaluará entre otras variables, el efecto en la producción maíz forrajero, con la aplicación de un sistema de riego por goteo superficial y subsuperficial, puesto que una de las grandes ventajas de este sistema es, el ahorro en el consumo de agua, con lo cual se reduce la superficie evaporante, las pérdidas por escorrentía, y la percolación profunda, adicional que favorece la aplicación de fertilizantes por medio de los goteros, puede adaptarse a diferentes tipos de suelo, pendientes y clima (Solano et al., 2021). Reyes et al., 2020, menciona que con el riego por goteo y el uso del coeficiente de cultivo se puede incrementar la productividad del agua en la agricultura.

El maíz, es considerado como base en la alimentación de las culturas americanas, pero no solo para alimentación humana sino también para la de los animales (IICA, 2013; Ruíz et al., 2010). En el estudio realizado por Zamora en 2019, en el que evaluó el rendimiento de tres densidades de siembra de maíz, reporto que obtuvo los mayores rendimientos al incrementar las densidades de las plantas/ha y reducir los distanciamientos entre estas. Por su parte Tinoco en 2005, encontró que las densidades de siembra y el arreglo espacial de plantas, trabajando individualmente o en conjunto con dosis y épocas de fertilización, fueron las más relevantes, al impactar directamente sobre el área foliar acumulada por unidad de superficie (IAF). Para la presente investigación, se evaluarán los sistemas de riego por goteo, superficial y subsuperficial, la interacción entre estos con las diferentes densidades de siembra de maíz forrajero y el impacto que tienen ambos sobre el índice del área foliar (IAF) y el efecto de este en la producción de forraje verde y forraje seco.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola primavera del 2023. En el lote N°6 del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP) localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32’ LN, 103° 14’ LO y 1150 msnm).

La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastreo, nivelación y colocación de cintilla de forma superficial a 0 cm de profundidad y subsuperficial o enterrado a 15 cm de profundidad. El material genético utilizado fue el híbrido P3201 apto para altas densidades. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones bajo un arreglo

de parcelas divididas, donde la parcela mayor fueron las profundidades de cinta y en la parcela menor las densidades de población, que van de 100, 150 y 200 mil plantas/ha, en las que se aplicó riego por goteo subsuperficial (RGS) y riego subsuperficial, con un testigo de 100 mil plantas con riego por goteo superficial, en ambas se consideró el 100% de la evapotranspiración (ET), la ET se multiplico por un Kc derivado de índices de vegetación del cultivo.

Para la instalación del riego por goteo subsuperficial se colocaron las cintas de riego a una profundidad de 0.15 m, con un espaciamiento entre ellas de 0.76 m. La cinta utilizada fue la RO DRIP 8 mil con espesor de pared de 0.200 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y un caudal de 1 L h-1 por gotero. La presión de operación del sistema de riego fue de 8 PSI. La frecuencia de riego para ambos sistemas de riego fue cada tercer día.

Las variables que se evaluaron fueron, índice de área foliar, forraje verde y forraje seco. La primera variable se medió cada semana, el forraje verde y forraje seco se medió al final del ciclo de cultivo.

El índice de área foliar (IAF) se midió utilizando el ceptómetro PAR / LAI modelo Lp-80 de AccuPAR (Decagon Devices, Inc. Pullman, WA, EUA.). Para su medición la barra del ceptómetro se colocó en un ángulo de 45° a través del surco del cultivo para medir la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) esta se midio en cada tratamiento y en cada repetición, tomando tres lecturas por encima y por debajo del dosel del cultivo. Las lecturas se tomaron entre las 12:00 y 14:00 horas en días despejados (Stewart et al., 2003).

La producción de forraje verde se estimó al pesar 5 metros lineales en los 2 surcos centrales de cada tratamiento, después se tomó una muestra y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 72 horas, para posteriormente determinar la producción de forraje seco, la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde.

RESULTADOS Y DISCUSION

Índice de área foliar

El comportamiento del índice de área foliar, para dos tratamientos de riego por goteo superficial y enterrado, con densidades de 100, 150 y 200 mil plantas/ha, durante el ciclo del cultivo, se muestran en la Figura 1. El índice de área foliar, a los 23 días de siembra (DDS), fue similar para las distintas densidades de plantas y sistemas de riego, no así, a partir de los 30 DDS, ya que se aprecia una diferencia entre ellos. Los valores más altos de índice de área foliar durante todo el ciclo, se observan para las densidades de 200 mil plantas, tanto para

sistema de riego superficial, como para el sistema de riego enterrado. Los valores de índice de área foliar más bajos, se presentan para el riego por goteo superficial para la densidad de 100 mil plantas. Estas curvas son similares a las reportadas por Montemayor et al., (2006) y Reyes et al., (2020) en maíz forrajero.

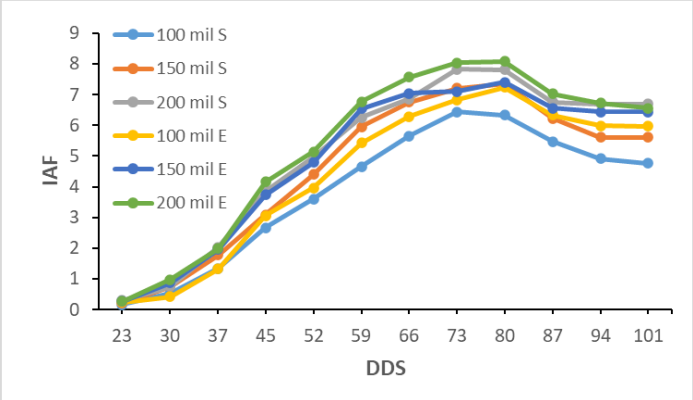


Figura 1. Curvas de índice de área foliar, para dos tratamientos de riego por goteo superficial (S) y enterrado (E), con densidades de 100, 150 y 200 mil plantas/ha.

Rendimiento de forraje verde

El rendimiento de forraje verde, para dos tratamientos de riego por goteo y tres densidades de plantas, se muestra en la Figura 2. El análisis de varianza para producción de forraje verde muestra que no hay diferencia estadística significativa entre los sistemas de riego por goteo aplicados a las distintas densidades de plantas tratadas, ya que los rendimientos de forraje verde oscilan entre las 61 y 81 t/ha, aproximadamente. Aun así, el tratamiento que destaco con respecto a los sistemas de riego aplicados, fue, el sistema de riego por goteo subsuperficial o enterrado (15 cm), con un rendimiento de forraje verde de entre 80.65 a 80.93 ton/ha, con respecto a las densidades tratadas. El tratamiento con un rendimiento de forraje verde ligeramente mayor, fue el de 150 mil plantas /ha, con un rendimiento de 80.93 t/ha. En el caso del sistema de riego por goteo superficial (0 cm), los rendimientos oscilaron entre 60.93 y 80.25 t/ha, en el, el mayor rendimiento de forraje verde se reporta para un tratamiento con una densidad de 200 mil plantas /ha, con un rendimiento de 80.25 t/ha, y el de menor rendimiento fue el de densidades de 100 mil plantas/ha, con 60.93 t/ha, estos resultados son similares a los reportados por Reyes et al., (2020), pero bajos en comparación a Gaytán et al., (2019).

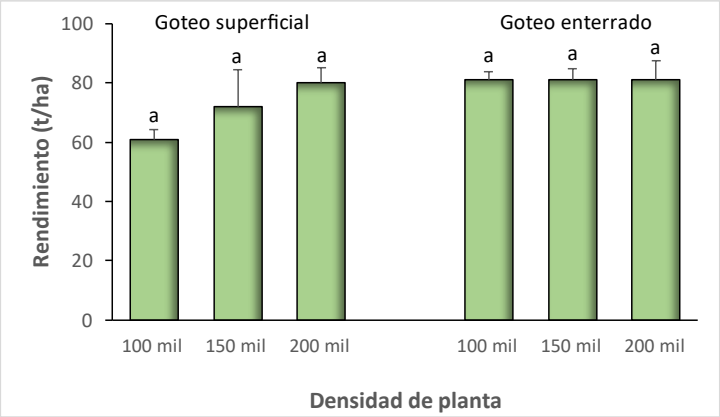


Figura 2. Rendimiento de forraje verde, para dos tratamientos de riego por goteo y tres densidades de plantas.

Rendimiento de forraje seco

El rendimiento de forraje seco para dos tratamientos de riego y tres densidades de plantas/ha se presenta en la Figura 3. Estadísticamente hubo diferencias significativas en la producción de forraje seco, tanto en los tratamientos de, riego, como en las densidades de plantas. Los tratamientos que sobresalieron, en la producción de forraje seco, fueron, el sistema de riego por goteo subsuperficial o enterrado, con respecto a las densidades de plantas en el mismo sistema de riego, el tratamiento que destaco fue el de una densidad de 150 mil plantas/ha con un rendimiento de aproximadamente 31 t/ha, con respecto a las densidades de 100 y 200 mil plantas/ha en riego enterrado y superficial. No hubo diferencia significativa, el tratamiento con menor rendimiento fue en maíz irrigado con un sistema de riego superficial con una densidad de 100 mil plantas/ha, con un rendimiento de 21 t/ha de forraje seco, resultados fueron similares a los reportados por Montemayor et al., (2006) y Reyes et al., (2020), así también los resultados experimentales de este estudio, son superiores a los reportados por Montemayor et al., (2012), quien reporta rendimientos de 22.31 y 18.35 t/ha en maíz irrigado con riego por goteo subsuperficial.

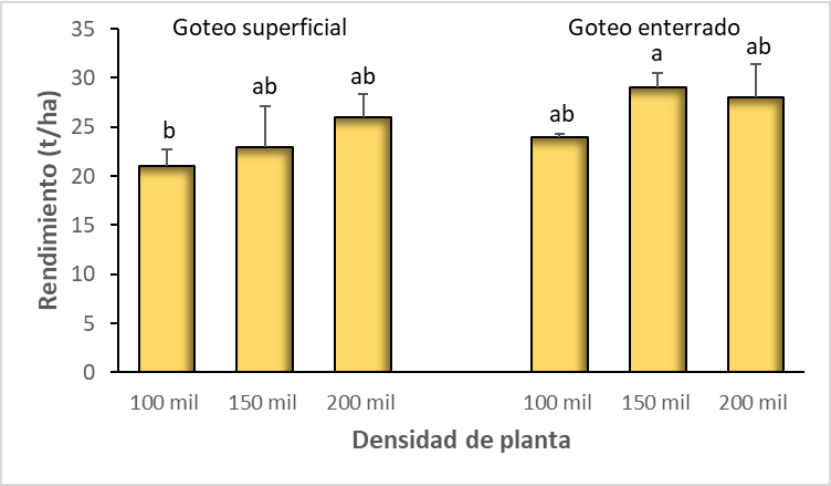


Figura 3. Rendimiento de forraje seco para dos tratamientos de riego y tres densidades de plantas.

CONCLUSIONES

Los valores de índice de área foliar, más altos registrados, se localizaron en el tratamiento de riego subsuperficial o enterrado a 15 cm, en densidades de 200 mil plantas/ha, de la misma manera, el rendimiento de forraje verde y el rendimiento de forraje seco, fue mayor, en ambos casos, con en el tratamiento de riego subsuperficial o enterrado a 15 cm, en el caso de mayor rendimiento de forraje tanto verde y seco, fue aquel tratamiento que manejo una densidad de 150 mil plantas/ha. Esto significa que con el riego por goteo subsuperficial o enterrado a 15 cm de profundidad, y con una densidad de 150 mil plantas/ha, se pueden incrementar los índices de área foliar y los rendimientos de forraje verde y forraje seco, con respecto al riego por goteo superficial a 0 cm de profundidad y una densidad de 100 mil plantas/ha.

REFERENCIAS

Del Valle Melendo, J. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. *Cuadernos de estrategia*, (186), 71-118.

Figueroa Viramontes, U., Núñez Hernández, G., Reta Sánchez, D. G., & Flores López, H. E. (2015). Balance regional de nitrógeno en el sistema de producción leche-forraje de la Comarca Lagunera, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 6(4), 377-392.

https://coahuila.gob.mx/flash/conoce_coahuila/mapas/pdfs/torreon.pdf

González, A. R., Sanchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., Gaytan, I. F., Leal, E. H., & Hernández, K. R. RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN MAÍZ (Zea mays L.) FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL.

Salazar, M, R, A. Rojano, L. López. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. V, núm. 2, pp. 177-183.

Solano, J. L. C., Urdaneta, A. B. S., de Ortega, C. B. C., Vásquez, E. R., & Alcalá, J. O. (2021). Impacto del riego por goteo subsuperficial en la eficiencia de uso del agua en maíz (Zea mays L.). Revista Científica Agroecosistemas, 9(1), 49-57.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2017. Base de datos de producción agropecuaria FAOSTAT. Disponible en http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E

Zamora Vera, C. D. (2019). Densidad y distanciamiento entre hileras sobre el desarrollo y crecimiento de un nuevo hibrido de maíz en la zona de Quevedo (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019).

Tinoco Alfaro, C. A., Ramírez Fonseca, A., Villarreal Farías, E., & Ruiz Corral, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, *34*(3), 271-278.

López, J. V., Sánchez, J. P. J., Valverde, B. R., Morales, J. J., Gaytán, O. R. T., & Sánchez, M. D. V. (2019). Adopción de tecnología agrícola y su influencia en la productividad y competitividad del maíz en el centro-oriente del estado de Puebla, México. Revista de Geografía Agrícola, (63), 101-119.

Ortiz-Diaz, S. A., Reyes-González, A., Fortis Hernández, M., Santana, O. I., Zermeño González, H., & Preciado-Rangel, P. (2022). Profundidad de la cinta de riego y estiércol solarizado en la producción y calidad de maíz forrajero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 13(SPE28), 275-286.

Montemayor-Trejo, J. A., Lara-Míreles, J. L., Woo-Reza, J. L., Munguía-López, J., Rivera-González, M., & Trucíos-Caciano, R. (2012). Producción de maíz forrajero (Zea mays L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. Agrociencia, 46(3), 267-278.

Montemayor Trejo, J. A., Zermeño González, A., Olague Ramirez, J., Aldaco Nuncio, R., Fortis Hernández, M., Salazar Sosa, E., ... & Vázquez-Vázquez, C. (2006). Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. Phyton (Buenos Aires), 75, 47-53.

Stewart, DW, Costa, C., Dwyer, LM, Smith, DL, Hamilton, RI y Ma, BL (2003). Estructura del dosel, intercepción de luz y fotosíntesis en maíz. Diario de Agronomía , 95 (6), 1465-1474.

TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE CILANTRO FRESCO EN SISTEMA DE FERTIRRIEGO

Salvador Villalobos Reyes[*1]; Enrique González Pérez[1]; José Luis Pons Hernández[1]; Mario González Chavira[1] y Alejandro Rodríguez Guillén[1]

[1]Campo Experimenta Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Colonia Roque, Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110.

*Autor para correspondencia: villalobos.salvador@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cilantro es una hortaliza de ciclo corto que se adapta bien como cultivo de rotación. En este documento se expone la información básica para producir cilantro fresco en sistema de fertirrigación. Es necesario realizar los análisis químicos de suelo y agua que se utilizan para elaborar un adecuado programa de fertilización del cultivo. Incluso, el resultado puede indicar prescindir de ciertos nutrimentos en el programa de fertilización porque ya están presentes con suficiencia en el suelo y el agua. En el manejo del agua de riego se exponen las tensiones límite para definir el momento de aplicación de los eventos de riego. Los coeficientes de desarrollo Kc que se utilizan con los datos de la evapotranspiración de referencia para definir la evapotranspiración del cultivo. El manejo de plagas y enfermedades debe partir del proceso de monitoreo continuo semanal. Las plagas que afectan al cultivo son pocos, y se mencionan diferentes productos ecológicos y químicos que se pueden utilizar en el manejo de las poblaciones durante el ciclo del cultivo. Las enfermedades que afectan al cilantro son principalmente hongos y bacterias, cuyo daño se acentúa durante la presencia de lluvias. En el manejo de las enfermedades se proponen diferentes productos ecológicos, biológicos y químicos que se deben alternar para reducir el nivel de residuos en la hortaliza y en el ambiente. Otro aspecto de la tecnología de producción es el manejo de las malezas, que debe alternar el control mecánico con el químico para reducir el nivel de residuos en la hortaliza.

Palabras clave: riego, fertilización, patógenos

ABSTRACT

Coriander is a short cycle vegetable that is well suited as a rotation crop. This document exposes the basic information to produce fresh coriander in a fertigation system. It is necessary to carry out the chemical analyzes of soil and water that are used to develop an adequate

fertilization program for the crop. The result may even indicate dispensing with certain nutrients in the fertilization program because they are already sufficiently present in the soil and water. In the management of irrigation water, the limit tensions are exposed to define the moment of application of irrigation events. Growth coefficients Kc used with reference evapotranspiration data to define crop evapotranspiration. The management of pests and diseases should start from the process of continuous weekly monitoring. The pests that affect the crop are few, and different ecological and chemical products that can be used in the management of populations during the crop cycle are mentioned. The diseases that affect coriander are mainly fungi and bacteria, whose damage is accentuated during the presence of rain. In the management of diseases, different ecological, biological and chemical products are proposed that must be alternated to reduce the level of residues in the vegetable and in the environment. Another aspect of production technology is weed management, which must alternate mechanical and chemical control to reduce the level of residues in the vegetable.

Keywords: irrigation, fertilization, pathogens

INTRODUCCION

El cilantro es ampliamente cultivado en el mundo, su origen es la región del Mediterráneo y Medio Oriente (Bhat et al., 2013). Esta planta se consume en fresco y como semilla en las ensaladas, salsas y condimento en otros platillos, y como aceite y resina en la medicina tradicional y en la industria farmacéutica. Los principales países productores de cilantro son India, Marruecos, Bulgaria, Romania, Canada, China, Siria, México, Unión Soviética, Argentina, Irán y Pakistán. Los principales países importadores son Malasia, Pakistan, Arabia Saudita, Emiratos Arabes Unidos e Inglaterra (FAO, 2016; Sharma et al., 2014).

En México se siembran más 7,000 hectáreas de cilantro al año (SIAP, 2017), donde destacan Puebla (3312 ha) y Baja California Norte (1227 ha) que juntos representan más del 60% de la superficie cultivada. La producción cosechada se destina para el mercado en fresco nacional y de exportación. Durante los últimos 5 años, las exportaciones de cilantro fresco han crecido en 128% con aumentos cada año, y consistentemente el destino mayoritario de la producción ha sido Estados Unidos (98 %) y Canadá (1.8 %), y a otros 15 países de forma intermitente.

El cultivo de cilantro en México se destina para el mercado en fresco, y los trabajos sobre la tecnología de producción se enfocan para conseguir la sanidad y el rendimiento del follaje. La cosecha se realiza en pleno desarrollo vegetativo entre los 50 y 60 días después de la siembra, cuando las hojas basales están en la etapa de máximo crecimiento, antes de la

emisión de los brotes laterales y del tallo principal. El valor comercial de la hortaliza es el follaje, por ello, es muy importante cuidar la sanidad del follaje, color verde brillante, tamaño de hojas, evitar daños físicos, limpieza. Los rendimientos de follaje fresco son de 6 hasta 30 t ha^{-1}, y se asocia principalmente a la época de siembra, variedad, densidad de población, tipo de riego y la fertilización. La tecnología descrita en este documento, permite conseguir altos niveles de producción de cilantro en fresco.

PREPARACION DEL SUELO

El suelo debe quedar bien preparado, mullido y sin terrones para facilitar la siembra y la emergencia de la semilla. Para ello, es recomendable realizar un paso de subsuelo a 40 cm de profundidad, y después dos o más pasos de rastra para romper los terrones. En seguida se forman los surcos, y posteriormente la siembra con sembradora mecánica o de forma manual.

La separación de los surcos puede ser de 70, 80, 90 y 100 cm, normalmente en cada surco se establece una hilera de plantas; pero otras veces se establecen dos hileras de plantas en los surcos de 90 y 100 cm de separación. La separación de las hileras es de 15 a 20 cm, y la separación entre plantas de 2 a 3 cm. La semilla se deposita a 0.5 cm de profundidad. Es común realizar el rayado sobre la cama en el momento del surcado, y sobre ella se va depositando la semilla que después se tapa por arrastre de una rama para apenas cubrir la semilla con tierra. Cuando se realiza con sembradora, la semilla se deposita en la profundidad de 0.5 cm, para ello, es muy importante que el suelo esté bien preparado para que no existan terrones, porque la semilla expuesta a la intemperie no germina, y la que queda a mayor profundidad no alcanza a emerger en suelos que se encostran.

DENSIDAD DE SIEMBRA

El establecimiento del cilantro en el suelo es mediante la siembra directa de la semilla. La densidad de población es variable y va de 600 mil a 1 millón de plantas por hectárea; la cual depende del genotipo y del arreglo topológico de siembra. Es común encontrar siembras en surcos separados a 70, 80, 90 ó 100 cm, y con una a dos hileras de plantas separadas a 15 ó 20 cm. La separación entre plantas es de 1.5 a 2 cm. Es importante que la semilla sea tratada con producto para plagas y enfermedades para prevenir el ataque de hongos e insectos. El cultivo emerge de 5 a 7 días durante el verano, y 10 a 12 días durante el otoño-invierno.

MANEJO DE LA FERTILIZACION

El cilantro es un cultivo de ciclo corto que requiere la disponibilidad de nutrimentos desde la etapa inicial de crecimiento, por ello, es necesario realizar la fertilización de fondo, o iniciar la fertilización desde la tercera semana de emergencia. Durante el ciclo del cultivo, la planta alcanza a extraer del suelo, 150 kg ha^{-1} Nitrógeno, 50 kg ha^{-1} Fósforo, 280 kg ha^{-1} Potasio, 60 kg ha^{-1} Calcio, 16 kg ha^{-1} Magnesio, 6.5 kg ha^{-1} Azufre, 2 kg ha^{-1} Hierro, 1.5 kg ha^{-1} Zinc, 0.8 kg ha^{-1} Manganeso, 0.25 kg ha^{-1} Cobre, 0.15 kg ha^{-1} Boro, y 0.07 kg ha^{-1} Molibdeno. La fertilización de fondo puede ser con el 20 al 30 % de la demanda total de nutrimentos.

En el manejo de la fertilización es muy importante determinar la fertilidad del suelo y la calidad química del agua de riego antes de elaborar el programa de fertilización. Con la información de los análisis de laboratorio, se puede estimar la cantidad de nutrimentos que aporta el suelo y el agua de riego al cultivo. La cantidad de nutrimentos que aporta el suelo y el agua se resta de la demanda o extracción del cultivo, para determinar la cantidad de nutrimentos que se tiene que aplicar mediante la fertilización. En algunos casos, la disponibilidad de ciertos nutrimentos en el suelo llega a rebasar la demanda, y entonces se puede prescindir del aporte de esos nutrimentos mediante la fertilización.

En el cuadro 1, se aprecia el balance de nutrimentos realizado para un cultivo de cilantro considerando el análisis de fertilidad de suelo y el análisis químico del agua de riego. Los datos son de un suelo franco arcilloso del Campo Experimental Bajío en Celaya, Gto. El balance se realiza para cada nutrimento por separado. En el primer caso del Nitrógeno, a la demanda total, se resta el aporte de nitrógeno por el suelo y por el agua de riego, la cantidad resultante en la última hilera del cuadro 1, es la cantidad de nitrógeno que se tiene que aplicar mediante la fertilización. El proceso se repite para cada nutrimento (columna). Las fórmulas utilizadas se explican en González, *et al.* (2017).

Los resultados del balance indican que se debe aplicar 145.5 kg de nitrógeno por hectárea. No se requiere aplicar fósforo, potasio, calcio, magnesio, y zinc. Se requiere agregar hierro, manganeso y cobre. Con estos datos se corrobora la importancia de los análisis químicos y la conveniencia de realizar un balance de nutrimentos para elaborar el programa de fertilización.

Cuadro 1.- Balance de los nutrimentos en el suelo para determinar la cantidad de nutrimentos a aplicar en la fertilización de cilantro. Suelo franco arcilloso del CEBAJ-INIFAP, Celaya, Gto.

Nutrimentos	N*	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Demanda total, kg ha^{-1}	150	50	280	60	20	2	0.1	1	0.5
Aporte Suelo, kg ha^{-1}	4.5	67.5	824	1706.4	155.5	0	0.1	0.1	0.08
Aporte Agua kg ha^{-1}	0	0	10.1	40.4	9.4				
Fertilizar kg ha^{-1}	145.5	0	0	0	0	2	0	0.9	0.42

*N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, Fe: Hierro, Zn: Zinc, Mn: Manganeso, Cu: Cobre.

MANEJO DEL AGUA DE RIEGO

La siembra del cilantro puede ser en suelo seco, o con humedad. Cuando se realiza la siembra en seco, es recomendable realizar dos eventos de riego por semana, con láminas de 1mm ó 10 m^3 ha^{-1} para mantener la humedad superficial y evitar el encostramiento para facilitar la emergencia. Después de la emergencia es importante utilizar sensores de humedad como los tensiómetros o bloques de yeso para medir la condición de la humedad en el suelo. En el manejo de la humedad, se recomienda realizar cada evento de riego cuando la tensión en el suelo sea de 15 a 20 kPa. Para ello es recomendable realizar a diario el registro de los valores de tensión de la humedad en el suelo con los tensiómetros o bloques de yeso instalados. En el momento que se alcance la tensión objetivo, se debe aplicar el riego. El volumen de agua va depender del tipo de suelo, los suelos pesados o arcillosos almacenan mayor volumen de agua, y considerando que el cilantro tiene un sistema radical superficial de 25 cm, entonces, el volumen de riego para suelos arcillosos debe ser de 100 m^3 ha^{-1}, para el suelo franco de 85 m^3 ha^{-1}, y para el suelo arenoso de 65 m^3 ha^{-1}.

Cuando no se dispone de tensiómetros o bloques de yeso, se pueden utilizar datos de las estaciones agro meteorológicas disponibles en la región. En el Estado de Guanajuato, existe una red de estaciones agro meteorológicas operadas por la Fundación Guanajuato Produce,

cuya información está disponible para el público en su página web. También, existe información a nivel nacional a través del sistema meteorológico nacional, y una red de estaciones agro meteorológicas cuya información está disponible en la página del INIFAP (2018). Las estaciones reportan datos de evapotranspiración de referencia (ETo) diario que es afectado por los valores del coeficiente de cultivo (Kc) obtenidos a nivel experimental para el cilantro para obtener el valor de la evapotranspiración del cultivo (ETc = Kc ETo). La evapotranspiración del cultivo es la lámina de agua que la planta requiere para garantizar su crecimiento y desarrollo. En el cilantro, Mejía *et al*. (2014), determinaron que el coeficiente Kc fue de 0.83 en la etapa de germinación (9 a 12 días), 1.12 en la etapa de crecimiento lineal (26 días) y 1.40 en la etapa de formación del tallo floral y cosecha.

MANEJO DE PLAGAS

El cultivo de cilantro es atacado principalmente por hormigas, pulgones y gusano trozador. En el manejo integrado de las plagas es muy importante como primer acción el monitoreo semanal desde el momento de la siembra, y con base a los datos, determinar las acciones de manejo, priorizando los métodos naturales, ecológicos, biológicos, y por último el método químico con productos de amplio espectro de baja residualidad.

Las hormigas rojas podadoras (*atta cephalotes*), viajan comúnmente en momentos de menor intensidad lumínica, en la tarde y de noche, y acarrean las hojas y las semillas. Trozan los primeros brotes y el follaje. En el control de estos, se recomienda realizar aplicaciones directamente en el agujero del hormiguero. Se puede utilizar peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) al 20%, aplicando 10 a 20 ml en cada hormiguero. Esto se realiza cada que se vean las hormigas afuera. También, se puede utilizar ácido acético (vinagre) al 5%, aplicando de 10 a 20 mililitros en cada hormiguero, y con igual frecuencia que el peróxido, hasta que desaparezcan los hormigueros y los daños.

Los Pulgones (*Myzus persicae*) son insectos que tienen el tamaño de 1.6 a 2.5 milímetros de largo, pueden o no tener alas. Cuando no tienen alas se les llama ápteras. El cuerpo puede tener color rosado oscuro, cremoso, amarillento, verde claro o casi incoloro. La duración de su ciclo de vida depende de las condiciones climáticas, especialmente de la temperatura. Los pulgones son particularmente peligrosos en climas templados (21 a 25 ºC) ya que su reproducción es muy rápida y la mayor parte son hembras vivíparas capaces de alimentarse y reproducirse, y demerita la calidad comercial del follaje. El monitoreo de la plaga se debe realizar en el envés de las hojas inferiores. Cuando aparece la plaga debe iniciar las aplicaciones foliares de productos al menos una vez por semana. Si la población incide en 30% de las plantas, el número de aplicaciones debe aumentar a dos por semana. En el manejo

integrado se recomienda alternar la combinación de dos productos, aceite de neem de 1 a 2 L ha^{-1}, sales de potasio de 1 a 2 L ha^{-1}, extracto de chile con ajo a la dosis de 1.5 a 2 L ha^{-1}, *Bauberia bassiana* de 1.5 a 2 kg ha^{-1}, metamidofos de 1.2 a 1.5 L ha^{-1}, Spirotetramad de 0.2 a 0.4 L ha^{-1}, Sulfoxalor de 0.5 a 0.8 L ha^{-1}, Thiametoxam de 0.4 a 0.6 L ha^{-1}, cipermetrina de 0.5 a 0.8 L ha^{-1}.

El gusano de la hoja (*Spodoptera Littoralis*) defolia rápidamente el follaje de la planta dejando marcas de perforaciones que demeritan la calidad comercial. Los huevos se encuentran en grupos en el envés de las hojas cubiertos con pelos o escamas del abdomen de la hembra; normalmente en la parte baja de la planta. Estos son casi esféricos miden en promedio 0.6 mm de longitud y tienen color amarillo blanquecino. Las larvas se arrollan en espiral y son nocturnas, por esa razón se dificulta su localización durante el monitoreo en el día, pero se detecta el daño en el follaje. En el manejo de esta plaga se recomienda rotar los siguientes productos cada semana. *Bacillus thurigensis* a la dosis de 3 g L^{-1} (producto con $1x10^6$ UFC), sales de potasio a 4 ml L^{-1}, labda cialotrina a la dosis de 3 ml L^{-1}, dimetoato a 3 ml L^{-1}, spinosad a 2 ml L^{-1}, piretrina a 3 ml L^{-1}, pyridalyl (50 EC) a 0.30 L ha^{-1}.

MANEJO DE ENFERMEDADES

Las principales enfermedades que afectan al cultivo de cilantro son marchitez de planta (*fusarium sp.*), quemaduras de hojas y bordes (*Pseudomonas syringae pv. coriandricola*), pudrición de tallo (*Erwinia carotovora*), mancha blanca de hojas (*Alternaria sp.*) y el moho blanco o cenicilla en hojas (*Erysiphe heraclei*).

La marchitez de la planta ocurre debido al ataque del hongo fusarium (*Fusarium sp.*) y a veces en conjunto con rizhoctonia y phytium. Estos hongos pueden ir desde la semilla, por ello, es muy importante utilizar semilla tratada y certificada. En el suelo, se pueden implementar métodos de desinfección de suelos como el uso de sustancias químicas como metam sodio, metam potasio, peróxido de hidrógeno, y otros métodos ecológicos como solarización, biosolarización, y el uso de microorganismos benéficos como trichoderma sp., *bacillus subtillis*, *gliocladium virens*, *streptomices* sp. En manejo químico de la marchitez se consigue con el uso alternado de las siguientes sustancias. benomilo a la dosis de 1 g L^{-1}, carbendazim 0.5 g L-1, cimoxanil +mancozeb a 3 g L-1, dimetomorf a 1 g L^{-1}, propamocarb a 1.5 ml L^{-1}, tiabendazol a 1 ml L^{-1}.

La quemadura de hojas y en los bordes se asocia a la presencia de la bacteria (*Pseudomonas syringae pv. coriandricola*), esta enfermedad es común en el período de lluvias. Es importante realizar aplicaciones preventivas cuando existan condiciones de alta humedad relativa. Las

sustancias preventivas recomendadas son oxicloruro de cobre a 3 g L^{-1}, peróxido de hidrogeno (50 % v/v) a 10 ml L^{-1}, azufre apagado a 5 g L^{-1}, aceite de neem a 5 ml L^{-1}, y fosfito a 5 ml L^{-1}. En el control de la bacteria se recomienda, estreptomicina a 3 g L^{-1}, gentamicina a 3 g L^{-1}, aceite de cítricos a 5 ml L^{-1}, y virus a 1 L ha^{-1}.

La pudrición del tallo provocado por la bacteria (*Erwinia carotovora*) frecuentemente ocurre en condiciones de humedad relativa alta que coincide en el período de lluvias. El manejo preventivo de la enfermedad consiste en realizar aplicaciones cuando existen eventos de lluvias que promueven condiciones para el establecimiento de la enfermedad. En aplicaciones preventivas se recomienda utilizar oxicloruro de cobre a 3 g L^{-1}, peróxido de hidrogeno (50 % v/v) a 10 ml L^{-1}, azufre apagado a 5 g L^{-1}, aceite de neem a 5 ml L^{-1}, bicarbonato de potasio a 5 g L^{-1}, y fosfito a 5 ml L^{-1}. En el control de la bacteria se recomienda, casugamicina a 3 g L^{-1}, estreptomicina a 3 g L^{-1}, gentamicina a 3 g L^{-1}, aceite de cítricos a 5 ml L^{-1}, y bacteriófago a 1 L ha^{-1}.

La mancha blanca en la hoja del cilantro es provocado por el hongo (*Alternaria sp*.). La aparición de manchas blancas sobre la superficie de las hojas que después de torna café grisácea demerita la calidad comercial del cultivo. En el manejo preventivo realizar aplicaciones semanales alternados de bicarbonato de potasio a 8 g L^{-1}, fosfito de potasio a 5 ml L^{-1}, oxicloruro de cobre a 5 g L^{-1}, azufre apagado a 8 g L^{-1}. Como curativos se recomienda fosetil aluminio de 3 g L^{-1}, Iprodione de 3 ml L^{-1}. En el manejo ecológico utilizar extracto de equisetum de 10 ml L^{-1}, *bacillus pumilus* a 6 ml L^{-1}, oxido de calcio de 15 ml L^{-1}.

El moho blanco de la hoja es producido por el ataque del hongo denominado cenicilla (*Erysiphe heraclei*). El daño aparece en las hojas basales y en las ubicadas a la altura media de la planta. Es fácil de detectar porque el color blanco del moho aparece sobre el haz de las hojas. En el manejo es necesario realizar la aplicación semanal de productos preventivos como azufre apagado a 8 g L^{-1}, oxicloruro de cobre a 3 g L^{-1}, extracto de equisetum a 10 ml L^{-1}. Cuando los síntomas persisten, entonces es necesario utilizar productos curativos como el azoxystrobin a 1 g L^{-1}, fosetil aluminio a 3 g L^{-1}, bitertanol a 1.5 ml L^{-1}, dodemorf acetato a 0.5 g L^{-1}, myclobutanil a 0.3 g L^{-1}. En el manejo ecológico, se pueden utilizar *bacillus pumilus* a 5 ml L^{-1}, fosfito de potasio a 5 ml L^{-1}, bicarbonato de potasio a 8 g L^{-1}.

CONTROL QUIMICO DE MALEZAS

En el manejo de las malezas es necesario realizar el manejo integrado o sistémico (Paunero, 2016). Siempre debe ser prioridad el control mecánico con el uso de implementos como los cinceles y el arado, y después el control químico.

Los herbicidas selectivos utilizados para el control de hoja ancha y angosta en el cultivo de cilantro son el Linuron, Aclonifen, Pendimetalina y Clomazona, que se pueden aplicar como pre emergentes o post emergentes en etapas de desarrollo tempranas de la maleza.

El Linuron controla la mayoría de las malezas, sin dañar al cilantro. Cuando se aplica como post emergente, la molécula penetra a través de las hojas y raíces; se utiliza para el control de maleza anual de hoja angosta y hoja ancha. No controla zacates, plantas arbustivas y algunas especies, como Claudiosa, Zacate Johnson y Anilkab. La aplicación del producto debe cubrir totalmente el suelo, para lo cual, es necesario utilizar de 200 a 300 litros de agua por hectárea. Es recomendable utilizar boquilla de cono hueco, reducir el pH de agua con ácido cítrico, ó con ácido fosfórico a valores de 5.5 a 6.5. La dosis de Linuron (50% p/v) es de 1 a 2 kg ha^{-1}.

La aclonifen es un herbicida pre emergente que actúa por contacto sobre el coleoptilo y el hipocotilo de las malezas y no es absorbido por las raíces. La translocación en el interior de la planta es muy limitada y su persistencia se prolonga durante 2 - 3 meses. La efectividad en el control es alta cuando las malezas están en la etapa de cotiledones y con menos de cuatro hojas. La dosis utilizada de aclonifen (60%) es de 2.5 L ha^{-1} con 200 a 400 litros de agua.

La mezcla de Pendimetalina 27,5% p/v (275 g/l) y Clomazona 5,5% p/v (55 g/l). La dosis de la mezcla recomendada es de 1.5 a 2 L ha^{-1}. El herbicida se aplica en pre emergencia o pre-trasplante de los cultivos. Contiene 2 principios activos con distinto modo de acción. Clomazona actúa inhibiendo la síntesis de la clorofila y de los carotenoides de la planta. Se absorbe por la semilla en la fase de germinación (hipocotilo y epicotilo) y a través de las raíces y los brotes de las plántulas. Pendimetalina actúa mediante la inhibición de la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de las malas hierbas anuales, gramíneas y dicotiledóneas. La aplicación debe realizarse con 200 a 400 litros de agua por hectárea. En los terrenos tratados puede plantarse soja, zanahoria, guisantes, frijol, habas, maíz y papa o trasplantar tabaco o pimiento. El producto puede ser fitotóxico frente a los cultivos no indicados. Debido a su modo de acción, la clomazona puede causar blanqueamientos temporales en los cultivos tratados. Estas manifestaciones desaparecen después de 1 a 3 semanas, sin ninguna consecuencia sobre el desarrollo de la planta y de la producción final del cultivo.

REFERENCIAS

Bhat, S., Kaushal, P., Kaur M. and Sharma, K. 2014. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. African Journal of Plant Science. Vol. 8(1), pp. 25-33. DOI: 10.5897/AJPS2013.1118. ISSN 1996-0824©2014 Academic Journals. http://www.academicjournals.org/AJPS.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Sharma, R.P., Singh, R. S., Verma, T. P. Tailor, B. L., Sharma, S. S. and Singh, S. K. 2014. Coriander the Taste of Vegetables: Present and Future Prospectus for Coriander Seed Production in Southeast Rajasthan. . Economic Affairs 2014, 59(3): 345-354.

González, P.E., Villalobos, R.S., Rodríguez, G.A. and Avilés, B. W.I. 2017. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) un cultivo ancestral con potencial sub-utilizado. Prometeo Editores, Ciudad de México, México.

INIFAP. 2018. Datos del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Campo Experimental Pabellón. http://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/Estaciones.

Paunero, Ignacio Eugenio. 2016. Coriandro y mostaza: Introducción al manejo de malezas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Informe Frutihortícola No. 375. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro; Argentina.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/Marzo_cilantro_2018.pdf.

USO DE DENSIDADES DE POBLACION PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN MAIZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO

USE OF POPULATION DENCIDITIES TO INCREASE YIELD IN FORAGE CORN WITH DRIP IRRIGATION

Javier ismael Garcia Hernandez[1§], Arturo Reyes González[2], José Ernesto Frias Ramirez[1], Andrés Fonseca Martinez[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila. México

,[2]Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Blvd. José Santos Valdez no. 1200 pte. 27440 Matamoros, Coahuila. México.

[§]Autor para correspondencia: javi.setentai7@hotmail.com

RESUMEN

Hoy en día es una realidad que a consecuencia del cambio climático la penuria y la disponibilidad del agua, representa un problema mundial, por lo que esta situación se complica cada vez más. El sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) y la densidad de población de plantas son alternativas que se utilizan para hacer un uso eficiente del agua. El objetivo de la investigación es determinar la mejor combinación de tres diferentes densidades de población de plantas de maíz forrajero (100, 150 y 200 mil plantas/ha) y dos profundidades de cinta de riego (riego por goteo superficial (0 cm) y goteo enterrado a 15 cm). El estudio se realizó en el INIFAP de Matamoros, Coahuila. El material genético utilizado fue un híbrido de maíz apto para altas densidades (P3201). En cuanto a resultados por planta el valor de altura, forraje (tallo, mazorca y hoja) y rendimiento, más alto fue para un sistema de riego subsuperficial o enterrado a 15 cm con una altura de 3 metros, forraje tallo, mazorca y hoja) 100 mil plantas/ha, respectivamente, de la misma manera el tratamiento superior con respecto a la densidad fue el de 150 mil plantas/ha, para ambos casos. El mayor rendimiento de forraje seco fue el de 200 mil plantas/ha con 34 t/ha. Lo que significa que con el riego por goteo subsuperficial o enterrado a 15 cm y la densidad de 200 mil plantas/ha se incrementa el rendimiento de forraje seco en la agricultura de la Comarca Lagunera.

ABSTRACT

Today it is a reality that because of climate change the shortage and availability of water, represents a global problem, so this situation is increasingly complicated. The subsurface drip irrigation system (RGS) and the density of plant population are alternatives that are used to make water use efficiency. The objective of the research is to determine the best combination of three different population densities of forage maize plants (100, 150 and 200 thousand plants/ha) and two irrigation tape depths (surface drip irrigation (0 cm) and drip buried at 15 cm). The study was carried out in INIFAP in Matamoros, Coahuila. The genetic material used was a hybrid of corn suitable for high densities (P3201). In results the value of height, forage (stem, cob and leaf) and Yield, higher was for a subsurface irrigation system or buried at 15 cm with height of 3 meters, forage stem, cob and leaf) 100 thousand plants/ha, respectively, in the same way the superior treatment with respect to density was 150 thousand plants/ha, for both cases. And in the case of yield was that of 200 thousand plants/ha, 34 t/ha, which means that with drip irrigation subsurface or buried at 15 cm and the density of 200 thousand plants/ha the yield of forage dry increase in agriculture in the Comarca Lagunera.

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en regiones áridas y semiáridas del mundo es un problema que día a día es más frecuente a consecuencia del calentamiento global. El agua interviene en el rendimiento de los cultivos en todos los sistemas de producción agrícola. El riego por goteo subsuperficial (RGS) es uno de los sistemas que se han probado con efectividad en la producción de cultivo en regiones áridas como en el norte de México (Montemayor et al., 2012). La determinación del momento y la cantidad de agua que se adiciona a los cultivos se estima a partir de la evapotranspiración potencial (ETP). La Comarca Lagunera, es una de las regiones con más superficie sembrada de cultivos de forraje ya que es la cuenca lechera de mayor relevancia en México, la conforman 10 municipios de Durango y 5 municipios de Coahuila. El sistema de producción del maíz forrajero se caracteriza por sembrarlo en surcos de 76 cm, a una densidad de población de 100 mil plantas por hectárea, aunque sin obtener los rendimientos potenciales. Por lo tanto, si se quiere incrementar los rendimientos, se tendrá que buscar nuevos sistemas de producción por ejemplo las altas densidades de población.

Es importante destacar que del agua disponible en México el 76%, es destinada para actividades agrícolas (CONAGUA, 2018). La insuficiencia de este recurso hídrico es uno de los principales problemas ambientales en el mundo (Martínez, Díaz y Moeller 2019), por ende,

es importante hacer un uso eficiente del agua, debido a la relación que existe entre el vital líquido y la producción de biomasa generada en el cultivo (Salazar et al., 2014).

Por tanto, es indispensable medir el efecto de diferentes tipos de riego que promueven el uso eficiente del agua y contrarrestan la escasez de la misma. Para esta investigación, se evaluará entre otras variables, el efecto en la producción maíz forrajero, con la aplicación de un sistema de riego por goteo superficial y subsuperficial, puesto que una de las grandes ventajas de este sistema es, el ahorro en el consumo de agua, con lo cual se reduce la superficie evaporante, las pérdidas por escorrentía, y la percolación profunda, adicional que favorece la aplicación de fertilizantes por medio de los goteros, puede adaptarse a diferentes tipos de suelo, pendientes y clima (Solano et al., 2021). Reyes et al., 2020, mencionan que con el riego por goteo y el uso del coeficiente de cultivo se puede incrementar el uso eficiente del agua en la agricultura.

En el estudio realizado por Zamora en 2019, en el que evaluó el rendimiento de tres densidades de siembra de maíz, reporto que obtuvo los mayores rendimientos al incrementar las densidades de las plantas/ha y reducir los distanciamientos entre estas. Por su parte Tinoco en 2005, encontró que las densidades de siembra y el arreglo espacial de plantas, trabajando individualmente o en conjunto con dosis y épocas de fertilización, fueron las más relevantes, al impactar directamente sobre el área foliar acumulada por unidad de superficie (IAF). Debido a lo anterior, para la presente investigación se evaluará el sistema de riego por goteo, superficial y subsuperficial y la interacción entre estos con las diferentes densidades de siembra de maíz forrajero y su efecto en la producción.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola primavera del 2023. En el lote N°6 del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP) localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32’ LN, 103° 14’ LO y 1150 msnm).

La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastreo, nivelación y colocación de cintilla de forma superficial a 0 cm de profundidad y subsuperficial o enterrado a 15 cm de profundidad. El material genético utilizado fue el híbrido P3201 apto para altas densidades. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones bajo un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela mayor fueron las profundidades de cinta y en la parcela menor las densidades de población (100, 150 y 200 mil plantas/ha), en las que se aplicó riego por goteo subsuperficial (RGS) y riego subsuperficial, con un testigo de 100 mil plantas con

riego por goteo superficial, en ambas se consideró el 100% de la evapotranspiración (ET), la ET se multiplico por un Kc derivado de índices de vegetación del cultivo.

Para la instalación del riego por goteo subsuperficial se colocaron las cintas de riego a una profundidad de 0.15 m, con un espaciamiento entre ellas de 0.76 m. La cinta utilizada fue la RO DRIP 8 mil con espesor de pared de 0.200 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y un caudal de 0.5 L h^{-1} por gotero. La presión de operación del sistema de riego fue de 8 PSI. La frecuencia de riego para ambos sistemas de riego fue cada tercer día.

Las variables que se evaluaron fueron, altura, peso de planta (tallo, mazorca y hoja) y rendimiento de forraje seco. La primera variable se medió cada semana, la segunda y tercera variable se midieron al final del ciclo de cultivo.

Para la altura de planta se utilizó un estadal, midiéndose en cada tratamiento y en cada repetición, tomando tres lecturas y sacando el promedio. Las lecturas se tomaron entre las 09:00 y 11:00 horas, un día a la semana

La producción de forraje verde se estimó al pesar 5 metros lineales en los 2 surcos centrales de cada tratamiento, después se tomó una muestra y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 72 horas, para posteriormente determinar la producción de forraje seco, la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura

El comportamiento de la altura final para los dos tratamientos de riego por goteo superficial y enterrado, con densidades de 100, 150 y 200 mil plantas/ha, durante el ciclo del cultivo, se muestran en la Figura 1. Los valores más altos de altura al final del ciclo, se observan para los tres tipos de densidades de plantas, para el sistema de riego enterrado, no así para el sistema de riego superficial, donde los valores de altura fueron los más bajos, tal como se observa en la siguiente figura.

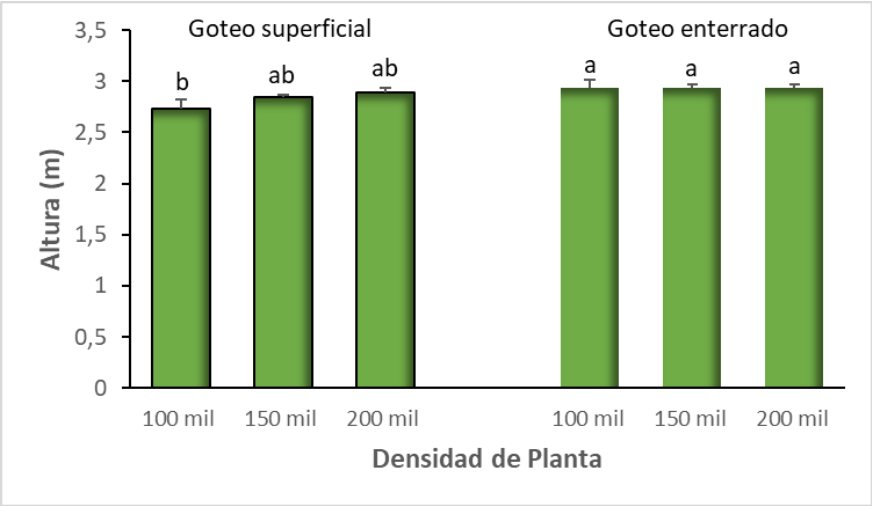


Figura 1. Gráfico de altura de planta, para dos tratamientos de riego por goteo superficial (S) y enterrado (E), con densidades de 100, 150 y 200 mil plantas/ha.

Peso de planta (tallo, mazorca y hoja)

El peso, para los dos tratamientos de riego por goteo y tres densidades de plantas, se presenta en la Figura 2. El peso más alto para el riego por goteo superficial fue en el tratamiento de 100 mil plantas con 1100 g y para el tratamiento de 200 mil plantas fue el más bajo al pesar 750 g. En lo que respecta al riego por goteo enterrado el tratamiento con mayor rendimiento fue el de 100 mil plantas/ha, con un peso de 1400 g y el más bajo con el tratamiento de 200 mil plantas /ha con un peso de 800 g por lo que el mejor resultado es con el tratamiento de riego por goteo subsuperficial. En general el tratamiento que destaco con respecto a los sistemas de riego aplicado fue el sistema de riego por goteo subsuperficial o enterrado (15 cm), con los mejores rendimientos, con respecto a las densidades tratadas.

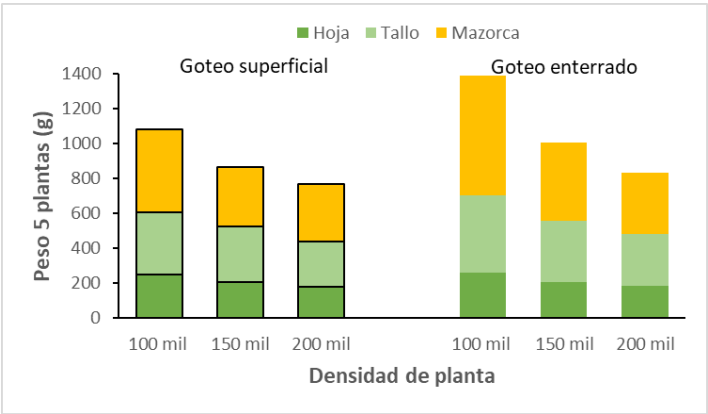


Figura 2. Peso de planta (tallo, mazorca y hoja), para dos tratamientos de riego por goteo y tres densidades de plantas.

Rendimiento de forraje seco

El rendimiento de forraje seco para dos tratamientos de riego y tres densidades de plantas/ha se presenta en la Figura 3. Estadísticamente hubo diferencias significativas en la producción, tanto en los tratamientos de riego, como en las densidades de plantas. Los tratamientos que sobresalieron en la producción de forraje seco por hectárea fueron, el sistema de riego por goteo subsuperficial o enterrado, respecto a las densidades de plantas en el mismo sistema de riego. El tratamiento que destaco fue el de una densidad de 200 mil plantas/ha con un rendimiento de aproximadamente 34 t/ha, con respecto a las densidades de 100 y 150 mil plantas/ha en riego enterrado y superficial. El tratamiento con menor rendimiento fue en maíz irrigado con un sistema de riego superficial con una densidad de 100 mil plantas/ha, con un rendimiento de 21 t/ha. Estos resultados fueron similares a los reportados por Reyes et al., (2020), así también los resultados experimentales de este estudio, son superiores a los reportados por Montemayor et al., (2012), quien reporta rendimientos de 22.31 y 18.35 t/ha en maíz irrigado con riego por goteo subsuperficial.

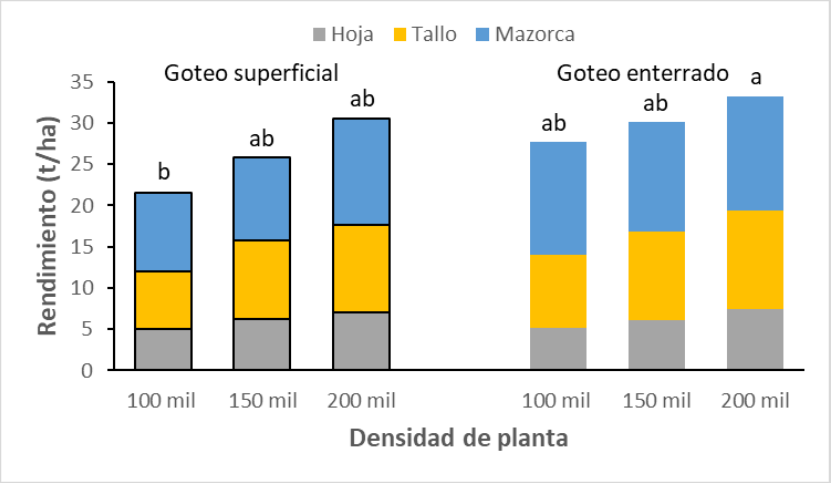


Figura 3. Forraje seco para dos tratamientos de riego y tres densidades de plantas.

CONCLUSIONES

Los rendimientos de forraje seco más altos se obtuvieron en el tratamiento de riego subsuperficial o enterrado a 15 cm con densidades de 200 mil plantas/ha, esto significa que con el riego por goteo subsuperficial o enterrado a 15 cm de profundidad y con una densidad de 200 mil plantas/ha, se puede incrementar la producción de forraje seco en la agricultura de la Comarca Lagunera o en los lugares donde se puedan establecer estas densidades de población.

REFERENCIAS

CONAGUA. (2018). Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. Capítulo 1. Contexto geográfico y soberanía socioeconómica Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 10-25 pp.http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM-2018.pdf.

Martínez-Austria, P.F., Díaz-Delgado, C., Moeller-Chavez, G. (2019). Water security in México: general diagnosis and main challenges. Ingeniería del agua, 23(2), 107-121. https://doi.org/10.4995/Ia.2019.10502

Montemayor-Trejo, José Alfredo, J. Luis Lara-Míreles, J. Luis Woo-Reza, Juan Munguía-López, Miguel Rivera-González, Ramón Trucíos-Caciano (2012). Producción De Maíz Forrajero (*Zea Mays* L.) En Tres Sistemas De Irrigación En La Comarca Lagunera De Coahuila Y Durango, México, Agrociencia vol.46 no.3

Salazar, M, R, A. Rojano, L. López. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. V, núm. 2, pp. 177-183.

Reyes, González. Arturo. Yajaira Ramírez Rodríguez, y José Ernesto Frías Ramírez (2020). Eficiencia En El Uso De Agua De Sorgo Forrajero En Riego Por Goteo. Revista Tecnológica CEA N° 15, diciembre 2021 - ISSN 2594 0414.

Solano, J. L. C., Urdaneta, A. B. S., de Ortega, C. B. C., Vásquez, E. R., & Alcalá, J. O. (2021). Impacto del riego por goteo subsuperficial en la eficiencia de uso del agua en maíz (Zea mays L.). Revista Científica Agroecosistemas, 9(1), 49-57.

Tinoco Alfaro, C. A., Ramírez Fonseca, A., Villarreal Farías, E., y Ruiz Corral, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, *34*(3), 271-278.

Zamora Vera, C. D. (2019). Densidad y distanciamiento entre hileras sobre el desarrollo y crecimiento de un nuevo hibrido de maíz en la zona de Quevedo (Bachelor's thesis, Babahoyo; Utb, 2019).

USO DE BIOHERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN EL CULTIVO DE LIMON

José Luis Arispe-Vazquez[1*], Daniel Alejandro Cadena-Zamudio[2], José Francisco Díaz-Nájera[3], Sergio Ayvar-Serna[3], David Heriberto Noriega-Cantú[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala; [2]Instituto de Ecología; [3]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

*arispe.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

El uso constante e inconsciente de herbicidas químicos ha dañado la flora y fauna de nuestras tierras, además pueden causar daño a las personas que están cerca de la aplicación de estos productos e incluso existen malezas resistentes a ciertos ingredientes activos. Con el fin de evitar el riesgo de abandono del cultivo de limón mexicano, evitar migración, reducción de contaminación al medio ambiente y pobreza regional, y con el fin de obtener una cosecha de limón sin presencia de herbicidas químicos se evaluó el uso de bio herbicidas para el manejo y control con bajo impacto de arvenses. El experimento se hizo en parcelas de limón ubicadas en Iguala de la Independencia, Guerrero. Los bioherbicidas que se utilizaron fueron productos comerciales a partir de extractos vegetales y microorganismos, los cuales fueron: HO3, HO1, y el HO2, además, se usó un extracto comercial a base de cascaras de naranja llamado Limoneno. Las arvenses a controlar fueron de tipo de hoja ancha y angosta. La aplicación se realizó en recuadros de 1 m2 y se evaluó a los 15 días des pues de la aplicación. Se realizará un diseño de bloques al azar con un total de 3 réplicas por tratamiento y se determinará el % de control en cada tratamiento. Se realizó una evaluación para determinar el % de control en cada tratamiento mediante la una escala. Los resultados de los tratamientos se ajustaron mediante la transformación de raíz cuadrada de arco seno y sometieron a un análisis de varianza usando el SAS versión 9.1. Los resultados obtenidos para el control de hoja ancha con bioherbicidas y el extracto de naranja, en donde el porcentaje de control fue del 34.23 al 70.69%, sobresaliendo el HO1.

Palabras clave: arvenses, cítricos, orgánicos.

ABSTRACT

The constant and unconscious use of chemical herbicides has damaged the flora and fauna of our lands, in addition they can cause harm to people who are close to the application of these products and there are even weeds that are resistant to certain active ingredients. In order to avoid the risk of abandonment of the Mexican lemon crop, avoid migration, reduce pollution to the environment and regional poverty, and in order to obtain a lemon harvest without the presence of chemical herbicides, the use of bio herbicides was evaluated. for the management and control with low impact of weeds. The experiment was carried out in lemon plots located in Iguala de la Independencia, Guerrero. The bioherbicides that were used were commercial products from plant extracts and microorganisms, which were: HO3, HO1, and HO2, in addition, a commercial extract based on orange peels called Limonene was used. The weeds to be controlled were broad and narrow leaf type. The application was made in 1 m2 boxes and was evaluated 15 days after the application. A randomized block design will be carried out with a total of 3 replicates per treatment and the % control in each treatment will be determined. An evaluation was carried out to determine the % control in each treatment using a scale. The results of the treatments were adjusted by square root of arcsine transformation and subjected to an analysis of variance using SAS version 9.1. The results obtained for the control of broadleaf with bioherbicides and the orange extract, where the percentage of control was from 34.23 to 70.69%, standing out the HO1.

Key words: weeds, citrus, organic.

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas para la producción en cultivos de cítricos, corresponde a la presencia de arvenses, debido a que si no son controladas compiten con las plantas cultivadas por los nutrientes, la humedad del suelo, CO2, espacio y la luz solar etc., lo que conlleva a reducciones considerables en el vigor y crecimiento, especialmente en plantaciones jóvenes de cítricos (Maiti *et al.,* 2005; Soares *et al.,* 2021).

Por otro lado, algunas plantas poseen potencial alelopático a través de la liberación de aleloquímicos (metabolitos secundarios) tiene efectos nocivos o beneficiosos sobre otras plantas circunvecinas (Yu *et al.,* 2003), es decir, disminuye la competencia en su entorno. La investigación brinda posibilidades para el control eficiente de arvenses y para el desarrollo de nuevos herbicidas (Azim *et al.,* 2005). Actualmente en algunos países como México existen en el mercado algunos herbicidas comerciales a partir de extractos vegetales y microorganismos. La aplicación de productos orgánicos y biológicos ayudaría posiblemente a disminuir el uso de herbicidas por parte de los productores lo que se reflejaría en una

reducción de contaminación de herbicidas químicos al medio ambiente y por ende disminuiría drásticamente la exposición del personal expuestos a estos productos químicos.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón ya establecido en el Campo Experimental Iguala, ubicado a 17º 52' 54'' latitud norte y 98º 45' 25'' longitud oeste con altitud de 750 m. Se hicieron muestreos para determinar los tamaños de esta arvense, que fue aproximadamente de 10 cm hasta 17 cm de altura.

Los bioherbicidas que se utilizaron fueron productos comerciales a partir de extractos vegetales y microorganismos, los cuales fueron: HO3, HO1, y el HO2, además, se usó un extracto a base de cascaras de naranja llamado Limoneno. Las arvenses a controlar fueron de tipo de hoja ancha y angosta. La aplicación se realizó en recuadros de 1 m^2 y se evaluó a los 15 días des pues de la aplicación. Se realizará un diseño de bloques al azar con un total de 3 réplicas por tratamiento y se determinará el % de control en cada tratamiento. Se realizó una evaluación para determinar el % de control en cada tratamiento mediante la escala propuesta por la Sociedad Europea de investigación en Maleza (EWRS) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala propuesta por la EWRS para evaluar el control de maleza.

Valor	Control de Maleza (%)	Efecto sobre Maleza
1	99.0 – 100.0	Muerte
2	96.5 – 99.0	Muy buen control
3	93.0 – 96.5	Buen control
4	87.5 – 93.0	Control suficiente
5	80.0 – 87.5	Control medio
6	70.0 – 80.0	Control regular
7	50.0 – 70.0	Control pobre
8	1.0 – 50.0	Control muy pobre
9	0.0 – 1.0	Sin efecto

Los resultados de los tratamientos se ajustaron mediante la transformación de raíz cuadrada de arco seno y sometieron a un análisis de varianza usando el programa estadístico de SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para el control de hoja ancha con bioherbicidas y el extracto de naranja, en donde el porcentaje de control fue del 34.23 al 70.69%, sobresaliendo el HO1. Resultados para el control de hoja angosta con bioherbicidas y el extracto de naranja, en donde el porcentaje de control fue del 25 al 36.23% (Figura 1 y 2).

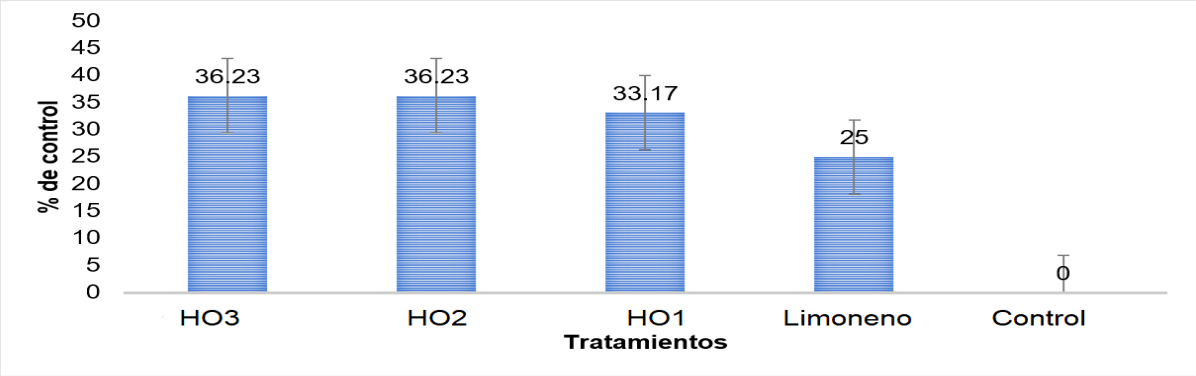


Figura 1. Efecto de tratamientos de los bioherbicidas comerciales y el limoneno en el control de arvenses en hoja ancha

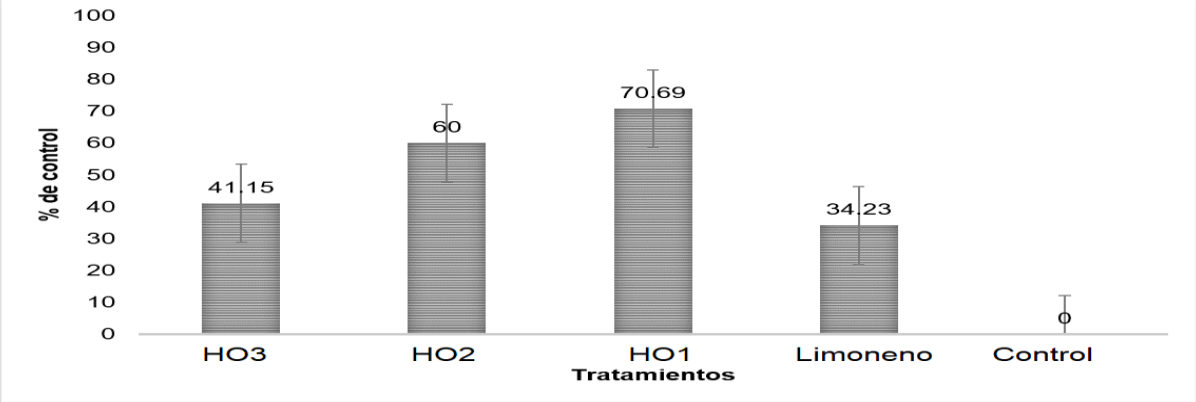


Figura 2. Efecto de tratamientos de los bioherbicidas comerciales y el limoneno en el control de arvenses en hoja angosta.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con el uso de los bioherbicidas y el limoneno (herbicidas orgánicos) para el control de acuerdo a la escala de la WRS resultaron hasta un control regular (HO1), por lo que se recomienda el uso de potencializadores para tratar de aumentar el efecto de control de estos productos en el control de arvenses, desde 60, 70, u 80 % del producto orgánico y 40, 30 y 20 % del potencializadores y así mantener o aumentar el efecto de control de estos productos orgánicos en el control de las arvenses y disminuir el uso de herbicidas químicos y reducir contaminación a la flora y fauna.

REFERENCIAS

Azim, K.M., Bahadar M.K., Hassan G., & Huissain Z. (2005). Bioherbicidal effects ot tree extracts on seed germination and growht of crops and weeds. Pak J Weed Sci Res, 11(3-4): 89-94.

Maiti, P. P., Bhakat, R. K., & Bhattacharjee, A. (2008). Allelopathy Journal 22: 59-68.

SAS, Institute 2002. The SAS System for Windows, Release 9.1. SAS. Institute, Cary N. C. U.S.A.

Soares, M. B., GALLI, J. A., MARTINS, M. H., OLIVEIRA, A. C., BIANCO, S. (2021). Weed management in the dry season: interferences in physiology and quality of Persian lime fruits. Pesquisa Agropecuária Tropical 5: e67779.

Yu, J. Q., Ye, S. F., Zhang M. F. Hu, & W. H. (2003). "Effects of Root Exudates and Aqueous Root Extracts of Cucumber (*Cucumis sativus*) and Allelochemicals, on Photosynthe sis and Antioxidant Enzymes in Cucumber," Biochemical Systematics and Ecology, 3(2): 129- 139. http://dx.doi.org/10.1016/S0305- 1978(02)00150-3

USO Y MANEJO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN DE TRIGO EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Alejandro Rodríguez Guillén[1*]*, Salvador Villalobos Reyes[2], Pedro Antonio Dávalos González[3]

alejandrorodriguezguillen1@gmail.com

[1,2,3]Investigador en suelos, horticultura protegida y mejoramiento genético, respectivamente. Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Km 6.5 carr. Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto. AP 112.

RESUMEN

En la actualidad, entre los múltiples problemas de los recursos naturales que enfrenta la humanidad, la disponibilidad de agua dulce de buena calidad es uno de los más críticos. Tan solo en el siglo XX, la población mundial aumentó más del triple, pasando de 1,700 millones de habitantes en el año 1900 a 6,200 millones en el 2000, mientras que, en ese mismo periodo, la extracción de agua del subsuelo aumentó más de seis veces. Un hecho singular es que la Tierra no tiene más agua ahora que hace 2,100 años, cuando estaba habitada por menos del 2.5% de la población actual. Este incremento poblacional conlleva a un aumento en la demanda de agua dulce de aproximadamente 64,000 millones de metros cúbicos por año. A nivel mundial, más del 80% del volumen total de agua extraída se usa en actividades agrícolas; sin embargo, la eficiencia global es de solo 40%. En México y en Guanajuato se observa una tendencia similar: En nuestro país el 76% del volumen de agua disponible se dedica a actividades agropecuarias y el 82% en el Estado de Guanajuato, donde más del 90% de la superficie sembrada se riega por gravedad, con una eficiencia global de solamente 33%. Guanajuato, a pesar de ser un **estado pequeño** con solo el 1.6% del territorio nacional (de las 32 entidades ocupa el lugar 23 en extensión territorial), es un **gran consumidor de agua** debido a que es uno de los principales productores de granos, hortalizas y forrajes, pero a un costo muy alto como lo es el agotamiento de sus recursos hídricos, particularmente los subterráneos. El trigo es uno de los principales cultivos de invierno que se siembra en condiciones de riego en El Bajío: Es una de las principales áreas productoras de trigo (*Triticum spp*.); como ejemplo, en el ciclo 2014-15 se sembraron 71,744 ha y en 2012 contribuyó con 327,229 t del total nacional. Uno de los principales problemas que afectan la producción de trigo en esta región es la baja disponibilidad de agua. Debido a la problemática derivada por la escasez hídrica en Guanajuato, se requiere emplear alternativas en el manejo del agua y cultivos que permitan hacer un uso más eficiente de este recurso. Para ello, localmente se ha

realizado una serie de estudios para evaluar el efecto del riego sobre distintas variables relacionadas con el trigo, lo que ha generado recomendaciones para hacer más eficiente el aprovechamiento del agua en este y otros cultivos.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, escasez de agua, riego eficiente, rendimiento y calidad.

ABSTRACT

Currently, among the many natural resource problems facing humanity, the availability of good quality fresh water is one of the most critical. In the 20th century alone, the world population more than tripled, from 1.7 billion inhabitants in the year 1900 to 6.2 billion in 2000, while, in the same period, the extraction of subsoil water increased more than six times. A singular fact is that the Earth does not have more water now than 2,100 years ago, when it was inhabited by less than 2.5% of the current population. This population increase leads to an increase in the demand for fresh water of approximately 64,000 million cubic meters per year. Globally, more than 80% of the total volume of water withdrawn is used in agricultural activities; however, the overall efficiency is only 40%. A similar trend is observed in Mexico and Guanajuato: In our country, 76% of the volume of available water is dedicated to agricultural activities and 82% in the State of Guanajuato, where more than 90% of the planted surface is irrigated by gravity. with an overall efficiency of only 33%. Guanajuato, despite being a small state with only 1.6% of the national territory (of the 32 entities it ranks 23rd in territorial extension), is a great consumer of water because it is one of the main producers of grains, vegetables and fodder, but at a very high cost, such as the depletion of its water resources, particularly underground ones. Wheat is one of the main winter crops grown under irrigated conditions in the Lowland Region: It is one of the main wheat (*Triticum* spp.) producing areas; As an example, in the 2014-15 cycle, 71,744 ha were planted and in 2012 it contributed 327,229 t of the national total. One of the main problems affecting wheat production in this region is the low availability of water. Due to the problems derived from the water scarcity in Guanajuato, it is necessary to use alternatives in the management of water and crops that allow a more efficient use of this resource. To this end, a series of studies have been carried out locally to evaluate the effect of irrigation on different variables related to wheat, which has generated recommendations to make more efficient use of water in this and other crops.

Keywords: *Triticum aestivum*, water shortage, efficient irrigation, yield and quality.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, entre los múltiples problemas de los recursos naturales que enfrenta la humanidad, la disponibilidad de agua dulce de buena calidad es uno de los más críticos (no solo por su escasa cantidad, sino por la falta de oportunidad para utilizarla y, principalmente, por la baja calidad para consumo directo debido a la creciente contaminación difusa). Sin embargo, esta situación está estrechamente relacionada con el aumento de la población humana en nuestro planeta. Tan solo en el siglo XX, la población mundial aumentó **más del triple**, pasando de 1,700 millones de habitantes en el año 1900 a 6,200 millones en el 2000, mientras que, en ese mismo periodo, la extracción de agua del subsuelo aumentó **más de seis veces.** Es decir, el crecimiento neto de la población en todo el mundo fue de 4,500 millones de habitantes en tan solo 100 años, a pesar de las dos guerras mundiales y de todos los conflictos bélicos ocurridos en los diversos países durante esa centuria (la pérdida de vidas humanas se estimó en más de 250 millones). La población mundial se está expandiendo **muy rápidamente** pues en noviembre del año 2022 alcanzó ya 8,000 millones de habitantes, con una tasa neta de crecimiento poblacional de 83.3 millones acumulada cada año. Otros aspectos estrechamente relacionados con el aumento de la población humana son el calentamiento global y el consecuente cambio climático, aunados al cambio en el uso del suelo, pues agravarán de manera significativa la disponibilidad de los recursos hídricos y a las fuentes de abastecimiento de agua de todo el país. Para el periodo 2020-30 se espera que dichos cambios impacten a ríos, lagos, presas, lagunas costeras y humedales. Para finales de siglo, las lluvias tenderán a disminuir hasta en un 30% en los estados del Noroeste en invierno y en los estados del Sureste en verano. Igualmente se proyectan aumentos de temperatura con respecto al siglo anterior hasta de 5 °C en algunas zonas del país y se estima que el escurrimiento podría disminuir hasta un 7% para el año 2030 en algunas regiones (PNH, 2018).

En nuestro país el 76% del volumen de agua disponible se dedica a actividades agropecuarias y el 82% en el Estado de Guanajuato, donde más del 90% de la superficie sembrada se riega por gravedad, con una eficiencia global de solamente 33%.Guanajuato, a pesar de ser un **estado pequeño** con solo el 1.6% del territorio nacional (ocupa el lugar 23 en extensión territorial), es un **gran consumidor de agua** debido a que es uno de los principales productores de granos, hortalizas y forrajes, pero a un costo muy alto como lo es el agotamiento de sus recursos hídricos, particularmente los subterráneos. Posee más de 17,000 pozos profundos registrados, lo que equivale casi al 12% de los que existen en todo

el país. Por ejemplo, Galván (2012) señala que el volumen concesionado para uso agrícola en 2011 fue de 3,444.3 millones de metros cúbicos (Mm^3), de los cuales la extracción promedio de agua de los acuíferos fue de 2,737 Mm^3 por año, mientras que la recarga natural media fue de solamente 1,886 Mm^3 (68.9% de la extracción o, de otra forma, se extrajo 54.8% más de lo que se recargó). Debido a ello, en la cuenca hidrológica de Guanajuato existe un alarmante déficit de agua estimado en 839 Mm^3. Esta situación provoca que exista un abatimiento que fluctúa de 2 a 5 m, y hasta 9 m al año en otros sitios. Lo anterior repercute tanto en los costos de bombeo, pues al bombear agua a mayor profundidad requiere equipos de mayor potencia que gastan más energía, lo que impacta en los costos de producción de los cultivos.

IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CULTIVO

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que la producción mundial de trigo durante el ciclo comercial 2021-22 alcanzó las 783.8 millones de t. Volumen que representaría un incremento anual de 0.6% y se convertiría en la máxima cosecha histórica del grano. Destacan los casos de Rusia y Canadá, que registran cosechas récord. Para 2022-23 China se mantendría en la posición número uno en la producción de trigo, con una participación del 17.6%, previendo un rendimiento promedio de 5.8 t ha^{-1}. El primer lugar de consumo del cereal a nivel mundial lo tiene China, con una participación de 18.3%; le sigue la Unión Europea con 13.9% (SADER – SIAP, 2022a). Con relación al comercio internacional, para el ciclo 2022-23, se esperan incrementos de 5.0% en las exportaciones y de 3.9% en las importaciones. El leve incremento en las exportaciones se debe a que éstas se aumentarán para Rusia, la Unión Europea y Canadá. Desde marzo del año pasado, las exportaciones de trigo se vieron afectadas por la guerra entre Ucrania y Rusia, las cuales afectaron sustancialmente la dinámica de las exportaciones del primero. Esto ha tenido efectos de gran alcance en el comercio mundial, ya que los principales importadores se ven obligados a cambiar de proveedor y ajustarse a niveles de precios más altos (SADER – SIAP, 2022b).

El trigo en México alcanza un valor de 12 mil millones de pesos, siendo el 10º cultivo más importante al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. Se cultivan principalmente las variedades cristalinas (60%), suaves (25%) y fuertes o duros (14%), en la modalidad de riego (95%). El trigo se cultiva en 23 estados de la República: Sonora, Baja California, Guanajuato (10.4%), Michoacán, Chihuahua y Tlaxcala concentran el 89% del

volumen producido (CNA, 2015). Sonora ocupa el primer lugar en producción de trigo a nivel nacional, logrando en 2021 una cosecha de 1 millón 721 mil t, 52.4% de todo el país. Después de Sonora, el estado que más trigo produce es Guanajuato, con 357 mil 867 t, Guanajuato siembra un promedio de 44,735 ha (con un rendimiento medio de 8 t ha^{-1}). Sin embargo, uno de los principales problemas que afecta la producción de trigo en esta región es la baja disponibilidad de agua.

CONDICIONES DEL CULTIVO EN RELACIÓN CON EL AGUA DE RIEGO

Para hacer uso óptimo del agua de riego, es importante conocer el nivel de consumo de agua que es necesario en la evapotranspiración de cada cultivo, el cual es afectado por el clima, tipo de suelo, topografía, suministro y calidad de agua, tipo de cultivo, fecha de siembra y aplicación de agroquímicos. En el estado de Guanajuato la escasez de agua para riego debido a la baja captación de las presas y al abatimiento de los mantos acuíferos, así como el alto costo de los insumos para la producción de trigo, son factores que han reducido la rentabilidad del cultivo, lo que ha afectado durante la última década a la superficie sembrada anualmente con este cereal (Solís *et al*., 2009). Con el objetivo de proporcionar opciones tecnológicas para ayudar a afrontar esta problemática, se han realizado evaluaciones de variedades comerciales de trigo con diferentes calendarios de riego para determinar su efecto en el rendimiento y calidad del grano.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MANEJO DEL AGUA

Debido a la problemática derivada por la escasez hídrica en Guanajuato, se requiere emplear alternativas en el manejo del agua y cultivos que permitan hacer un uso más eficiente de este recurso. Para ello, localmente se ha realizado una serie de estudios para evaluar el efecto del riego sobre distintas variables relacionadas con el trigo, lo que ha generado recomendaciones para hacer más eficiente el aprovechamiento del agua en este y otros cultivos.

En el sistema de producción con labranza de conservación la nivelación del terreno y la distribución uniforme de los residuos del cultivo anterior sobre la superficie del suelo son requisitos fundamentales para prevenir problemas relacionados con el manejo del agua. En este sistema de labranza se debe dejar al menos un 30% de residuos en el terreno. Una de las principales ventajas de esta tecnología es que la paja esparcida sobre el terreno de siembra actúa como una barrera o acolchado orgánico, lo que contribuye a reducir

significativamente la evaporación directa, con lo que se alarga el intervalo entre riegos y permite un ahorro en la lámina de riego total aplicada al cultivo. En un estudio en El Bajío, de la Cruz *et al*. (2005) encontraron que en labranza de conservación los trigos harineros tuvieron mayor rendimiento con tres riegos (0-45-75 dds) y los trigos duros con cuatro riegos (0-45-75-100 dds): 4,974 y 6,042 kg ha^{-1}, respectivamente. En relación con el intervalo del primer riego de auxilio, se ha observado que cuando se aplica el riego entre los 35 y 45 días no hay efecto negativo sobre el rendimiento, pero cuando este se retrasa hasta los 50 días, el rendimiento disminuye en 15%. En cuanto al riego en la etapa de floración, este debe aplicarse a los 75 días después del riego de siembra; cualquier demora puede causar disminución severa en el rendimiento. Un retraso de 10 días reduce el rendimiento en 30%.

En otro estudio, Solís *et al*. (2009) evaluaron la respuesta de 19 genotipos harineros y 1 de trigo duro al riego normal (RN) y al riego restringido (RR). La evaluación de la cantidad de riegos confirmó que es posible tener genotipos de alto rendimiento, tanto con riego normal (RN) como con riego restringido (RR). La mayor eficiencia la obtuvo el genotipo 6, que redujo su rendimiento en 714 kg ha^{-1}: Su rendimiento en ambos calendarios fue alto y estable (6,639 y 5,925 kg ha^{-1}, en los calendarios normal y restringido, respectivamente).

Efecto de la cantidad de riegos en la altura de planta y la duración del ciclo de cultivo

Solís *et al*. (2009) reportaron que la duración de las etapas fenológicas del ciclo biológico de las variedades de trigo registró una diferencia de cinco días a floración y hasta 11 días a madurez fisiológica al aplicar dos y cuatr**o** riegos, respectivamente. Esta diferencia también afectó la altura de la planta, que se redujo en 11 cm. La duración de la etapa de alargamiento del tallo (encañe a antesis) determina la cantidad de granos por unidad de superficie: a mayor duración, mayor rendimiento. Los calendarios de riego tienen un efecto mínimo en la duración de esta etapa. En cambio, se observó diferencia de hasta 7 días en la duración del período de llenado de grano entre los calendarios de dos y cinco riegos.

Interacción entre la cantidad de riegos y la fecha de siembra

Cuando la siembra se realiza el 1º de diciembre y se aplican cuatro riegos, el rendimiento aumenta 2,000 kg ha^{-1} en comparación con el que se obtiene en siembras del 15 de enero. En siembras del 1º de diciembre con tres riegos se producen 450 kg ha^{-1} más que en siembras del 15 de enero con cuatro riegos. En siembras del 15 de enero se obtiene el mismo rendimiento con tres y cuatro riegos. Estas respuestas del cultivo se atribuyen a que en fechas

de siembra tardías el periodo de llenado de grano está expuesto a temperaturas altas que aceleran la senescencia de las hojas. La diferencia de temperaturas entre fechas de siembra puede ser de hasta 2.4 ºC y la reducción del periodo de llenado de grano de hasta 20%. Los resultados obtenidos sugieren la conveniencia de dar cuatro riegos al cultivo en fechas de siembra tempranas. Sin embargo, cuando la fecha de siembra es tardía, con tres riegos se alcanza un rendimiento estadísticamente igual que al obtenido con cuatro riegos. Si se siembra el 1º de diciembre y se aplican tres riegos, los rendimientos serán estadísticamente más altos ($p \leq 0.01$) que al aplicar cuatro riegos y establecer el cultivo el 15 de enero. Los bajos rendimientos obtenidos en siembras del 15 de enero se atribuyen al efecto de la alta temperatura en la duración del ciclo del trigo, la cual afecta los procesos metabólicos. Temperaturas bajas retardan el desarrollo de las plantas, mientras que temperaturas altas (hasta cierto límite) lo aceleran (Solís, 2013).

Interacción entre la cantidad de riegos y la dosis de nitrógeno

En la primea fecha de siembra (1º de diciembre) con los calendarios de dos y cuatro riegos se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre las dosis de 120 y 240 kg ha^{-1}, pero no con el calendario de tres riegos. Estos resultados indican que cuando se dispone de agua para dar solo tres riegos se debe fertilizar con 120 unidades de nitrógeno. Para la fecha del 15 de enero no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización en los calendarios de riego evaluados, lo cual indica que para alcanzar los rendimientos más altos posibles en esta fecha de siembra son suficientes 120 kg ha^{-1} (en ese ambiente). Por su parte En este sentido, Hossain *et al*. (2005) no encontraron un efecto significativo en la interacción entre los factores cantidad de riegos y dosis de fertilización sobre el rendimiento unitario, lo cual probablemente se debió a que la cantidad de riegos evaluada fue tres y la mayor dosis fue de 120 unidades de nitrógeno.

En el tratamiento sin fertilización nitrogenada el porcentaje de granos con panza blanca fue elevado y no varió significativamente al aumentar el número de riegos, mientras que con la dosis más alta de nitrógeno (240 kg ha^{-1}) dicho porcentaje fue bajo (menor de 10.4%). En relación con la dosis de 120 kg ha^{-1}, el porcentaje de granos con panza blanca se elevó gradualmente con la cantidad de riegos. Sharma *et al*. (1983) mencionan que cuando la disponibilidad de nitrógeno es baja se obtienen altos rendimientos, pero se produce más almidón que proteína, que es la característica de la panza blanca en el grano de trigo cristalino.

Cantidad de riegos y respuesta de las variedades

De los genotipos liberados por el INIFAP hasta el 2004 para condiciones de riego, Bárcenas S2002 fue el de más alto rendimiento, tanto con dos como con tres riegos; le siguió Cortazar S94, mientras que la tercera mejor opción fue Eneida F94. Bárcenas S2002 superó a Aconchi C89 con 1,023 y 1,460 kg ha^{-1} con dos y tres riegos, respectivamente.

Cantidad de riegos y su efecto en los tipos de trigo

En condiciones de riego restringido el rendimiento de las variedades de trigo harinero superó al de las variedades de trigo cristalino. Con dos riegos no hubo diferencias significativas entre trigos harineros, pero sí con tres riegos, donde el rendimiento de los trigos de gluten fuerte fue inferior al de los trigos de gluten débil. Estos resultados indican que no es recomendable la siembra de trigos cristalinos con calendarios de dos y tres riegos. En cambio, con cinco riegos rinden igual que los trigos de gluten débil y medio fuerte, y superan a los fuertes hasta con 582 kg ha^{-1}. En un estudio en El Bajío, de la Cruz *et al*. (2006) encontraron que en labranza de conservación los trigos harineros tuvieron mayor rendimiento con tres riegos (0-45-75 dds) y los trigos duros con cuatro riegos (0-45-75-100 dds): 4,974 y 6,042 kg ha^{-1}, respectivamente.

Efecto de la cantidad de riegos en el índice de área foliar (IAF)

Todos los genotipos evaluados con tres y cinco riegos produjeron su mayor índice de área foliar (IAF) alrededor de la antesis, valor que fue muy similar en todos ellos. En cambio, con dos riegos se produjo un menor IAF y el mayor índice se obtuvo una semana antes que en los tratamientos de tres y cinco riegos. Si bien los valores de IAF en los tratamientos de tres y cinco riegos fueron muy similares, este índice fue mayor de 4 durante cinco semanas con la aplicación de cinco riegos, por solo dos semanas con tres riegos y solamente una con dos riegos (Ledesma, 2009).

Efecto de la cantidad de riegos en el rendimiento y sus componentes

En el caso de la productividad unitaria (granos m^{-2}), con dos riegos se produjo 23.5% menos granos que con cinco riegos, mientras que con tres riegos las pérdidas fueron de solo 13.6%. Para el componente rendimiento unitario (peso del grano), con dos riegos éste se redujo en

30.5%, mientras que con tres riegos sólo se registró una pérdida de peso de 17.4%. Con dos riegos se redujo en 47% y, con tres riegos, el 30%.

Cantidad de riegos y calidad industrial del grano de trigo harinero

La cantidad de riegos es uno de los factores que influyen en la cantidad y la calidad de las proteínas. Una mayor cantidad de riegos favorece la formación de carbohidratos al alargarse el periodo de maduración, lo que da por resultado mayor cantidad de almidón y, por lo tanto, menor cantidad de proteína. Al contrario, al aplicar una menor cantidad de riegos la síntesis de carbohidratos se reduce, lo que da como resultado menor rendimiento de grano y mayor cantidad de proteína. Con menor cantidad de riegos se obtienen harinas con mayor fuerza y proteína, las cuales producirán panes de mayor volumen. La disminución en la cantidad de riegos incrementa los parámetros asociados con la fuerza del gluten, lo cual aumenta el volumen de pan. Sin embargo, estas diferencias son más cualitativas que cuantitativas, ya que los análisis estadísticos no los detectan (Salazar *et al.*, 2000). Zhou *et al*. (2018) señalan que la deficiencia de agua produjo un período más corto de llenado de granos, una disminución en la cantidad, peso y rendimiento de los granos, una reducción del tamaño de los gránulos de almidón y un mayor contenido de proteínas y contenido de macropolímeros de glutenina, lo que resultó en propiedades superiores de la masa y calidad de panificación.

En general, Solís (2013) propone la siguiente calendarización de riegos en función de los estudios de investigación: dos riegos (0- 55 días después del riego de siembra); para **trigos de gluten suave**, tres riegos (0-45-75 ddrs); para **trigos de gluten fuerte**, tres (0-45-78 ddrs) o cuatro riegos (0-45-75-100 ddrs) y, para trigos de **gluten cristalino** o **duro**, es recomendable aplicar de cuatro (0-45-75-100 ddrs) o cinco riegos (0-45-65-85-105 ddrs).

CONCLUSIONES

El agua es un factor crítico que influye directamente en el rendimiento y calidad del trigo pues afecta diversos factores de producción y todas las variables de fisiológicas del cultivo.
Históricamente, el rendimiento medio que se obtenía en El Bajío era de 5.5 t ha^{-1}, pero la aplicación de una serie de estrategias de productividad de mayor rentabilidad ha permitido la obtención de 8 t ha^{-1}, siendo el riego uno de los principales componentes tecnológicos.

REFERENCIAS

de la Cruz González, M. de L.; Solís M., E., y Garduño Z., A. M. 2006. Número de riegos, dosis de fertilización y labranza cero en el cultivo de trigo. INIFAP- Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.

Galván C., F. 2012. Problemática del uso del agua de riego en granos básicos: Un punto de vista sobre el caso Guanajuato. *En*: Memoria Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera 2012. Querétaro, Qro.

Ledesma R., L. 2009. Relación del rendimiento de trigo (*Triticum* spp.) con sistemas de labranza, número de riegos y dosis nitrogenada. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Roque. Roque, Celaya, Gto.

PNH (Plan Nacional Hidráulico 2018-24). 2018. Gobierno de México y Diario Oficial de la Federación (DOF). México, D. F.

SADER – SIAP (Secretearía de Agricultura y Desarrollo Rural-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022a. Expectativas Agroalimentarias, diciembre 2022.

SADER – SIAP (Secretearía de Agricultura y Desarrollo Rural-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022b. Panorama Agroalimentario 2022.

Solís M., E.; Díaz C., G.; Arévalo V., A.; Vuelvas C., M. A.; Rodríguez G., H., y Castrejón S., A. 2005. Guía para cultivar trigo de riego y temporal en Guanajuato. *En*: García N., H.; García S., O. J., y Ramírez R., A. (Eds.) Sistema de consulta del potencial agroproductivo del estado de Guanajuato (SICOPOT-GTO). INIFAP. CEBAJ. (Sistema computacional).

Solís M., E.; Villaseñor M., H. E.; Ramírez R., A.; Rodríguez G., M. F.; Espinosa T., E., y Hortelano S., R. 2009. Respuesta de variedades de trigo al riego restringido en el Bajío. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Desplegable Técnica Núm. 2. 28 pp.

Solís M., E. 2013. Guía para la producción de trigo en el estado de Guanajuato en riego y temporal. *En*: Mandujano B., A.; Paredes M., R.; Alamilla G., M. del P., y Buenrostro R., J. F. (Comps.). Guía para la producción de maíz, frijol, trigo y sorgo en Guanajuato. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. Libro Técnico No. 4. 165 pp.

Zhou, J., Liu, D., Deng, X., Zhen, S., Wang, Z., & Yan, Y. 2018. Effects of water deficit on breadmaking quality and storage protein compositions in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Sci. Food Agric. 98(11):4357-4368.

VALIDACION COMERCIAL DE LA VARIEDAD DE CARTAMO HUATSON OL EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

[1]Xochilt M. Ochoa Espinoza, [1]Nestor Aguilera Molina, [1]Elco Humberto García Bolívar, [1] José Ángel Marroquín Morales y [1]Lope Montoya Coronado.

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

ochoa.xochilt@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Programa de Mejoramiento Genético de Cártamo del Campo Experimental Valle del Yaqui - CIRNO-INIFAP, inició los trabajos de cruzamientos para la generación de variedades tolerantes a cenicilla. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la variedad Huatson OL y una variedad comercial del tipo oleico bajo condiciones de manejo comercial en campos de productores cooperantes del sur de Sonora, y de esta manera apoyar la transferencia de tecnología para favorecer la adopción por parte de los productores del sur de Sonora. La parcela para la validación se estableció en el sur de Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2022/23 en terrenos de un productor cooperante. Se estableció una variedad de cártamo del tipo oleico y una de las variedades comercial más ampliamente sembrada en el Sur Sonora Chey- OL. Se sembraron aproximadamente una hectárea del material Huatson OL. Se midieron las variables: días a floración, reacción a falsa cenicilla y rendimiento en kilogramos por hectárea. La variedad testigo con 1847 kg/ha fue la que obtuvo el mayor rendimiento, seguida por la variedad Huatson OL, con un rendimiento de 1823 kg/ha, la cual no hubo diferencia significativa. Las condiciones prevalecientes durante el desarrollo del cultivo fueron propicias para la presencia de la falsa cenicilla y la variedad Chey OL es altamente susceptible, la cual se le realizaron dos aplicaciones de fungicida. Se hace necesario continuar con el proceso para formar variedades resistentes a falsa cenicilla para productores del sur de Sonora.

Palabras Clave: *Aceite oleico, tolerancia y mejoramiento genetico.*

Abstract

The breeding program of safflower in the Experamiental station of Norman E. Borlaug- CIRNO-INIFAP began work on crosser to generate mildew tolerant varieties. The objective of this study was to validate the behavior of Huatson OL varietie of type oleic safflower in fields copperating farmers in southern Sonora. And thus support the transfer of technology to promote the adoption by the producers of southern Sonora. The plot for the validation was established in southern Sonora during autumn-winter 2022/23 on fields of a cooperating producer. An oleic safflower variety was established and one of the most widely planted commercial varieties in Southern Sonora Chey-OL. Approximately one hectare of the Huatson OL was planted. Days to flowering and reaction to false mildew yield in kilograms per hectare variables were measured. The check variety (Chey-OL) with 1847 kg/ha was the one that obtained the highest yield, followed by the Huatson OL variety, with a yield of 1823 kg/ha, which had no significant difference. The prevailing conditions during the development of the crop were propitious for the presence of false mildew and the Chey OL variety is highly susceptible, which received two applications of fungicide. It is necessary to continue with the process to form varieties resistant to false powdery mildew for producers in southern Sonora.

Keywords: Oleic oil, Tolerance and Genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

A principios del año 2001 en el sur de Sonora, México la enfermedad llamada falsa cenicilla (*Ramularia carthami*) afectó aproximadamente en un 60% la producción de cártamo, pero en algunas localidades del sur de Sonora el daño fue del 90% (Armenta, 2008). En esos años, a nivel internacional y de forma comercial no existía tecnología para la prevención y control de esta enfermedad, el INIFAP en el año 2005 generó esta tecnología utilizando básicamente productos fungicida; pero esto, involucraba un alto costo tanto por el fungicida, como para la aplicación de estos. Asimismo, tampoco existían variedades que al menos toleraran el efecto de esta. Considerando que la manera más económica para solucionar este tipo de problemas, a partir del año 2001, el Programa de Mejoramiento Genético de Cártamo del Campo Experimental Valle del Yaqui - CIRNO-INIFAP, inició los trabajos de cruzamientos para la generación de variedades tolerantes a cenicilla. Las líneas élite se evaluaron en varias regiones del país, para evaluar su respuesta a enfermedades y observar su estabilidad en rendimiento. Actualmente, se liberó la variedad Huatson-OL con alto contenido de aceite; el mercado busca principalmente las variedades del tipo oleico y por lo anterior el programa de mejoramiento se ha enfocado en la formación de este tipo de materiales y actualmente, el programa de mejoramiento genético de cártamo del CENEB, cuenta con varias líneas élite

con alto rendimiento, calidad y tolerantes a la falsa cenicilla. Con el fin de corroborar estos resultados, se establecieron parcelas de validación en campos comerciales de productores del sur de Sonora. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de una variedad de cártamo del tipo oleico recientemente liberada bajo condiciones de manejo comercial en campos de productores cooperantes del sur de Sonora, y de esta manera apoyar la transferencia de tecnología para favorecer la adopción por parte de los productores del sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela para la validación se estableció en las coordenadas 27º 15´ 09.40´´ N y 110º 03´07.41´´ O, 26 msnm del Valle del Yaqui; se realizó en el ciclo otoño-invierno 202/2023 con un productor cooperante. El suelo es de textura limo y conocido en la región como aluvión (Jiménez, 1999). Se utilizó una densidad de población de 11-14 plantas por metro lineal; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. Se sembraron aproximadamente una hectárea de la variedad HUATSON OL y el resto del área con el testigo comercial CHEY OL. La siembra se realizó en húmedo, el día 20 de febrero de 2023. Se aplicaron tres riegos de auxilio, se realizó un cultivo mecánico y un deshierbe manual, se fertilizó con la fórmula 150-52-00. Para el control de plagas se realizó una aplicación de Bifexam 200 ml/ha para chiche ligus en etapa de formación de botones, para enfermedades se realizaron dos aplicaciones con velficur 500 ml/ha en la variedad comercial CHEY OL. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), peso hectolitrico y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico Nuevo León.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se presentan las variables agronómicas de las variedades evaluadas. Se observa que son pocos los días de diferencia entre los materiales en cuanto a floración; la altura de la planta varió de 110 a 115 cm entre los materiales, por lo tanto, en estas variables no hubo diferencia significativa entre ellas. En cuanto a falsa cenicilla se presentó dicha enfermedad en la variedad testigo Chey-OL como se muestra en el Cuadro 1. (Ramírez *et al*., 2012) Menciona que las condiciones que favorecen la incidencia de la falsa cenicilla son días con HR>73 % y temperaturas mayores a 9.2 °C de una a dos semanas después de

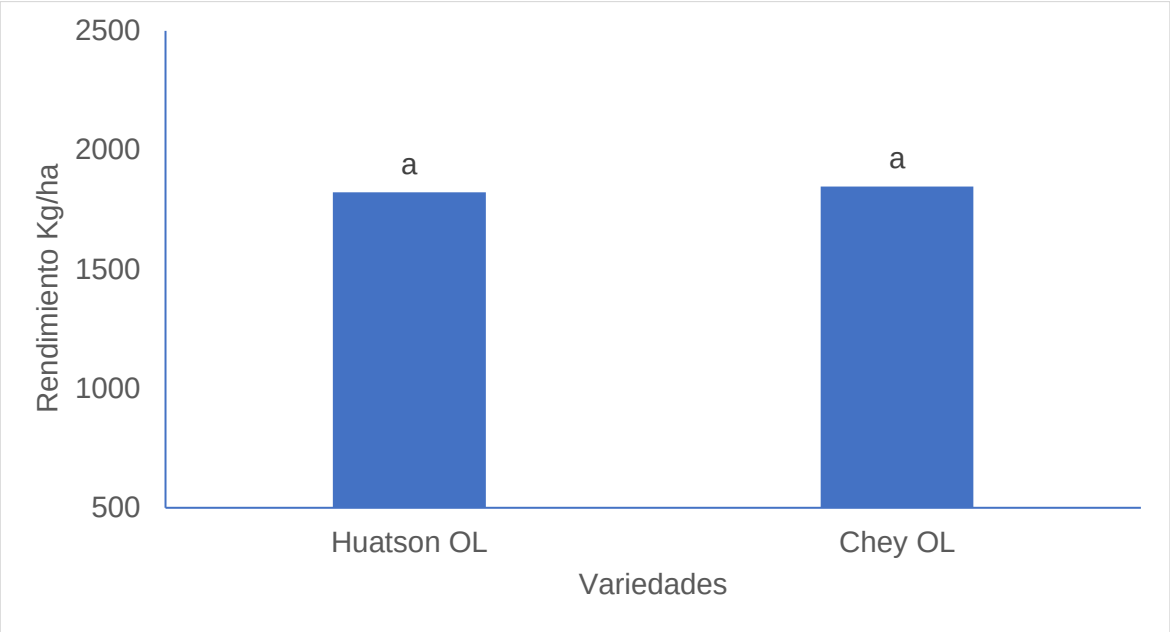
presentarse esas condiciones son suficientes para que desarrolle. (Montoya, 2010) Libero variedades con tolerancia a falsa cenicilla, con buen potencial de rendimiento y con características agronómicas similares a estas líneas, sin embargo, estas perdieron su tolerancia 4 años después por lo que menciona que hay que continuar con el mejoramiento genético de este cultivo. Actualmente se cuenta con la variedad Huatson OL con tolerancia a esta enfermedad como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características Agronómicas de Cártamo en el Sur de Sonora. Ciclo O-I 2022-2023.

Nº	Líneas y Variedades	Días a floración	Altura (cm)	*Cenicilla (0-10)	Peso hectolitrico
1	Chey-OL	88	115	6	58 a
2	Huatson-OL	92	110	0	52 b

*0 = CERO DAÑO, 10 = 100% DE DAÑO (Ramírez, 2006).

Con respecto al rendimiento de grano, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre materiales (Fig.1). La variedad Huatson OL con 1823 kg/ha fue muy similar a la variedad comercial (testigo) Chey-OL con 1847 kg/ha, sin embargo, esta es muy susceptibles a falsa cenicilla y fue necesario hacer dos aplicaciones de fungicidas (Velficur 0.5 lt/ha) lo cual aumenta los costos de producción del cultivo de cártamo y por ende aumenta la contaminación del medio ambiente. En cuanto a calidad los materiales son muy similares entre ellos, pero es aceptable por la industria.



*Lletras iguales no hay diferencia significativa entre tratamientos.

α= 0.05

Figura 1. Rendimiento de Cártamo en parcela comercial en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2022-2023.

CONCLUSIÓN

Debido a la pérdida de tolerancia a la enfermedad falsa cenicilla de las variedades y líneas élite de cártamo tanto nacionales como extranjeras, la producción de cártamo se encuentra en alto riesgo, por lo que es necesario seguir liberando materiales con tolerante a falsa cenicilla, con características de buena calidad y rendimiento, además de disminuir los riesgos que tienen los productores al sembrar materiales susceptibles a dicha enfermedad. El costo-beneficio de sembrar este material es de 2,000.00 por hectárea, por evitar las dos aplicaciones de fungicidas.

REFERENCIAS

Jiménez, G.E. 1999. El Campo Experimental Valle del Yaqui: Su importancia en la producción agrícola en el Sur de Sonora. Folleto Informativo Nº 1. Cd. Obregón, Sonora, México. P:17.

Montoya C. L. 2010. El cultivo del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.*)* En México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNO. Obregón Sonora, México. 96 pp.

Ortiz E.J.E., J.M. Cortez, P.V. Félix. 2003. Manejo de riegos para los principales cultivos del sur de sonora. Folleto técnico No. 51. INIFAP. Ciudad Obregón, Sonora. pp. 40-49.

Pérez V. J., G. M. Avilés, P. J. Wong, S. J. Arrellano, T.J. Garzón, P. R. García 2004. Falsa cenicilla (*Ramularia carthami* Sacc) enfermedad de alto impacto en el cultivo de cártamo. Folleto para productores No. 51. INIFAP. Culiacán Sinaloa. pp. 3-7.

Ramírez A. J. A., C. M. Armenta C., L. Montoya C., F. Cabrera C., y J. R. Valenzuela B. 2012. Niveles de infección e intervalos para aplicaciones en el control de la falsa cenicilla del cártamo (R*amularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico s/n. p. 5

VALIDACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (C*artamus tinctorius* L.) EN FECHA TARDIA EN EL VALLE DEL YAQUI.

[1]Xochilt M. Ochoa Espinoza, [1]Nestor A. Aguilera Molina, [1]Elco H. García Bolívar, [1]Lope Montoya Coronado y [2]Eva Ávila Casillas.

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

ochoa.xochilt@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México los principales estados productores de cártamo en el 2022 fueron: Sonora, Sinaloa y Tamaulipas. El programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo del Campo Experimental Norman E. Borlaug, oriento su investigación a generar materiales que presenten resistencia a falsa cenicilla y a variedades del tipo oleico. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar líneas elite que presenten buenas características de rendimiento y calidad de aceite que puedan ser candidatas a ser liberadas como variedades. La parcela experimental se estableció en el block 910 del Valle del Yaqui, durante el ciclo otoño-invierno 2022/2023 en el CENEB. La siembra se realizó en húmedo, el día 23 de febrero de 2023 en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 2 variedades comerciales y 4 líneas avanzadas. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), días a madurez fisiológica, peso hectolitrico y rendimiento de grano (kg/ha). Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico Nuevo León. Para el rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos. La línea élite C-62-MOC con 1776 kg/ha fue la de mayor producción en fecha tardia, siendo estadísticamente igual que las líneas C-45-2-MOC, CCC-1651-1-1-1-2-MOC y la variedad S-323, por lo tanto, estas líneas son aptas para continuar con la validación en diferentes regiones productoras para evaluar su comportamiento y ser liberada como variedad en un futuro.

Palabras clave: R. carthami, Rendimiento y Línea elite.

ABSTRACT

In Mexico, the main safflower producing states in 2022 were: Sonora, Sinaloa and Tamaulipas. The program of genetic improvement of the safflower crop of the Norman E. Borlaug Experimental Field, oriented its research to generate materials that present resistance to false ash and varieties of the oleic type. Therefore, the objective of this work was to evaluate and identify elite lines that present good characteristics of yield and quality of oil that can be candidates to be released as varieties. The experimental plot was established in block 910 of the Yaqui Valley, during the autumn-winter 2022/2023 cycle at CENEB. The sowing was carried out wet, on February 23, 2023 in a random block design with four repetitions. 2 commercial varieties and 4 advanced lines were evaluated. The variables that were measured in the field were the days to flowering, plant height, response to false mildew (on a scale of 0 to 10, where 0 = zero damage and 10 = 100% damage), days to physiological maturity, hectolitrico weight and grain yield (kg/ha). An analysis of variance and DMS mean comparison test with a α = 0.05 were performed using the Nuevo León statistical package. For grain yield, statistical analysis showed significant differences between treatments. The elite line C-62-MOC with 1776 kg / ha was the one with the highest production in a late date, being statistically the same as the lines C-45-2-MOC, CCC-1651-1-1-1-2-MOC and the variety S-323, therefore, these lines are suitable to continue with the validation in different producing regions to evaluate their behavior and be released as a variety in the future.

Keywords: R. carthami, Yield and Elit line.

INTRODUCCIÓN

El cártamo (C*arthamus tinctorius* L.) se cultiva en distintos países del mundo, siendo China, Estados Unidos, India y México los principales productores (FAOSTAT, 2021). En México los principales estados productores de cártamo (C*arthamus tinctorius* L.) en el 2022 fueron: Sonora, Sinaloa y Tamaulipas. La superficie nacional de cártamo cosechada durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022 fue de 34,157 hectáreas con un rendimiento medio de 2.0 t/ha y una producción de 68,466 toneladas, de esto el estado de Sonora aportó el 51% del área sembrada y el 61 % de la producción nacional con un rendimiento promedio de 2.36 t/ha (SIAP, 2022). En cuanto a problemas fitosanitarios, durante el ciclo 2003-04 se presentó la enfermedad de la falsa cenicilla ocasionada por el hongo R*amularia carthami* Z. (Capnodiales: Mycosphaerellaceae) (Ramírez *et al*., 2017) que ocasiono grandes pérdidas en los valles del Yaqui y Mayo. En esta zona la falsa cenicilla ocasionó una pérdida por alrededor de 133,000

t equivalentes a 440 millones de pesos (Montoya, 2010; Borbón *et al*.,2011; JLSVVY, 2019). Debido a esto, el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo del Campo Experimental Norman E. Borlaug, oriento su investigación a generar materiales que presenten resistencia a esta enfermedad (Montoya, 2010). El mercado busca principalmente las variedades del tipo oleico y por lo anterior el programa de mejoramiento se ha enfocado en la formación de este tipo de materiales y actualmente, el programa de mejoramiento genético de cártamo del CENEB, cuenta con varias líneas élite con alto rendimiento, calidad y tolerantes a la falsa cenicilla (Ochoa *et al*., 2016). Es por esto que en los últimos años la investigación en la generación de materiales de cártamo se ha orientado a producir variedades comerciales con alto contenido de ácido oleico (Hamdan, *et al*., 2012). Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar líneas elite que presenten buenas características de rendimiento y calidad de aceite que puedan ser candidatas a ser liberadas como variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Sur de Sonora, durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (27º 36’ 97 29’’de Latitud N y 109º 92’ 55 30’’ de Longitud W) y 39 msnm, en un suelo arcilloso con problemas de compactación y conocido en la región como barrial compactado. Se evaluaron 4 líneas elite del tipo oleico (C-63-1-MOC, CCC-1651-1-1-1-2-MOC, C-45-2-MOC y C-62-MOC) comparadas con dos variedades testigo (HUATSON-OL y S-323) que se siembran en la región. Se utilizó una densidad de población de 15 plantas por metro lineal; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. Se sembró 2500 m^2 de cada material, se cosecharon cinco muestras de cada material con un tamaño de parcela de 8 m2. La siembra se realizó en húmedo, el día 23 de febrero de 2023. Se aplicaron tres riegos de auxilio y se fertilizó con la fórmula 150-52-00. Para el control de maleza se realizó un cultivo mecánico y un deshierbe manual, se realizó una aplicación de insecticida Bifexam 250 ml/ha para el control de plagas (chinches y pulgones) en formación de ramas y botones, mientras que para el control de enfermedades no fue necesario realizar ninguna aplicación de fungicida. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= 0% de daño y 10= 100% de daño), peso hectolitrico y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico Nuevo León.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se presentan las variables agronómicas de las líneas y variedades evaluadas. Se observa que son 5 los días de diferencia entre los materiales en cuanto a floración; debido a la fecha tardía el cultivo no desarrolla tanto como en la fecha optima por lo que la altura de la planta varió de 75 a 95 cm entre los materiales, los días a madurez fisiológica se presentaron de los 116 a los 120 dds. En cuanto a falsa cenicilla no se presentó dicha enfermedad en ninguno de los materiales debido a que no se presentaron las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad como lo menciona (Ramírez et al., 2011) que las condiciones que favorecen la incidencia de la falsa cenicilla son días con HR>73 % y temperaturas mayores a 9.2 °C de una a dos semanas después de presentarse esas condiciones son suficientes para que desarrolle.

Cuadro 1. Características Agronómicas de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2022-2023. CENEB-CIRNO-INIFAP.

Nº	Líneas y Variedades	Días a floración	Altura (cm)	*Cenicilla (0-10)	Dias a madurez fisiologica
1	Huatson OL	80	84	0	120
2	S-323	76	76	0	116
3	C-63-1-MOC	78	95	0	118
4	CCC-1651-1-1-1-2-MOC	80	81	0	120
5	C-45-2-MOC	81	85	0	119
6	C-62-MOC	79	75	0	119

*0 = CERO DAÑO, 10 = 100% DE DAÑO (Ramírez, 2006).

Con respecto al rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.6 %, lo cual indica una buena confiabilidad de los datos analizados. La línea élite C-62-MOC con 1776 kg/ha fue la de mayor producción de todos los materiales evaluados, siendo estadísticamente igual a las líneas C-

45-2-MOC, CCC-1651-1-1-1-2-MOC y a la variedad (testigo) S-323, (Cuadro 2). Lo cual indica un rendimiento aceptable ya que el cultivo se estableció fuera de la fecha de siembra recomendada por el INIFAP en la zona (Montoya, 2010). Estos rendimientos no difieren mucho a los que reporta Aguilera 2022, en siembras de diciembre y enero que van de 1200 a 2028 kg/ha de diferentes líneas avanzadas en la misma zona.

Cuadro 2. Características de rendimiento y calidad de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2022-2023. CENEB-CIRNO-INIFAP.

Nº	Líneas y Variedades	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolitrico
6	C-62-MOC	1776 a	0.492 c
5	C-45-2-MOC	1761 a	0.507 bc
4	CCC-1651-1-1-1-2-MOC	1703 ab	0.486 c
2	S-323	1690 ab	0.530 a
3	C-63-1-MOC	1553 bc	0.517 ab
1	Huatson OL	1404 c	0.458 d

DMS=183.6

CONCLUSIÓN

El Programa de Mejoramiento Genético para la formación de variedades de esta especie continua con la elaboración y la validación de los materiales para liberación como variedades. Como el caso de las líneas C-62-MOC y C-45-2-MOC que presentan buen rendimiento aun en fechas tardías, lo cual son aptas para continuar con la validación en diferentes regiones productoras para evaluar su comportamiento.

REFERENCIAS

Aguilera, M. N A., Hernández, J. A., Montoya, C. L., Aguirre, U. L. A., Cerna, C. E., & Landeros, F. J. (2021). Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *12*(3), 421-432. Epub 02 de mayo de 2022.https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2343

Borbón, G. A. X. M.; Ochoa, E. L.; Montoya, C. J.; Pérez, M. y García, M. G. C. 2011. CIANO-LIN: nueva variedad de cártamo linoleica. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(5):791-794

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021) Estadísticas de producción. Consultado en línea (Diciembre 2021) link: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

Hamdan, Y, A. S., García, M. M. J., Fernández, M. J. M., Velasco, L. and Pérez, V. B. (2012) Mapping of major and modifying genes for high oleic acid content in safflower. Molecular Breeding. 30: 1279-1293.

JLSVVY. 2019. Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui. Falsa cenicilla del cártamo. http://jlsvyaqui.org.mx/?page_id=122.

Montoya C. L. 2010. El cultivo del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.*)* En México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNO. Obregón Sonora, México. 96 pp.

Ochoa E.X.M., Aguilera M. N. A., Montoya C.L., Cota B.C., Ávila C.E., Borbón G.A. 2016. Validación comercial de la línea elite cc-1572 de cártamo tolerante a falsa cenicilla en el valle del yaqui, sonora. MEMORIA XIX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. p. 119.

Ramírez, A. J. A. C. M.; Armenta, C. L.; Montoya, C. F.; Cabrera, C. y Valenzuela, J. R. B 2011. Epidemiologia de la falsa cenicilla del cártamo (Ramularia carthami) en el sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Cd. Obregón Sonora. Folleto técnico núm. 82. 24 p.

Ramírez A. J. A., F. Cabrera C., L. Montoya C., X. M. Ochoa E. y A. Borbón G. (2017) Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicilla del cártamo en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico no. 101. Cd. Obregón Sonora. 28 p.

SIAP. 2022. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. http://www.siap.gob.mx.

VALIDACIÓN DE UN MODELO INTEGRAL PARA EL PRONÓSTICO DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN EL VALLE DEL GUADIANA, DURANGO

Hilario Flores-Gallardo[1], Jesús Gerardo González-Rutiaga[2], Saúl Santana-Espinoza[3], Juan Enrique Rubiños-Panta[4] y Jorge Víctor Prado-Hernández[5]

[1]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5, Durango, México. C.P. 34170. [2]Tecnologico Nacional de México - Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG). Carretera Durango - México km 22.5, Villa Montemorelos, C.P. 34371, Durango, México. [3]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila. C.P. 27440. [4]Colegio de Postgraduados - Programa en Hidrociencias. Carretera México - Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C.P. 56264. [5]Universidad Autónoma Chapingo - Departamento de Suelos. Carretera México - Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue validar un modelo integral basado en el concepto grados-día (°D) para el pronóstico del riego en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), durante dos ciclos agrícolas primavera-verano (PV) 2015 y 2016. El modelo involucra la relación agua-suelo-planta-atmósfera (RASPA) para generar calendarios de riego con sus láminas de riego (Lr) requeridas y recomendadas en el Campo Experimental Valle del Guadiana (CEVAG) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Durango y que se considera representativo para el área de influencia del Valle del Guadiana, ubicado en el Distrito de Riego 052 “Durango”. El modelo se ajusta automáticamente a la variabilidad climática de la región con el propósito de actualizarse en sus cálculos, lo cual es resultado de alimentarse con parámetros calibrados y validados para el área de estudio. Además de utilizar las variables climáticas (temperatura media, precipitación y evapotranspiración de referencia) que se obtuvieron de los registros de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas (RENEAA) que opera el INIFAP.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* L. Moench, grados día (°D), variabilidad climática.

ABSTRACT

The objective of the work was to validate an integral model based on the concept degree-day (°D) for the irrigation forecast in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) crop, during two spring-summer (PV) 2015 and 2016. The model involves the relationship water-soil-plant-atmosphere

(RASPA) to generate irrigation schedules with their irrigation sheets (Lr) required and recommended in the Valle del Guadiana Experimental Field (CEVAG) of INIFAP, located in Durango and which is considered representative for the area of influence of the Guadiana Valley, located in the Irrigation District 052 "Durango". The model automatically adjusts to the climatic variability of the region with the purpose of being updated in its calculations, which is the result of feeding with parameters calibrated and validated for the study area. Also using the climatic variables (average temperature, precipitation and evapotranspiration of reference) that were obtained from the records of the Network National of Automated Agrometeorological Stations (RENEAA) operated by INIFAP.

Key words: *Sorghum bicolor* L. Moench, degree-day (°D), climatic variability.

INTRODUCCION

La disponibilidad de agua en las zonas áridas y semiáridas de México, es altamente critica (Flores-Gallardo *et al*., 2014), porque en ellas se produce la mayor cantidad de alimentos durante los ciclos agrícolas primavera-verano (PV), otoño-invierno (OI) y perennes (P), los cuales requieren de la suplementación de agua a través del riego para asegurar rendimientos comercialmente viables. A nivel nacional, se cultivan alrededor de 6.5 millones de hectáreas (ha) bajo riego, las cuales están distribuidas en 86 distritos de riego (3.3 millones de ha, 51 %) y 40,407 unidades de riego (3.2 millones de ha, 49 %) con diferente grado de tecnificación (CONAGUA, 2016). Sin embargo, del total de la superficie registrada para producir bajo la modalidad de riego, se presentan alrededor de 1.3 millones de ha tecnificadas con sistemas de riego por multicompuertas, aspersión y goteo; contrastando las 5.2 millones de ha restantes donde el agua se aplica mediante el sistema de riego por gravedad (también conocido como superficial o rodado), por lo cual es necesario e importante un manejo adecuado del riego a nivel parcelario mediante un seguimiento constante que permita realizar evaluaciones sobre la eficiencia y distribución del agua para mejorar su aplicación (Flores-Gallardo *et al*., 2012). En Durango, la producción de sorgo se destina principalmente para forraje en verde, ya que la producción de sorgo para grano no es relevante en cuanto a superficie sembrada. Lo anterior, es producto de la demanda que tiene el forraje en verde del sorgo para alimentar al ganado bovino productor de carne y leche especialmente, que se produce en la región Lagunera, la cual está conformada por municipios que son parte del estado de Coahuila y Durango (González-Rutiaga, 2019). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue validar un modelo integral basado en el concepto grados-día (°D) para el pronóstico del riego en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), con su previa calibración en el Valle del Guadiana, el cual cuenta con un área de influencia considerable en el Distrito de Riego 052 “Durango”.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos de validación del modelo integral se realizaron durante el ciclo agrícola PV 2015 y 2016, estableciendo parcelas semi-comerciales de sorgo en el Campo Experimental Valle del Guadiana (CEVAG-INIFAP-Durango), con unas coordenadas geográficas de LN 23° 59' 18.6", LW -104° 37' 32.4" y una altitud de 1,878 m, por lo cual, se ubica en el municipio de Durango con una influencia en el Distrito de Riego 052 "Durango". Se realizó una siembra durante el ciclo agrícola PV 2015 y 2016 con fecha del 22 de junio y el 27 de mayo, respectivamente, utilizando un híbrido de sorgo con color de grano rojo (MBR315) y un híbrido de sorgo con color de grano blanco (Silo 100), ambos materiales de ciclo intermedio-precoz de la compañía Majestic Semillas.

El clima predominante en los dos sitios de estudio es el templado semiárido, con régimen de lluvias en verano, mostrando variación fuerte de temperatura [BS_1 Kw (w) (e)] y la media anual para esa variable es 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al*. 2005). La evapotranspiración de referencia (ETo) media anual en Durango es de 4.9 mm d^{-1} con un intervalo de 0.3 a 8.9 mm d^{-1} (INIFAP, 2017). Las características edáficas presentan una clase textural franco arenosa con una distribución diferente de partículas del suelo para arena (A), limo (L) y arcilla (R), así como de una ρ_a y contenido de MO. Los datos precisos de las principales propiedades físicas y químicas del sitio experimental se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del sitio experimental del INIFAP-Durango.

Propiedad	Sitio experimental
	INIFAP-Durango
Arena (%)	62
Limo (%)	28
Arcilla (%)	10
Densidad aparente (g/cm^3)	1.295
Materia orgánica (%)	0.60
pH	8.15

El modelo integral basado en el concepto °D para el pronóstico del riego, fue concebido por Ojeda-Bustamante *et al*. (2004). Dicho modelo se utilizó inicialmente para papa y posteriormente tuvo más utilización en maíz, sin embrago, también se ha utilizado para nogal y algodón. Dicho modelo se ajusta automáticamente a las condiciones y variabilidad climática que predomina en el área de estudio, determinando así el momento oportuno para la aplicación del riego, conociendo la cantidad precisa de agua que requiere el cultivo expresada

en Lr compensando el déficit de humedad que existe en el suelo durante el desarrollo del cultivo. Es importante mencionar que existen fronteras determinadas como el crecimiento dinámico de la raíz (R_d), coeficiente del cultivo (K_c), MDP, etapa fenológica y grados día acumulados (Σ°D) por la planta. A continuación, se presentan las ecuaciones para determinar los °D:

$°D = T_a - T_{c\text{-}min}$, $T_a < T_{c\text{-}max}$;

$°D = T_{c\text{-}max} - T_{c\text{-}min}$, $T_a \geq T_{c\text{-}max}$;

$°D = 0$, $T_a \leq T_{c\text{-}min}$

De acuerdo con las ecuaciones anteriores, para estimar los °D se requiere conocer la temperatura media ambiental diaria (T_a), en donde $T_{c\text{-}min}$ y $T_{c\text{-}max}$ son las temperaturas mínimas y máximas del aire, respectivamente y dentro de las cuales se desarrolla la planta. Para el caso del sorgo cultivado en Durango, se consideran unas temperaturas de 8 y 34 °C (Cruz-Martínez *et al*., 2015), respectivamente.

La fenología del cultivo toma gran importancia cuando se relaciona con las fechas de aplicación de los riegos y con la Σ°D, ya que la sensibilidad al estrés hídrico y los requerimientos hídricos varían con la etapa fenológica del cultivo. Mediante el uso de parámetros para calcular las variables como el K_c, R_d y el MDP, se muestran a continuación los modelos desarrollados para las tres variables mencionadas anteriormente, calculándolas en función de los °D, lo cual se ha aplica para el sorgo con el objetivo de calcular la calendarización y pronóstico del riego de acuerdo con la fenología del cultivo. Para estimar el K_c, se aplica la siguiente ecuación:

$$K_C = K_{max}\ \mathrm{erfc}\{(\frac{X - X_{max}}{\alpha_1})^2\}$$

Si $K_c < K_{co}$, entonces $K_c = K_{co}$

En donde K_{max} es el coeficiente de cultivo máximo, K_{co} es el coeficiente de cultivo inicial, X es una variable auxiliar que depende de los Σ°D, erfc es una función complementaria del error y α_1 es un parámetro de regresión. Para estimar la R_d, se aplica la siguiente ecuación:

$$R_d = R_{do} + (R_{dmax} - R_{do})\{1 - \exp(-\frac{(\Sigma °D)^2}{\alpha_2})\}$$

En donde R_{do} es la profundidad inicial de la raíz, R_{dmax} es la profundidad máxima de la raíz, α_2 es un parámetro de regresión y Σ°D son los grados día acumulados. Para estimar el MDP o también conocido como factor de abatimiento, se utiliza la siguiente ecuación:

$MDP = \alpha_3 + \alpha_4 Kc$

En donde α_3 y α_4 son parámetros de regresión, respectivamente. De acuerdo al sistema de riego varían los parámetros de regresión (α), por lo cual se tuvieron que realizar evaluaciones

en campo para determinar los valores para el sistema de riego por gravedad, estos parámetros pueden obtenerse para riego por aspersión y goteo, según sea el interés del usuario, así como el sistema de riego implementado. Para alimentar el modelo con datos climáticos, se utilizó la información proporcionada por la Red Nacional de Estaciones Agrometerológicas Automatizadas (RENEAA) que opera el INIFAP a través del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMySR), ubicado en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), Aguascalientes (INIFAP, 2017). El registro de las principales variables climáticas con fines agrícolas se lleva a cabo durante diferentes periodos de tiempo: 15 minutos, hora, día y mes, con la finalidad de estar al tanto del comportamiento climático en cada sitio de interés. La base de datos se consulta de manera histórica y en tiempo real a través de la página web: https://clima.inifap.gob.mx/lnmysr

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer ciclo agrícola PV de calibración y validación 2015, se aprecia la diferencia en cantidad de láminas de riego requeridas y aplicadas, así como en la cantidad de número de riego aplicados a nivel producto y a nivel experimental, considerando el riego de asiento o de pre-siembra, en el caso del manejo realizado por el producto coincide con los descrito por Nieves-Martínez, (2017), para las condiciones predominantes del Valle del Guadiana.

Cuadro 2. Monitoreo del riego en una parcela a testigo (la cual considera el manejo tradicional del agricultor) durante el ciclo PV 2015.

No. Riego	Días al riego	IR	Lr (mm)	La (mm)
1*	0	0	190.36	237.96
2	50	50	62.19	77.74
3	69	19	91.13	113.92
4	91	22	112.48	140.59
5	123	32	131.73	164.66
Total			*587.90*	*734.87*

* = riego de asiento, IR = intervalo de riego, Lr = lámina requerida, La = lámina aplicada.

Cuadro 3. Pronóstico del riego en INIFAP-Durango (parcela experimental) durante el ciclo PV 2015.

No. Riego	Días al riego	IR	Lr (mm)	La (mm)
1*	0	0	148.06	185.08
2	43	43	38.83	48.54
3	58	15	59.32	74.15
4	72	14	73.66	92.08
5	90	18	88.95	111.19
6	112	22	96.14	120.18
Total			*504.98*	*631.22*

* = riego de asiento, IR = intervalo de riego, Lr = lámina requerida, La = lámina aplicada.

Durante el segundo ciclo agrícola PV de calibración y validación 2016, se aprecia la diferencia en cantidad de láminas de riego requeridas y aplicadas, pero de forma inversa al ciclo agrícola PV 2015, puesto que hay un mayor número de riegos aplicados a nivel experimental con un ligero incremento en las láminas de riego, sin embargo, la distribución y frecuencia es mejor con respecto al manejo realizado por el productor debido a que se contempla la variabilidad climática de la región.

Cuadro 4. Monitoreo del riego en una parcela a testigo (la cual considera el manejo tradicional del agricultor) durante el ciclo PV 2016.

No. Riego	Días al riego	Ir	Lr (mm)	La (mm)
1*	0	0	190.36	237.96
2	9	9	9.43	11.79
3	42	33	63.82	79.78
4	61	19	92.99	116.23
5	94	33	120.07	150.08
Total			*476.67*	*595.84*

* = riego de asiento, Ir = intervalo de riego, Lr = lámina requerida, La = lámina aplicada.

Cuadro 5. Pronóstico del riego en INIFAP-Durango (parcela experimental) durante el ciclo PV 2016.

No. Riego	Días al riego	Ir	Lr (mm)	La (mm)
1*	0	0	148.06	185.08
2	7	7	7.32	9.15
3	33	26	37.68	47.09
4	49	16	59.42	74.28
5	63	14	73.00	91.25
6	80	17	84.72	105.90
7	107	27	97.90	122.38
Total			*508.11*	*635.13*

* = riego de asiento, Ir = intervalo de riego, Lr = lámina requerida, La = lámina aplicada.

La eficiencia de aplicación (EA) de los riegos fue de 80 % implementando la utilización de los sifones. Para el caso de la EA con los productores, generalmente oscila entre un 35 y 45 % para la zona de influencia del DR-052. Es importante considerar que disminuir el estrés hídrico en el cultivo genera una condición propicia para obtener altos rendimientos y sobretodo, comercialmente viables. Por lo tanto, considerar un criterio de riego basado en estudios científicos/experimentales puede ser de gran apoyo para la toma de decisiones del agricultor y asegurar un trabajo bien realizado durante el ciclo agrícola. Por lo anterior, se obtuvieron los valores para los parámetros requeridos por el modelo integral para el pronóstico del riego basado en el concepto °D para el cultivo de sorgo en el Valle de Guadiana, ubicado en el área de influencia del Distrito de Riego 052 “Durango”, en el estado de Durango (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros definidos para el modelo integral con fines de pronóstico del riego en el cultivo de sorgo.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
T_{max}	34	R_{do}	0.07 m
$T_{mín}$	8	R_{dmax}	1.4 m
K_{max}	1.2	α_0, α_1, α_2	1700 °D, 0.45, 725 °D
K_{co}	0.2	α_3	0.8 (gravedad)
X_{Kmax}	0.59	α_4	0.1

CONCLUSIONES

El pronóstico del riego con el modelo basado en el concepto grados día (°D), es viable una vez que se lleva a cabo su calibración y validación para la región de interés, además de contar con la información precisa sobre las condiciones particulares de suelo, cultivo y sistema de riego. Por lo tanto, se obtuvieron los parámetros para manejar el riego por gravedad en el cultivo de sorgo. Sin embargo, falta trabajo por realizar con el propósito de obtener parámetros para otros sistemas de riego.

El manejo del riego con el modelo integral para el pronóstico del riego, mostró en general durante el año 2015 un ahorro de 82.92 mm de Lr pero en el año 2016 tuvo un incremento de 31.44 mm de Lr. Lo anterior, se debe al registro de una mayor cantidad de ETo durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo en 2016 y lo cual se reflejó en los intervalos de riego, ocasionando la aplicación de seis riegos de auxilio más el riego de asiento o pre-siembra. En 2015 se aplicaron cinco riegos de auxilio más un riego de asiento y los intervalos de riego fueron más distantes entre los días transcurridos para aplicar un riego entre otro.

Por lo tanto, el modelo se ajusta automáticamente a la variabilidad climática (actualización de datos climáticos) y reduce el ajuste manual de los cálculos o calendarios generados con respecto a otras metodologías. Sin embargo, se requiere de la capacitación adecuada para manejar el pronóstico del riego con dicho modelo y se refleje su eficacia en campo mediante la complementación de un manejo adecuado del riego por los regadores.

REFERENCIAS

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2016. Estadísticas del Agua en México. Edición 2016. Comisión Nacional del Agua. México D.F. 275 p.

Cruz-Martínez, T. E., D. C. Slack, K. L. Ogden and M. Ottman. 2015. The water use of sweet sorghum and development of crop coefficients. Irrigation and Drainage. 64: 93-104.

Flores-Gallardo, H., W. Ojeda-Bustamante, H. Flores-Magdaleno, E. Mejía-Sáenz y E. Sifuentes-Ibarra. 2012. Grados día y la programación integral del riego en el cultivo de papa. Terra Latinoamericana. 30: 59-67.

Flores-Gallardo, H., E. Sifuentes-Ibarra, H. Flores-Magdaleno, W. Ojeda-Bustamante y C. R. Ramos-García. 2014. Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5: 241-252.

García, M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.

González-Rutiaga, J. G. 2019. Validación de un modelo integral para el pronóstico del riego en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el Valle del Guadiana. Tesis de

Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Villa Montemorelos, Durango, México. 65 p

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas. http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/

Medina G. G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C. y M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 224 p.

Nieves-Martínez, M. A. 2017. Validación de un modelo integral para el pronóstico del riego en el cultivo de maíz. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Villa Montemorelos, Durango, México. 64 p.

Ojeda-Bustamante, W., E. Sifuentes-Ibarra, D. C. Slack and M. Carrillo. 2004. Generalization of irrigation scheduling parameters using the growing degree days concept: application to a potato crop. Irrigation and Drainage. 53: 251-261.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LOS EPISODIOS DE SEQUÍA METEOROLÓGICA EN EL ESTADO DE JALISCO DURANTE 1981-2021

Leticia Peña Peña[1], David Ávalos Cueva[1], Arturo Corrales Suastegui[2]*

[1]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. Gral. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica, 44430 Guadalajara, Jal. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga CP 20673, México

***Autor de correspondencia: corrales.arturo@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La sequía, es uno de los eventos que afectan con mayor frecuencia el bienestar de los seres humanos. Diversos son los estudios realizados sobre este tema, pero dada la importancia que tiene y considerando que el cambio climático está aumentando la frecuencia, duración y severidad de estas, se hace necesario efectuar un estudio de la variabilidad climática de la sequía meteorológica en el estado de Jalisco. Como objetivos específicos se trazaron tres: 1) Evaluar el potencial de las bases de datos disponibles para el análisis de eventos de sequía meteorológica en Jalisco. 2) Caracterizar la distribución espacio temporal de los casos de sequía en el estado. 3) Analizar el impacto de las oscilaciones de gran escala en la variabilidad de dicho evento meteorológico (El Niño Oscilación del Sur). Para el cumplimiento de los mismo fue necesario establecer correlaciones entre las bases de datos utilizadas (CHIRPS y estaciones de CONAGUA) y aplicar, para evaluar su eficiencia ciertos estadígrafos y la prueba estadística t Student. Para el análisis de sequía se obtuvieron mapas de anomalías anuales y estacionales para identificarla y por otra parte se determinó la frecuencia y área de cobertura de la sequía en el periodo 1981-2021. Se obtuvo que CHIRPS es una buena herramienta para este tipo de estudio y que la región costera y de los altos son las más vulnerables a través de los años ante este fenómeno.

Palabras clave Sequía, variabilidad, anomalías.

ABSTRACT

Drought is one of the events that most frequently affect the welfare of human beings. Severalstudies have been carried out on this subject, but given its importance and considering that climate change is increasing the frequency, duration and severity of these events, it is necessary to carry out a study of the climatic variability of meteorological drought in the state of Jalisco. Three specific objectives were established: 1) To evaluate the potential of the available data bases for the analysis of meteorological drought events in Jalisco. 2) To characterize the spatial-temporal distribution of drought events in the state. 3) To analyze the impact of large-scale oscillations in the variability of this meteorological event (El Niño Southern Oscillation). In order to accomplish this, it was necessary to establish correlations between the databases used (CHIRPS and CONAGUA stations) and to apply, in order to evaluate their efficiency, certain statisticians and the statistical t Student test. For the drought analysis, maps of annual and seasonal anomalies were obtained to identify it and, on the otherhand, the frequency and area of drought coverage in the period 1981-2021 were determined.It was found that CHIRPS is a good tool for this type of study and that the coastal and highlandregions are the most vulnerable to this phenomenon over the years.

Key words Drought, variability, anomalies.

INTRODUCCION

La sequía provoca grandes daños a nuestro entorno, algunos de sus efectos pueden ser reconocidos de inmediato, mientras que otras de sus consecuencias se evidencian a largo plazo como la degradación de los suelos. Cuando se extiende durante una estación o un periodo prolongado, hace que el poco porciento de agua que dispone la sociedad no sea suficiente para satisfacer sus necesidades y las del medio ambiente.

En el estado de Jalisco, en las últimas décadas el tema de la prevención ha tomado importancia, debido a que este tipo de evento ha causado daños con un costo muy elevado. El 26.4% del territorio estatal son zonas semiáridas o con peligro alto, siendo la región Alto Santiago la que presenta un grado de vulnerabilidad (Bautista Andalón et al., 2013). Diversosson los estudios realizados en Jalisco con respecto a la sequía desde diferentes puntos de vista, ya sea conocer su distribución y su impacto, así como su relación con determinados sistemas (Villanueva Díaz et al.,2018) o su

comportamiento en determinada zona (Álvarez Pozos et al.,2004); pero hasta el momento no se han encontrado estudios en la zona relacionados con la variabilidad climática de la sequía meteorológica.

Por todo lo expuesto y considerando que el cambio climático está aumentando la periodicidad,duración y la gravedad de los episodios de sequía y que estas afectan a las personas dentroy fuera de las áreas que experimentan estas condiciones, es que se hace necesario efectuar un estudio de la variabilidad climática de la sequía meteorológica en el estado de Jalisco.

El problema científico a resolver en la presente investigación es: ¿Cuál es el comportamientode la variabilidad climática de la sequía en el estado de Jalisco en el periodo 1981-2021?

Objetivo general y objetivos específicos

Se plantea como objetivo general de este trabajo: Analizar el comportamiento de la variabilidad climática de los episodios de sequía meteorológica en Jalisco en el periodo 1981-2021. Como objetivos específicos se trazaron los siguientes:

- Evaluar el potencial de bases de datos disponibles para el análisis de eventos desequía meteorológica en Jalisco.
- Caracterizar la distribución espacio temporal de los casos de sequía en el estado.
- Analizar en el impacto de oscilaciones de gran escala en la variabilidad de dicho evento meteorológico.

La novedad de esta investigación radica en realizar por primera vez para el estado de Jaliscoun estudio de variabilidad climática de la sequía meteorológica. Por otra parte, se utilizará la base de datos CHIRPS, cuyos datos serán complementados con los datos proporcionados por la Red de Estaciones Climatológicas Convencionales de CONAGUA.

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de la investigación fue necesario consultar la red de estaciones climatológicas convencionales, perteneciente a CONAGUA. Se escogieron las que tuvieran almenos el 80% de los datos, de esta manera quedaron 86 de un total de 123

estaciones. También se utilizó la base de datos de dominio público conocida como CHIRPS; para establecer comparaciones con las estaciones de referencia, se utilizaron los píxeles que contenían dichas estaciones. Se definió como área de estudio para analizar el comportamiento de la variabilidad climática de la sequía meteorológica al estado de Jalisco, debido a la amplia zona de estudio se utilizó la regionalización del estado para agrupar de mejor forma los resultados (Figura 1).

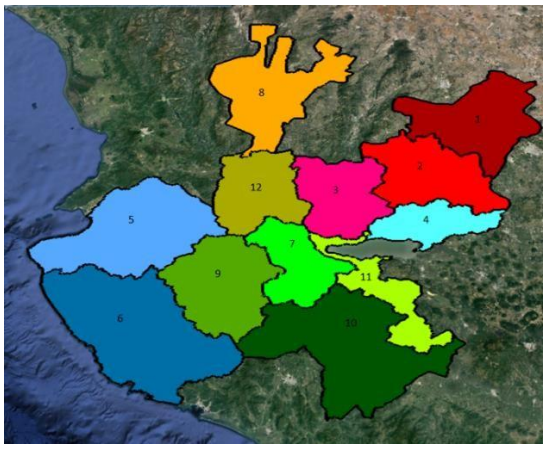


Figura 1. Regionalización del estado de Jalisco. 1-Altos Norte, 2-Altos Sur, 3-Centro, 4- Ciénega, 5- Sierra Occidental, 6-Costa Sur, 7-Lagunas, 8-Norte, 9-Sierra de Amula, 10- Sur,11-Sureste, 12- Valles.

Estadígrafos

Se tomaron dos medidas estadísticas para la evaluación de eficiencia de la base de datos CHIRPS: the bias (BIAS) y the root mean squared error (RMSE). Estos estadígrafos han sido ampliamente utilizados en investigaciones de este corte, mostrando resultados esclarecedores (Sharifi et al., 2016).

$$BIAS = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - Y_i)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - Y_i)^2}$$

N es el total de datos, Xi datos CHIRPS, Yi datos in situ, Fn es la frecuencia de X y F es la frecuencia de Y.

El BIAS indica si la base de datos sobreestima (>0) o subestima (<0) los indicadores en cuestión. Por su parte, el RMSE representa el error promedio, aunque no muestra la direcciónde la desviación.

Anomalías de precipitación

Por otra parte, se calcularon las anomalías mensuales y anuales correspondientes a cada unade las 87 estaciones. Para identificar la sequía se utilizaron las anomalías

negativas, tomandoa la sequía como una precipitación por debajo de la media. Según (Hurtado, 1996), con las anomalías de precipitación se puede determinar el rango de intensidad (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de la sequía según el porcentaje de anomalía obtenido.

Porcentaje de anomalías	Clasificación
20 % > I > -20%	Situación Normal
-20% >I >-40%	Sequía Moderada
-40% > I > -60%	Sequía Intensa
I < -60%	Sequía Extrema

Frecuencia y Área de cobertura

Se utilizó la frecuencia para identificar el porcentaje de años con sequía, y la fórmula de áreapara ver qué por ciento del territorio de Jalisco se encontraba con condiciones de sequía (Corrales-Suastegui et al. 2019). Para este análisis se utilizó los porcentajes de anomalías dela Tabla 3 para identificar el tipo de sequía en el territorio.

k

1

$$F = {}_{k}\sum(O_{c_k}) * 100, \qquad -$$

$i=1$

F= Frecuencia; O_{c_k}= Incidencia en el año.

El área de cobertura (Ar), donde p=número total de puntos de la cuadrícula:

$$A_{r_k} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}\left(O_{c_k^i}\right) * 100,$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de sequíaAnomalías

Con los valores de anomalía se realizaron una serie de mapas en GrADS donde se identificaron aquellos años que presentaban condiciones de sequía. Para tener una

mejor comprensión del evento, de dichos años se analizó el periodo seco del mismo y se tuvieron en cuenta cuando eran condiciones de sequía moderada, intensa y sequía extrema, a continuación, solo se muestran los años con condiciones intensas.

En el mapa correspondiente al año 1982 (figura 2), zonas pertenecientes a las regiones de alto Norte, Alto Sur, Costa Cierra Occidental y Costa Sur presentan condiciones de sequía moderada, mientras que un área perteneciente a la última de las regiones mencionadas presenta condiciones de sequía intensa. En el año 1997 y 1999 gran parte de la región de AltoNorte se vio afectada por sequía moderada pero una zona del mismo territorio en el último año mencionado presenta condiciones de sequía intensa.

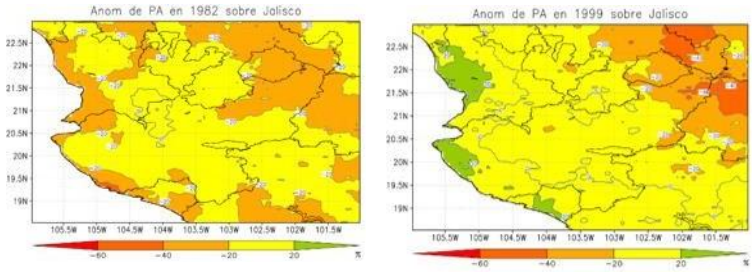


Figura 2. Mapas de anomalía anuales para 1982 y 1999.

En el 2009 una gran parte del estado presentó condiciones de sequía moderada, mientras que la región de Alto Sur presentó condiciones de intensa. Dichas condiciones prevalecieronen los años 2010 y 2011 como se observa en el mapa (Figura 3).

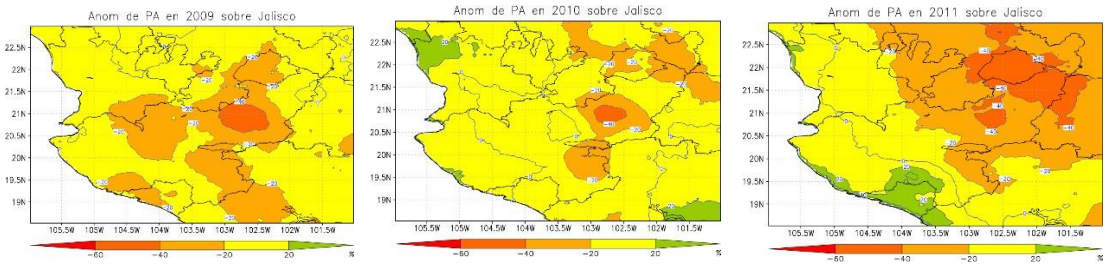


Figura 3. Mapas de anomalía anuales para 2009, 2010 y 2011.

En dichos años al realizar el análisis para el periodo seco se obtuvo que en el año 1982 prevalecieron condiciones de sequía extrema, abarcando una mayor área del estado para el año 1999. Al tener en cuenta esto, también fue necesario obtener los mapas para el periodo húmedo, donde para el año 1982 continuaron las condiciones

de sequía moderada, e intensapara pequeñas zonas de la región de Altos Norte y Costa Sur como se observa en la Figura 5. En 1999, solo se aprecia sequía moderada en la región de Altos Norte.

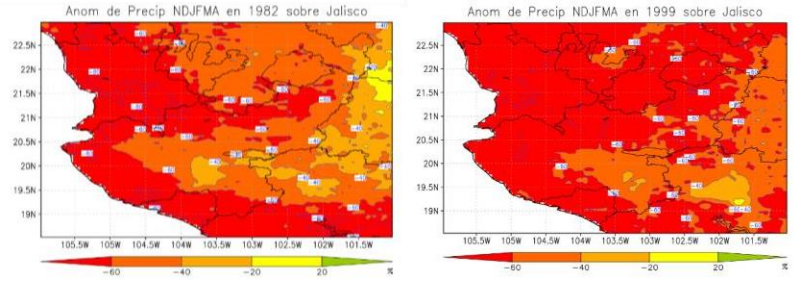


Figura 4. Mapas de anomalías para el periodo seco (1982 y 1999).

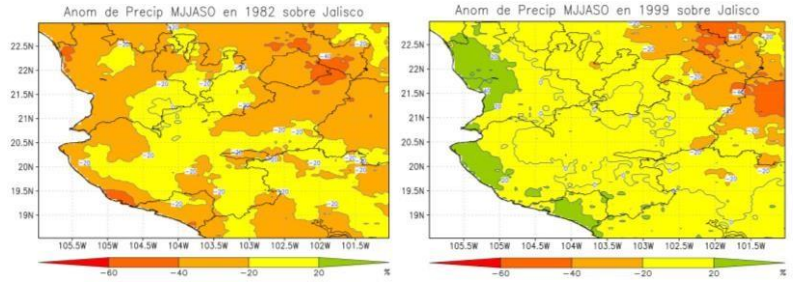


Figura 5. Mapas de anomalías para el periodo húmedo (1982 y 1999).

Ya para los años 2009 y 2011 el estado estuvo en condiciones de sequía extrema en su totalidad para los meses del periodo seco, mientras que en el año 2010 solo en la región de Ciénega es que se apreciaron condiciones extremas (Figura 6). En la Figura 7 se representanlos periodos húmedos correspondientes a dichos años y se aprecia que aun prevalecen condiciones de sequía en el territorio para dicho periodo.

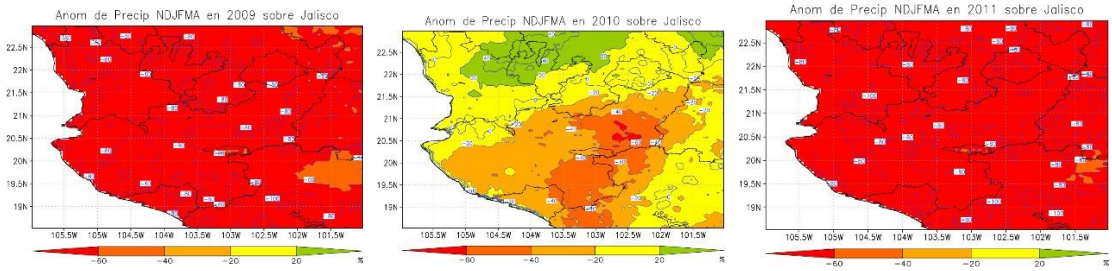


Figura 6. Mapas de anomalías para el periodo seco (2009, 2010 y 2011).

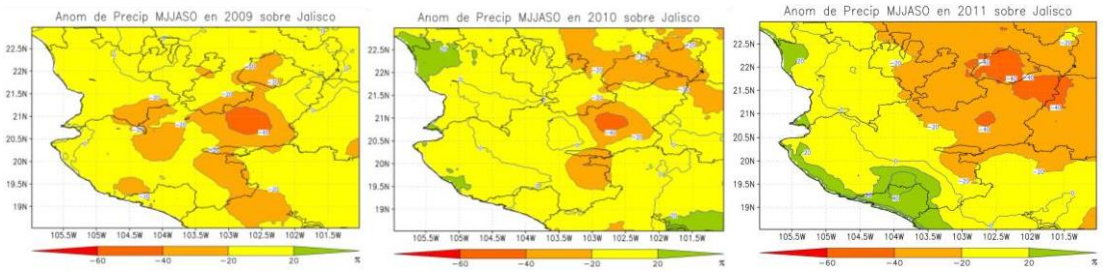


Figura 7. Mapas de anomalías para el periodo húmedo (2009, 2010 y 2011).

Anteriormente solo se presentaron los mapas de anomalías para el periodo seco y húmedo de aquellos años que como promedio presentaron condiciones de sequía moderada e intensa,pero del análisis de los meses correspondientes al periodo seco también destacaron con sequía extrema los años 1986, 1989, 1991, 1994, 1995, 2000, 2002, 2006 y 2008. Al analizarlos mapas del periodo húmedo para los años con sequía extrema, en general para todo el territorio hay condiciones normales, son los años 1989 y 1991 en los que hay ciertas zonas con condiciones de sequía moderada, mientras que, en los años 1994,1995, 2000 y 2002, solo una pequeña área presenta dichas condiciones. Otros años en el que el territorio de Jalisco presenta condiciones de sequía son el 2017,2018 y 2019 en el periodo seco, por otra parte, para el periodo húmedo, se observan condiciones normales del periodo.

Frecuencia y área de cobertura

En las Figuras 8 y 9 se muestran los mapas de frecuencia y área para el periodo poco lluvioso(noviembre-abril), respectivamente. En el primer caso, más del 30% (F>30%) de los años analizados sobre el territorio presentan condiciones normales de precipitación (-20< I < 20) (Figura 8a). Al variar el porcentaje de anomalía a -40 % se aprecia condiciones de sequía moderada en casi todo el territorio (Figura 8b) y las regiones de la costa son las que presentancondiciones de sequía intensa (Figura 8c). De la Figura 8 se observa que las regiones 5, 6, 8,9 y 12 (ver Figura 1) son más susceptibles a presentar episodios de sequía de moderada conuna frecuencia F > 25% a intensa F > 15%.

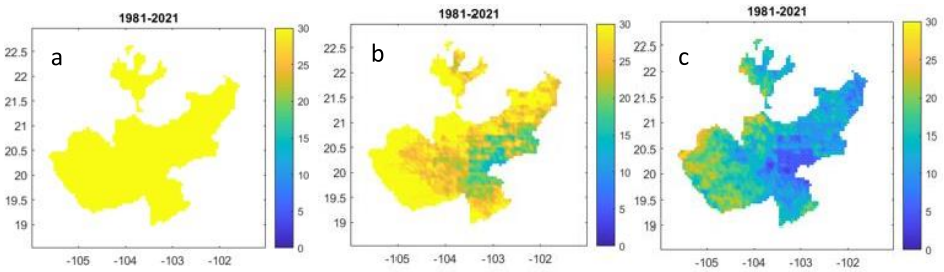


Figura 8. Mapas de frecuencia de condiciones normales (a), sequía moderada (b) y sequíaintensa (c).

El análisis del área de cobertura (Figura 9) muestra que, en concordancia con los mapas de anomalía obtenidos, los años en los que más del 80 % del territorio presentó condiciones de sequía intensa fueron el 2009 y 2011, mientras que en los años 1991 y 2000 más del 40% delterritorio estaba bajo dichas condiciones (Figura 9c). Por otra parte, condiciones de sequía modera presenta más del 80 % del estado en 7 de los años correspondientes al periodo de estudio como se aprecia en la imagen 9b.

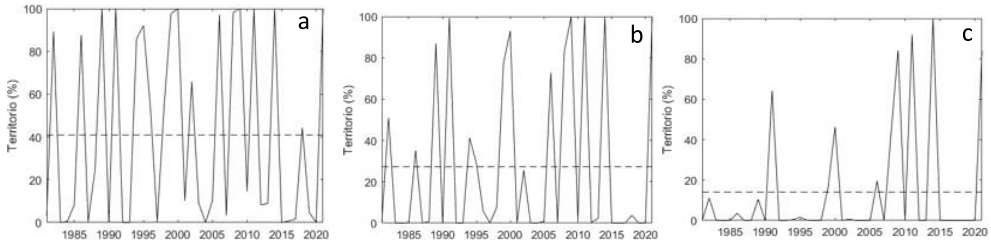


Figura 9. Gráficos de por ciento de área con de condiciones normales (a), sequía moderada (b) y sequía intensa (c) en el periodo de estudio.

CONCLUSIONES

CHIRPS es una adecuada herramienta para este tipo de estudios con alto grado de correlación con los datos de las estaciones de CONAGUA. En la mayoría de las regiones CHIRPS subestima la precipitación, aunque al aplicar la prueba t Student no resulta significativa en la mayoría de los casos. Gran parte del territorio de Jalisco presenta condiciones de sequía moderada a través de los años, siendo las regiones costeras y los altos, las que presentan condiciones de sequía extrema.

REFERENCIAS

Bautista Andalón, M., Durán Puga, N., & Contreras Uribe, R. O. (2013). Jalisco. Territorio y Ploblemas del Desarrollo. Jalisco, Mexico. Recuperado el 12 de mayo de 2022

Corrales-Suastegui A, Fuentes-Franco R, Pavia EG. The mid-summer drought over Mexico and Central America in the 21 st century. Int J Climatol. 2019;1-13. https://doi.org/10.1002/joc.6296

Hurtado, G. (1996). Estadísticas de sequía y heladas meteorológicas en Colombia.IDEAM,16.

Sharifi, E., Steinacker, R., & Saghafian, B. (2016). Assessment of GPM-IMERG and Other Precipitation Products against Gauge Data under Different Topographic and Climatic Conditions in Iran: Preliminary Results. Remote sens. 135.

Villanueva Díaz, J., Rubio Camacho, E. A., Chávez Durán, Á. A., Zavala Aguirre, J. L., CeranoParedes, J., & Martínez Sifuentes, A. R. (8 de marzo de 2018). Respuesta climática dePinus oocarpa Schiede Ex Schetol en el Bosque La Primavera, Jalisco. Madera bosques, 24(1). doi:https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411464



Producción Animal

CARBOHIDRATOS ESTRUCTURALES DE RESIDUOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECANERA CON POTENCIAL EN ALIMENTACION PARA GANADO CAPRINO

Reveles-Saucedo, Fanny Olivia[1*]; Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia[1]; Guerrero-Cervantes, Maribel[1]; Martínez-Valdéz, Ulises Manuel[2]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.
[2]Instituto Tecnológico Superior De Los Llanos. Calle Tecnológico No. 200 Oriente, Cd. Guadalupe Victoria, Dgo. C.P. 34700. Tel. (676)8823712.
****fannyors@yahoo.com.mx***

RESUMEN

Se evaluó el contenido de carbohidratos estructurales de fracciones de nuez pecanera de rechazo: cáscara de nuez (CN) y nuez sin cáscara (NSC), como indicadores de su potencial para la alimentación de cabras. Los datos obtenidos se sometieron a ANOVA usando un diseño completamente al azar y la comparación de medias mediante la Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey. El valor más alto y diferente ($p<0.01$) de lignina se observó en la CN (43.98%). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas ($p<0.01$) en los contenidos de hemicelulosa y celulosa entre la CN (5.79% y 31.50% respectivamente) y la NSC (2.79% y 23.86%). Los resultados encontrados en este estudio, sugieren que el potencial uso de la CN como ingrediente dietario en cabras, radicaría principalmente por su contenido de carbohidratos estructurales. La NSC, presentó así, valores de hemicelulosa y celulosa como componentes adicionales, con potencial para ser digerido por rumiantes. El posterior análisis de digestibilidad permitirá establecer la utilidad de la CN y NSC como ingredientes dietarios en la alimentación de cabras.

Palabras Clave nuez, cáscara de nuez, pecanera, carbohidratos estructurales

ABSTRACT

Structural carbohydrates from rejected pecan nut were evaluated as indicators of its potential use for feeding goats. The samples were nutshell (CN) and shelled rejected nut (NSC). Analysis of variance was performed using a Complete Randomized Design and means comparison by the Honest Significant Difference of Tukey. CN had the highest and different ($p<0.01$) lignin value (43.98%). However, there were not differences ($p<0.01$) of hemicellulose

and cellulose data among the samples CN (5.79% and 31.50% respectively) and NSC (2.79% and 23.86%). The potential use of CN like feed stuff for goats is based on its fiber compounds. Hemicellulose and cellulose contents of NSC reported, improve the potential use of this sample like a feedstuff for ruminants. The next analysis of digestibility will allow knowing its usefulness in the goats feeding.

Key words nut, nutshell, pecan, structural carbohydrates

INTRODUCCIÓN

El incremento constante de los costo en los ingredientes dietarios para alimentación animal y su limitada disponibilidad, han obligado a los productores e investigadores, usar ingredientes alternativos sub aprovechados, para mantener y mejorar la productividad pecuaria. Entre los procesos agroindustriales que generan residuos sub aprovechados, se incluye la producción de nuez pecanera. En años recientes, la producción nacional se concentra en los Estados correspondientes al norte del país, como son Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Nuevo León, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Aguascalientes y Oaxaca. La superficie cultivada para este fin así como la producción obtenida se incrementan constantemente. Por ejemplo, en el año de 2018 se produjeron 159,535 ton de nuez Pecanera, correspondiendo a una superficie sembrada en México para este fin, del 8.2% de la producción mundial que se destina a su cultivo (SIAP, 2018). En el año 2020, los Estados nogaleros, contribuyeron a que a nivel nacional, se produjeran 176,849.05 ton. Específicamente el Estado de Durango, en ese mismo año, utilizó una superficie de siembra de 7,443.74 ha, reportando 6,091.69 ha cosechadas con una producción de 7,594.55 ton de nuez (rendimiento: 1.25 udm/ha). Mientras que en el año 2022, la superficie sembrada se incrementó a 8,557.78 ha y la cosechada 6,876.78 ha, alcanzando también, una producción mayor correspondiente a 9,143.64 ton de este producto. Lo anterior permitió un rendimiento de 1.33 udm/ha (SIAP, 2023). Tanto la nuez entera (con cáscara) como la nuez sin cáscara tienen gran mercado.

En este último producto, no sólo se elimina cáscara como desecho, ya que desde el cultivo hasta la venta del producto, se generan gran cantidad de residuos como son: hojarasca, vaina, cáscara con residuos de nuez, nuez dañada, así como nuez sin cáscara entera o troceada con características no aptas para su venta. La acumulación de estos desechos puede ser problemático por falta de un uso posterior. Aunque en algunas regiones, por ejemplo, la cáscara de nuez se utiliza como relleno de caminos y como abrasivo para metales, su uso no es suficiente. Se estima que del 45–50 % del peso total del fruto es cáscara, la cual queda expuesta a cielo abierto resultando en un contaminante potencial (SAGARPA, 2012). Se

considera que este desecho tiene un alto contenido de compuestos bioactivos con valor en el mercado para fines alimentarios, cosméticos o farmacéuticos, pero falta darle una aplicación (Moncayo *et al*., 2018). La cáscara de nuez, así como los residuos considerados también como desechos, pueden tener potencial como ingredientes dietarios en rumiantes, especialmente en ganado caprino, donde se ha observado empíricamente un gusto por este tipo de especie vegetal. No obstante, en la Región no se cuenta con estadísticas acerca de la cantidad de desechos generada, datos de caracterización química, fracción de fibras ni porcentajes de digestibilidad que presentan. Por ello, después de evaluar la composición químico proximal, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de carbohidratos estructurales de desechos de nuez pecanera con potencial en alimentación para ganado caprino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en el kilómetro 11.5 de la Carretera Durango-Mezquital, ubicada en los 24º 10´ 00´´ N y 104º 40´00´´ O a una altitud de 1890 msnm (INEGI, 1995).

Las muestras de nuez se recolectaron en diversas nogaleras distribuidas en el Municipio de Durango, Dgo. Para fines de este trabajo de investigación, se analizaron fracciones de nuez de desecho: cáscara de nuez (CN) y su fruto la nuez sin cáscara (NSC). Las muestras se llevaron al laboratorio para ser deshidratadas en un Horno FE-291D FELISA a 55 °C durante 5 días hasta peso constante. Posteriormente se molieron en el Molino THOMAS- Wiley Laboratory Mill Modelo 4, hasta obtener la muestra aproximadamente con un tamaño de partícula de 1 mm diámetro.

El contenido de carbohidratos estructurales celulosa, hemicelulosa y lignina se determinaron mediante las metodologías de fibras detergentes y lignina digestión ácida desarrolladas por Van Soest y colaboradores (1991). Se utilizó para ello el equipo analizador de fibras ANKOM 200/220.

Las variables evaluadas fueron los porcentajes en base seca de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina digestión ácida (LDA), hemicelulosa, celulosa y lignina. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC

GLM del programa estadístico Minitab (2019). La comparación de medias se realizó usando la Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) entre las muestras en la mayoría de las variables evaluadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de carbohidratos estructurales de las muestras evaluadas (% en base seca).

Muestras	*FDN	*FDA	*LDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina
Cascara de Nuez	81.27[a] ± 1.05	75.48[a] ± 1.16	43.98[a] ± 0.34	5.79[a] ± 1.73	31.50[a] ± 0.84	43.98[a] ± 0.34
Nuez sin Cáscara	42.79[b] ± 1.74	39.99[b] ± 0.96	16.13[b] ± 4.44	2.79[a] ± 1.52	23.86[a] ± 4.06	16.13[b] ± 4.44

*FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente ácida, LDA= lignina digestión ácida.
[a-c] Literales diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p<0.05$).

Es importante la determinar la fracción FDN ya que comprende la parte del alimento incompletamente digerible. En este análisis se recupera casi en su totalidad las paredes celulares de las muestras (Kirk y Sawyer, 1991). Aunque este método no es recomendado para materiales altos en proteínas, grasa ó bajos en fibra, la NSC también incluye porcentajes de componentes fibrosos, necesarios para determinar. La CN mostró el porcentaje mayor y diferente ($p<0.1$) de FDN (81.27 %). Este valor fue superior a lo reportado (44.4%) por Ramírez y colaboradores (1986), y al encontrado por la NSC (42.79%). Estos datos corresponden con ingredientes considerados fibrosos.

La fracción FDA incluye los carbohidratos estructurales celulosa y lignina de las paredes celulares vegetales, comprende también cantidades variables de xilanos, entre otros componentes (Kirk y Sawyer, 1991). En este estudio, en las fracciones FDA y LDA de las muestras evaluadas, se observó el mismo comportamiento del contenido de FDN. Los valores

más altos de FDA y LDA los tuvo la CN (75.48% y 43.98%, respectivamente) seguido de NSC (39.99 % y 16.13%, respectivamente). Los valores de FDA y LDA de la CN fueron mayores a lo reportado por Ramírez y colaboradores (1986), quienes obtuvieron 24.3 % para la FDA y 12.2 % en la LDA, diferencias que pueden haberse debido a las especies evaluadas.

Los altos valores de lignina presentados por la CN (43.98%) y NSC (16.13%), indican una limitante para la digestibilidad de estas muestras. Lo anterior puede contrarrestarse con los contenidos, también presentes, de lípidos poli insaturados, proteína y en este particular, celulosa y hemicelulosa. Aunque la CN numéricamente tuvo mayores porcentajes de hemicelulosa (5.79%) y celulosa (31.50%), no hubo diferencias estadísticas ($p<0.05$) en comparación a la NSC. Para la cáscara de nuez, autores como Parodi (2016), han reportado contenidos de hemicelulosa (13.2%) y celulosa (60.2%) más altos, y menor valor de lignina (18.6%) al encontrado en este estudio. Estas diferencias pueden deberse a diferentes factores, como son la variedad de la nuez, etapa de maduración, recolección y almacenamiento, así como a variaciones en la ejecución de las técnicas.

El estudio de este tipo de ingredientes continuará, hasta el momento, los contenidos de hemicelulosa y celulosa encontrados en el presente estudio, son un indicativo del potencial de digestibilidad de las muestras para rumiantes. Lo anterior, especialmente para animales de importancia como las cabras, las cuales manifiestan un mayor gusto por vegetación poco palatable, en comparación con los bovinos.

CONCLUSIONES

El valor más alto y diferente de lignina se observó en la CN. Sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas en los contenidos de hemicelulosa y celulosa entre la CN y la NSC. Los resultados encontrados sugieren que el uso potencial de la cáscara de nuez como ingrediente dietario en rumiantes radicaría principalmente por su contenido de carbohidratos estructurales. La NSC, presentó en sus contenidos de hemicelulosa y celulosa, otros componentes incluidos en ella, con potencial para ser digerida por rumiantes. El posterior análisis de digestibilidad permitirá establecer la utilidad de la CN y NSC como ingredientes dietarios en la alimentación de cabras.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1995. Anuario estadístico del Estado de Durango. Edición 1995. México. Consultado el 4 de Octubre de 2021.

Kir, R., y Sawyer, R. 1991. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Novena edición, Logman Scientific and Technical, Essex.

Moncayo, L. M. del R., Reyes, M.A., Carrillo, I.M.L. 2018. Aprovechamiento De Subproductos Agronómicos. *Revista Académica de Investigación TLATEMOANI*, *29*, 115–127. http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html

Parodi, D. 2016. Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez. 1-160.

Ramirez, R. G., Kiesling, H. E., Galyean, M. L., & Miller, D. D. (1986). Influence of Pecan Shells and Hulls as a Roughage Source on Milk Production, Rumen Fermentation, and Digestion in Ruminants. *Journal of Dairy Science*, *69*(5), 1355–1365. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80542-2

SAGARPA. 2012. *México, entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial.* https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/558/3474

Shimada, A.S. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Editor Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Informe del sistema producto nuez. 2018. Informe del sistema producto nuez. Pp 187.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Informe del sistema producto nuez. 2023. Consultado el 10 de Agosto del 2023. nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Van Soest, P.J., Roberson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

.

COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE ESPECIES DE HUIZACHE DEL MUNICIPIO DE DURANGO COMO ALIMENTO DE RUMIANTES

Torres-Velázquez, Diana Sofía [1]; Murillo-Ortiz, Manuel [2]; Araiza-Ponce, Karina [2]; Páez-Lerma, Jesús Bernardo [3]; Reyes-Jáquez, Damián [3]

[1]CONACYT – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. al Mezquital Km 11.5. Durango, Dgo. México. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. al Mezquital Km 11.5. Durango, Dgo. México.[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya. Durango, Dgo. México.

torresofia@gmail.com

RESUMEN

El uso de fuentes de alimentación no convencionales ha sido señalado como un elemento clave para afrontar la problemática actual derivada del cambio climático y escases de alimentos que demanda el establecimiento de nuevos sistemas sustentables de alimentación de los rumiantes. Leguminosas, como el huizache representan posibles fuentes alternativas. El objetivo de este trabajo fue valuar el potencial nutricional para rumiantes y de reducción de emisiones de metano de especies de huizache abundantes en Estado de Durango, México. Para ello, muestras de hoja y vaina de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* fueron caracterizadas incluyendo determinaciones de proteína cruda, fibras, carbohidratos no estructurales, digestibilidad y producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro*. De acuerdo con los resultados, el contenido de proteína fue mayor al del forraje control (heno de alfalfa) en las muestras de hojas. Las muestras de vaina presentaron una digestibilidad mayor que las hojas, y una producción de gas sin diferencia significativa con el forraje control. Todas las muestras mostraron una producción homogénea de metano. La vaina de *A. schaffneri* fue la especie con la mayor relación CO_2:CH_4. Se concluye que tanto hojas como vainas presentan potencial de reducción de emisiones de metano y contenidos de proteína y fibra aceptables. Dentro de las muestras evaluadas, la vaina de *A. schaffneri* y la hoja de *A. farnesiana* mostraron mayor potencial para ser incluidas en la dieta de rumiantes.

Palabras clave: *Acacia farnesiana, Acacia schaffneri*, hojas, vainas.

ABSTRACT

The use of non-conventional feed sources has been pointed out as a key element to face current issues derived from climate change and food shortages which demand the establishment of new sustainable feeding systems for ruminant cattle. Legumes such as huisache represent possible alternative sources. The aim of this work was to evaluate the nutritional potential for ruminants and for reduction of methane emissions of huisache species abundant in the State of Durango, Mexico. Thus, leaf and pod samples of *Acacia farnesiana* and *Acacia schaffneri* were characterized including determinations of crude protein, fibers, nonstructural carbohydrates, *in vitro* digestibility, total gas and methane production. Results indicate that the protein content was higher than that of the high-quality forage in the leaf samples. The pod samples presented higher digestibility than the leaves, and gas production without significant difference with that of the high-quality forage. All the samples showed lower methane production. The *A. schaffneri* pod was the sample with the highest CO_2:CH_4 ratio. It is concluded that both leaves and pods have potential to reduce methane emissions and acceptable protein and fiber contents. Within the samples evaluated, *A. schaffneri* pods and *A. farnesiana* leaves showed greater potential to be included in the ruminant diet.

Key words: *Acacia farnesiana, Acacia schaffneri*, leaves, pods.

INTRODUCCION

El sector ganadero enfrenta actualmente retos importantes para suplir la creciente demanda de carne y leche, esto exige la implementación de sistemas de alimentación de calidad y bajo costo a la vez que se hace frente a las afectaciones derivadas del cambio climático, problemas de salud pública y competencia con la alimentación humana (FAO. 2019; Murillo *et al.,* 2019).

La producción de ganado implica la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y productos de la fermentación ruminal entérica, de los cuales el metano (CH_4) representa el 18% del total de emisiones de origen antropogénico. Numerosos estudios se han enfocado en la mitigación de este gas ya que su potencial de calentamiento global es 28 veces mayor que la del CO_2 (INECC, 2018).

Numerosos esfuerzos se han encaminado hacia el uso de plantas no convencionales para sustituir total o parcialmente a las usadas tradicionalmente como alimento para ganado, buscando mejorar la calidad de los forrajes (Ku-Vera *et al.,* 2020; Pámanes-Carrasco *et al.,* 2020).

En estados del norte de México dónde abundan zonas áridas y semiáridas, debido a la limitada disponibilidad de forraje nativo, se ha probado el uso de vegetación endémica (Herrera-Torres *et al.,* 2021; Araiza-Ponce *et al.,* 2020). Dentro de los arbustos, diversas especies de leguminosas como el huizache han sido propuestas en zonas que van desde tropicales hasta semisecas, ya que son frecuentemente aprovechadas por productores locales al poder ser consumidas a lo largo del año, además su uso tiene la ventaja de que metabolitos secundarios naturalmente presentes tengan efectos positivos de aditivos que de otro modo no serían costeables por la mayoría de los productores ganaderos (Cabrera-Núñez *et al*.,2019; Araiza Rosales *et al.,* 2022).

El Estado de Durango cuenta con una alta diversidad de leguminosas, dentro de ellas la subfamilia *Mimosoideae* incluye a los huizaches. La especie *Acacia schaffneri* (o huizache chino) es abundante y frecuentemente dominante en zonas de matorral y pastizal; otra especie, *Acacia farnesiana* suele ser más común en la región de las quebradas (Ruacho-González *et al.,* 2017). Araiza Rosales *et al.,* en 2022, tras un análisis exhaustivo de una serie de especies vegetales con potencial alimenticio encontró que el follaje de huizache de la especie *Acacia tortuosa* se encuentra dentro de aquellas con mayor contenido de proteína y menor producción de metano *in vitro*.

Por lo anterior, resulta relevante el continuar el estudio de especies de huizache y de los componentes de su follaje en la búsqueda de fuentes de alimentación alternativas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial nutricional para rumiantes y de reducción de emisiones de metano de especies de huizache abundantes en Estado de Durango, México.

MATERIALES Y METODOS

Los materiales fueron colectados en otoño de 2022, en dos zonas ubicadas en las inmediaciones de la ciudad de Durango con abundante vegetación de huizache. Se cortaron ramas de aproximadamente 1m de longitud a partir de arbustos seleccionados al azar y las

muestras fueron preparadas para su identificación. Las hojas y vainas fueron separadas manualmente y mezcladas en un pool por especie. Luego se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C por 48-72h hasta peso constante y fueron procesadas en un molino hasta un tamaño de malla de un 1mm.

Se determinaron materia seca (MS), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y proteína cruda (PC) de acuerdo con procedimientos propuestos por la AOAC (2010). Las fracciones de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LIG) fueron estimadas empleando un analizador de fibra ANKOM siguiendo las instrucciones del fabricante (ANKOM, 2020). Los carbohidratos no estructurales (CNE) fueron estimados empleando la siguiente ecuación; CNE=[100-(PC+EE+C+FDN)]. Los fenoles totales (FT) y taninos condensados (TC) se extrajeron y estimaron de acuerdo con lo reportado por Heimler *et al.* (2005). La digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó al medir la desaparición de la materia seca a las 48h a 39ºC con líquido ruminal y solución buffer en una relación 2:1, respectivamente de acuerdo con lo sugerido por ANKOM (2018).

Para la producción de gas y metano *in vitro* se siguió la metodología propuesta por Theodorou *et al*. (1994) con algunas modificaciones. Se mezclaron 0.5g de muestra con 60 mL de una de solución buffer y líquido ruminal en una relación 2:1 para incubación a 39ºC por 24h. El cambio de presión tras 24 horas de fermentación fue medido con un transductor de gas manual. La proporción de metano producido se calculó de acuerdo con lo reportado por Fievez *et al.* (2005).

El análisis estadístico se realizó empleando un diseño completamente al azar usando los procedimientos GLM del SAS. La comparación de medias fue desarrollada con la prueba de Tukey y las diferencias estadísticas fueron declaradas a $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan las especies identificadas y ubicación geográfica, así como número curatorial.

Tabla 1. Especies de huizache evaluadas en el presente estudio

Especie	Área de Recolección	Ubicación geográfica	Número curatorial
***Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn. Igual a *Acacia farnesiana* (L.) Willd.**	MÉXICO. Durango. Mpio. Durango.	23º59'0.9" N, -104º41'33.6" W, 1890 m.	CIIDIR 61064
***Vachellia schaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger. Igual a *Acacia schaffneri* (S. Watson)**	MÉXICO. Durango. Mpio. Durango.	23º59'38" N, -104º32'34" W, 1870 m.	CIIDIR 61065

Muestras identificadas por: Arturo Castro Castro- Herbario del CIIDIR-Unidad Durango

En la Tabla 2, se presentan los resultados del análisis de las especies evaluadas en comparación con un forraje de alta calidad (heno de alfalfa). El contenido de FDN en hojas de ambas especies no mostró diferencia significativa con el forraje control. Sin embargo, la DIVMS y producción de gas *in vitro* son menores; esto pudiera deberse a una mayor proporción de lignina que obstaculiza la degradación (Nguyen *et al.,* 2020). La hoja de *A. farnesiana* presentó mayores valores de digestibilidad y CO_2:CH_4.

La reducción de metano en todas las muestras evaluadas está probablemente asociada a una concentración mayor de compuestos fenólicos, ya que su presencia puede modificar la fermentación ruminal al reducir la digestión de las fibras y causar la inhibición de metanógenos (Sandoval-Pelcastre *et al.,* 2020). Además, un mayor porcentaje de carbohidratos no fibrosos puede reducir la síntesis de metano al disminuir el rango acetato:propionato en el rumen (Yanti y Yoyota, 2017), esto podría asociarse a los valores obtenidos en las especies de vaina, pero no para las hojas. Galindo- Blanco *et al.* (2018) señalan que a un mayor contenido de proteína se mejora el balance ruminal y se incrementa

la eficiencia de transformación del amoníaco en proteína microbiana, lo que implicaría menores costos energéticos por pérdidas de compuestos como el metano. Ambas especies de hoja mostraron valores significativamente superiores de proteína al del forraje control y a las reportadas por Araiza-Rosales *et al.* (2022) para *Acacia tortuosa*.

Tabla 2. Composición química, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción de gas *in vitro* de las especies vegetales experimentales[1]

	Hoja		**Vaina**		**Heno de**	
Muestra	***A. farnesiana***	***A. schaffneri***	***A. farnesiana***	***A. schaffneri***	**Alfalfa**	**EEM**
%MS	92.13±0.09c	85.07±0.55d	96.43±0.03a	94.87±0.49b	93.60±0.06cb	0.333
%MO	90.1±0.46c	91.7±0.001b	95.63±0.03a	95.47±0.03a	87.17±0.02d	0.208
%PC	19.23±0.37b	22.37±0.03a	18.43±0.78bc	10.7±0.58d	16.8±0.35c	0.419
%EE	1.73±0.09b	3.93±0.2a	1.13±0.03c	1.07±0.09c	1.47±0.07bc	0.112
%FDN	5.3±0.81a	52.67±1.47a	31.2±0.29b	34.8±0.23b	55.17±0.20a	0.774
%FDA	41.9±0.40a	32.3±0.40c	19.13±0.33d	22.27±0.09e	36.33±0.72b	0.414
%HEM	13.5±0.40b	20.33±1.88a	12.07±0.26b	12.53±0.15b	18.9±0.92a	0.962
%CEL	29.5±0.46a	23.23±0.37b	15.2±0.0001c	16.77±0.20c	30.97±0.55a	0.373
%LIG	11.77±0.26a	8.2±0.23b	3.8±0.12d	5.43±0.14c	4.3±0.12d	0.184
%CHOT	71.17±0.27c	58.77±0.32d	76.83±0.75b	83.1±0.52a	75.37±0.32b	0.472
%CNF	15.83±0.94b	6.1±1.79c	45.63±0.91a	48.27±0.32a	20.17±0.15b	1.004
DIVMS	40.78±1.85c	39.61±0.79c	63.71±1.10b	64.76±1.44b	75.94±0.78a	1.259
PG	80.55±4.03b	70.48±2.01b	104.72±8.06a	108.74±0.01a	120.53±0.27a	4.122
CH_4	5.23±0.37b	7.11±2.08b	9.37±1.87a	5.622±0.001b	13.07±1.87a	0.880
CO_2	75.32±4.23b	63.38±2.32b	95.35±7.30a	103.12±.001a	107.73±1.87a	4.033
CO_2:CH_4	14.62±1.73ab	10.49±2.81cb	11.18±2.58c	18.34±0.001a	8.6±1.2c	1.286
%FT	2.3±0.25b	2.71±0.10b	9.54±0.82a	10.54±0.47a	1.35±0.03b	0.439
%TC	1.56±0.02c	1.74±0.08ba	2.19±0.10a	1.71±0.22ba	1.1±0.02c	0.128

[1]Medias con diferentes literales en la misma hilera son diferentes estadísticamente (Tukey, $p<0.05$); PG= producción de gas en ml/g de sustrato; CH_4=ml de metano por gramo de sustrato; CO_2=ml de dióxido de carbono por gramo de sustrato; CO_2:CH_4=relación de ml de dióxido de carbono por ml de metano; FT=fenoles totales expresados en equivalentes de ácido gálico; TC=taninos condensados expresados en equivalentes de catequina. EEM=error estándar de la media.

Las muestras de vaina presentaron valores significativamente mayores al del resto de las muestras en CNF y FT, lo que podría explicar una mejor relación CO_2:CH_4 especialmente para la vaina de *A. schaffneri.* Los valores PC son aceptables considerando que se requiere de 8 a 10% de PC en la dieta de los rumiantes para un consumo y crecimiento adecuados (Nguyen *et al.,* 2020).

CONCLUSIONES

La inclusión en la dieta de elementos del follaje de las especies de huizache evaluadas podría ser como ingrediente de concentrados proteicos ya que el contenido de proteína es elevado y los valores de digestibilidad aceptables al mismo tiempo que representan potencial para la reducción de las emisiones de metano lo cual está probablemente asociado a los contenidos de fenoles. Dentro de las muestras evaluadas, la vaina de *A. schaffneri* representa el mayor potencial al tener la mayor digestibilidad *in vitro* y mayor relación CO_2:CH_4, mientras que la hoja de *A. farnesiana* presenta un alto contenido de proteína además de valores adecuados del resto de los parámetros nutricionales evaluados.

REFERENCIAS

ANKOM. 2018. RF Gas production system operator's manual. ANKOM Technology, USA.

ANKOM. 2020. Fiber analyzer operator's manual. ANKOM Technology, USA.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2010. Official method of Analysis. 18th Ed 3 rd Revision. Washington DC, USA. Association of Officiating Analytical Chemists. 2590 p. ISBN: 9780935584820

Araiza-Ponce, K.; Murillo-Ortiz M.; Herrera-Torres, E.; Valencia-Vázquez, R.; Carrete-Carreón, F.; Pámanes-Carrasco, G. 2020*. Leucaena leucocephala* and *Opuntia ficus*-indica reduce the ruminal methane production *in vitro*. Abanico Veterinario 10:1-13.

Araiza-Rosales E; Pámanes-Carrasco G; Sánchez-Arroyo J; Herrera-Torres E; Rosales-Castro M; Carrete-Carreón F. 2022. Caracterización nutricional y producción de gas de especies vegetales con potencial alimenticio para la alimentación de rumiantes. Revista MVZ Córdoba 27(2):e2142.

Arciniegas-Torres, S.P.; Flórez-Delgado, D.F. 2018. Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. Ciencia y Agricultura 15(2): 107-116. doi: 10.1953/01228420.v15.n2.2018.8687, ISSN 0122-8420.

Cabrera-Núñez, A.; Lammoglia-Villagomez, M.; Alarcón-Pulido, S.; Martínez-Sánchez, C.; Rojas-Ronquillo, R.; Velázquez-Jiménez, S. 2021. Fodder trees and shrubs used to feed cattle in northern Veracruz, Mexico. Abanico vet 9:1-12.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. FAO framework for the Urban Food Agenda. Rome. Consulta en línea: 20/07/2023.

Galindo-Blanco, J.; Rodríguez-García, I.; González-Ibarra, N.; García-López, R.; Herrera-Villafranca, M. 2018. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas- Pastos y Forrajes 41(4):273-280.

Heimler, D.; Vignolini, P.; Dini, M. G.; Romani, A. 2005. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. Journal of agricultural and food chemistry 53(8): 3053–3056.

Herrera-Torres, E.; Murillo-Ortiz, M.; Méndez, J.; Araiza-Rosales, E.; Reyes-Jáquez, D.; Pámanes-Carrasco, G. 2021. *In vitro* methane production and in situ degradability of prickly pear pretreated with yeast cultures. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24(100):1-8.

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2018. Sexta comunicación nacional y segundo reporte bienal de actualización ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Secretaria del Medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

Ku-Vera, J.C.; Jiménez-Ocampo, R.; Valencia-Salazar, S.S.; Montoya-Flores, M.D.; Molina-Botero, I.C.; Arango, J.; Gómez-Bravo, C.A.; Aguilar-Pérez, C.F.; Solorio-Sánchez, F.J. 2020. Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. Front. Vet. Sci. 7:584.

Murillo-Ortiz, M.; Herrera-Torres, E.; Paez-Lerma, J.; Ruiz, Ó.; Corral-Luna, A.; Pámanes-Carrasco, G. 2019. Digestive and Fermentative Dynamics in Steers Supplemented with Multi-nutrients Blocks Containing Fermented *Opuntia ficus*-indica. Animal Nutrition and Feed Technology 19: 395-404.

Nguyen, D.V. ; Vu, C.C. ; Nguyen, T.V. 2020. The Current Utilisation and Possible Treatments of Rice Straw as Ruminant Feed in Vietnam: A Review. Pakistan Journal of Nutrition 19(3): 91-104.

Pámanes-Carrasco, G.: Murillo-Ortíz, M.; Herrera-Torres, E.; Reyes-Jáquez, D. 2019. Climate Change mitigation in Livestock Production: Nonconventional Feedstuffs and Alternative Additives. In: Livestock Health and Farming; M. Abubakar (Ed.). Intechopen publishers. London, UK.

Ruacho-González, L.; López-Enríquez, I.L.; Acosta- Hernández, A. C.; Retana-Rentería, F.I. 2017. Las leguminosas (familia Fabaceae). En: La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. Hernández, P.; Sánchez-Galván, J.; Valero-Padilla, J.; Melgarejo, E.; Nájera-Cordero, K.; Cruz-Medina, J.; López-Higareda, D. (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. pp. 357-364. IBSN: 987-607-8328-95-6.

Sandoval-Pelcastre, A.; Ramírez-Mella, M.; Rodriguez-Avila, N. y Martínez, B. 2020. Tropical trees and shrubs with potential to reduce the production of methane in ruminants. Tropical and Subtropical Agroecosystems 23:33.

Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; McAllan, A.B.; France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Anim Feed Sci Technol. 48:185-197.

Yanti, Y.; Yayota, M. 2017. Agricultural by-products as feed for ruminants in tropical area: nutritive value and mitigating methane emission. Reviews in Agricultural Science 5: 65-76.

CONSUMO DE ALIMENTO INICIADOR EN BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN SUPLEMENTADAS CON AGUA ELECTROLIZADA

STARTER FEED INTAKE IN HOLSTEIN DAIRY CALVES SUPPLEMENTED WITH ELECTROLYZED WATER

Ramiro González Avalos,[1*] Blanca Patricia Peña Revuelta[1], Juan Manuel Guillen Muñoz[2], José González Avalos[3], Reyna Roxana Guillen Enríquez[4]

Profesor investigador del departamento de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México, Profesor investigador del departamento de Ciencias Médico Veterinarias, [3] Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México, [4]Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México *jaliscorga@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el consumo de alimento iniciador en becerras lecheras Holstein suplementadas con agua electrolizada. Se utilizaron dos tratamientos: T1= testigo, T2= 5mL de agua electrolizada por litro de leche respectivamente; en ambos tratamientos fue suministrado hasta los 60 días de vida de las crías. A cada cría se les suministraron 500 L de leche pasteurizada durante su lactancia. Se ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida. En ambos tratamientos la primera toma calostro se realizó durante las primeras dos h de vida, la segunda de cuatro a siete h posteriores a la primera. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando cada becerra como una unidad experimental. La variable evaluada fue consumo de alimento. No se observó diferencia estadística en el consumo de alimento entre los tratamientos evaluados. Se observó un mayor consumo de alimento en los animales donde se suministró el agua electrolizada.

Palabras clave: alimento, desarrollo, leche, reemplazo, salud

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the intake of starter feed in Holstein dairy calves supplemented with electrolyzed water. Two treatments were used: T1= control, T2= 5mL of electrolyzed water per liter of milk respectively; in both treatments it was supplied until 60 days of life of the pups. Each calf was given 500 L of pasteurized milk during lactation. Free access to water was offered from the second day of life. In both treatments, the first intake of colostrum was made during the first two hours of life, the second from four to seven hours after the first. Each treatment consisted of 20 repetitions considering each calf as an experimental unit. The evaluated variable was food consumption. No statistical difference was observed in feed consumption between the evaluated treatments. A higher feed intake was observed in the animals where the electrolyzed water was supplied.

Key words: food, development, milk, replacement, health

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimento es la variable más crítica que influye en el rendimiento animal porque determina la cantidad de nutrientes ingeridos y su disponibilidad para el mantenimiento y la producción. Por lo tanto, es necesaria una predicción precisa del consumo de alimento para desarrollar dietas balanceadas, evitar la alimentación insuficiente o excesiva, y para mejorar el uso de nutrientes y desempeño animal (NRC, 2001). La ingesta de alimento iniciador es importante para promover el desarrollo ruminal y la adaptación a futuras dietas sólidas, y también se utiliza como criterio para el destete de animales lecheros (Silper *et al*., 2014). También influye en la composición corporal, y en consecuencia en las necesidades de nutrientes (Silva *et al*., 2017).

La alimentación de los animales durante el período de predestete es crucial para todo el ciclo productivo del ganado lechero. La nutrición temprana no solo es importante para la programación metabólica de la becerra lechera (Opsomer *et al*., 2016), sino que la transición del consumo de alimento a base de leche a uno más sólido durante el período de predestete marca el rumbo para el desarrollo adecuado y la salud del animal. De hecho, el consumo temprano y alto de alimentos sólidos mantiene el rendimiento de crecimiento de los becerros lecheros al tiempo que promueve el desarrollo del tracto digestivo, especialmente del rumen (Castells *et al*., 2013; Khan *et al*., 2016). Es importante mencionar que conforme se alimenta más cantidad de dieta líquida, el consumo de alimento iniciador

disminuye y un bajo consumo de éste se ha asociado con una disminución en la tasa de desarrollo y funcionalidad del rumen, lo que podría favorecer con el deterioro en la condición corporal de los animales cuando son destetados y alimentados con algún tipo de forraje (Davis *et al*., 2011).

También se ha observado que tiene un efecto positivo en el establecimiento y actividad de los microorganismos ruminales (Nocek *et al*., 1984) y el desarrollo del epitelio ruminal, asociado con la mayor producción ruminal de butirato y propionato (Heinrichs, 2005). Para optimizar el crecimiento y reducir los problemas de salud en becerros lactantes, es necesario efectuar sistemas de alimentación que admitan cubrir sus necesidades nutricionales (Segura-Correa et al., 2008)

El agua electrolizada, posible alternativa al uso de cloro en la desinfección de agua y alimentos. El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (Cideteq) desarrolló un sistema generador de agua electrolizada de bajo costo, que permite el tratamiento y desinfección de aguas y alimentos como alternativa para reemplazar el uso del cloro (Cl). Esta tecnología se basa en celdas electrolíticas que transforman una solución de cloruro de sodio (NaCl) en ácido hipocloroso (HClO), con el objetivo de generar especies oxidantes para la desinfección de agua potable o residual en sustitución del gas cloro que se usa actualmente. Esta agua electrolizada se puede utilizar para potabilización del agua y desinfección de aguas residuales sanitarias e industriales, dependiendo del tamaño de las celdas que se requiera utilizar (Cideteq, 2018). Con base a lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo fue evaluar el consumo de alimento iniciador en becerras lecheras Holstein suplementadas con agua electrolizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló del 05 de noviembre 2020 al 30 de enero de 2021, en un establo del municipio de Delicias, en el estado de Chihuahua; se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11’ y 28° 11’ de latitud norte y los meridianos 105° 28’ y 105° 28’ de longitud oeste (INEGI 2009).

Se utilizó el calostro de primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto, utilizando un refractómetro de grados

Brix (Model- 1221 DeltaTrak®). El calostro con refractometria ≥24.5% de grados brix (Densidad de 80 mg•mL^{-1}de Ig) se combinó hasta acumular la cantidad de 15 L (un lote). Se pasteurizó, a una temperatura de 60°C, por 60 min, en un pasteurizador comercial (Rudder®). Después de pasteurizado, el calostro se colocó en bolsas de plástico para sellado al alto vacío de 20 x 30 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20 °C.< hasta su suministro a las crías. A cada cría se les suministraron 500 L de leche pasteurizada durante su lactancia durante los primeros 60 días de vida. Se ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida.

Para observar el efecto de la suplementación de agua electrolizada sobre el consumo de alimento iniciador se seleccionaron 40 becerras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue; se utilizaron dos tratamientos: T1= testigo, T2= 5mL de agua electrolizada (Bactoless Supra®) por litro de leche respectivamente; en ambos tratamientos fue suministrado hasta los 60 días de vida de las crías. En los dos tratamientos la primera toma de calostro se realizó durante las primeras dos h de vida, la segunda de cuatro a siete h posteriores a la primera. Se suministraron 2 L•toma, cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando cada becerra como una unidad experimental.

El concentrado iniciador (Cuadro 1) se administró diariamente por la mañana y de ser necesario se sirvió por la tarde. La variable evaluada fue consumo de concentrado. Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (EQM 200/400, Torrey ®), el consumo del alimento se medió a partir del día dos de vida hasta el destete de las becerras 60 días.

Cuadro 1. Ingredientes del concentrado iniciador utilizado en la alimentación de las becerras.

Ingrediente		%*
Humedad	Max.	13 %
Proteína Cruda	Min.	21.50 %
Grasa Cruda	Min.	3.00 %
Fibra Cruda	Max.	8.00 %
Cenizas	Max.	7.00 %

*De acuerdo a la etiqueta del fabricante

El análisis estadístico para estimar el consumo de concentrado iniciador se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se empleó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística.

RESULTADOS

Respecto a los resultados de consumo de alimento iniciador en becerras suplementadas con agua electrolizada (Cuadro 2) no existe diferencia estadística entre tratamientos. Estos resultados son menores a los reportados por Rodríguez et al. (2013) en un estudio donde a las becerras se les suministro 4 L de leche por un período de 60 días, observaron consumos de 1,600 a 1,700 g entre los días 57 a 60 de vida. Esta situación permite analizar que animales que consumen mayores cantidades de dieta líquida demuestran satisfecha su necesidad de alimentación, por lo que no experimentan la necesidad de consumir alimento balanceado en mayor proporción.

Cuadro 2. Consumo promedio de alimento iniciador (g) de becerras lecheras Holstein suplementadas con agua electrolizada.

Tratamientos	**Días de vida**											
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**
Agua electrolizada	0	27	72	97	118	159	186	205	268	534	787	952
Testigo	0	30	71	87	112	155	183	198	259	517	779	939

Resultados similares reportan González et al. (2014), en becerras alimentadas con 6 litros de leche por un período de 50 días, consumos de 1,200 g/d durante los tres últimos días. Favela (2015), reporta consumos promedio durante los tres últimos días de 0.691 hasta 0.958 en becerras alimentadas con sustituto de leche en un período de 45 días de lactancia, estos resultados son superiores a los observados en el presente estudio.

Las becerras regularmente necesitan un par de semanas para iniciar a comer cantidades significativas del alimento iniciador. Pero eso no representa que no haya que ofrecer iniciador a las becerras durante las dos primeras semanas de vida. Consecuentemente,

toma por lo menos dos semanas para que las becerras coman suficiente iniciador para desarrollar el rumen suficientemente para que puedan ser destetadas. Si hay alguna interrupción en el consumo del iniciador, el desarrollo del rumen pueda atrasarse y la becerra podría no estar lista para el destete (Quigley 2001).

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las cuales fue desarrollado el presente estudio, permite concluir que la suplementación de agua electrolizada puede favorecer el incremento en el consumo de alimento iniciador en becerras lecheras Holstein. Por lo que se sugiere realizar otras investigaciones en relación a la suplementación del agua electrolizada y el desarrollo de los animales después del destete.

REFERENCIAS

Castells, L., Bach, A., Aris, A., y Terré, M. 2013. Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. J. Dairy Sci. 96:5226–5236.

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (Cideteq). 2018. El agua electrolizada, posible alternativa al uso de cloro en la desinfección de agua y alimentos. En línea: https://www.iagua.es/noticias/conacyt/agua-electrolizada-podria-reemplazar-uso-cloro#:~:text=El%20investigador%20em%C3%A9rito%20del%20Cideteq,con%20el%20objetivo%20de%20generar [Fecha de consulta 28 octubre 2020].

Davis, L., Vandehaar, M., Wolf, C., Liesman, J., Chapin, L. y Weber, M. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. J. Dairy Sci. 94:3554-3567.

González, A. R., Pérez, R. E., González, A. J., Ramos, A. J. F., Florentino, B. G., De la Cruz, A. F., Peña, R. B. P., y Núñez, G. L. E. 2014. Consumo de concentrado iniciador en becerras lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación líquida. Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.

Heinrichs, A. J. 2005. Rumen development in dairy calf. Advances in Dairy Technology. 17:179-187.

Khan, M. A., Bach, A., Weary, D. M., y von Keyserlingk, M. A. G. 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. J. Dairy Sci. 99:885-902.

Nocek, J., William, C., y Polan, C. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. J Dairy Sci. 67(2):334-343.

Nutrient Requirements Council (NRC) 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th revised edition. National Academy Press, Washington, DC, USA.

Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autonoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.

Opsomer, G., Van Eetvelde, M., Kamal, M., y Van Soom, A. 2016. Epidemiological evidence for metabolic programming in dairy cattle. Reprod. Fertil. Dev. 29:52-57.

Silva, A. L. 2017. Prediction of starter feed intake of preweaned dairy calves and effects of rumen undegradable protein on performance and digestive characteristics of dairy Holstein heifers. PhD thesis, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Quigley, J. 2001. Calf Note #09 – When is a calf ready to wean? [en línea] **<**http://www.calfnotes.com/**>** [fecha de consulta 25 de julio 2013]

Rodríguez, H. K., Valenzuela, J. N., Salazar, S. M. A., Núñez, H. G., y Villa, G. A. 2013. Ganancias diarias de peso de becerras Holstein durante la lactancia mantenidas bajo seguimiento del consumo de alimento concentrado. Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.

Segura-Correa, J., de las Heras-Torres, J., y Osorio-Arce, M. 2008. Crecimiento de becerros en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de México. Revista Científica. XVIII(2):170-174.

Silper, B. F., Lana, A. M. Q., Carvalho, A. U., Ferreira, C. S., Franzoni, A. P. S., Lima, J. A. M., Saturnino, H. M., Reis, R. B., y Coelho, S. G. 2014. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. J. Dairy Sci. 97:1016-1025.

EFECTO DEL NÚMERO DE PARTOS DE LAS CABRAS SOBRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO Y PROTEÍNA SÉRICA EN CABRITOS

Asucena Alta, Karen Y. Alfaro, Oscar Ángel-García, Fernando Arellano-Rodríguez, Alan S. Alvarado-Espino*

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. Col. Valle Verde, C.P. 27054. Torreón Coahuila México.

***Autor de correspondencia: alanalvaes@gmail.com**

RESUMEN

El calostro contiene una gran cantidad de nutrientes e inmunoglobulinas esenciales para satisfacer las demandas nutricionales y la función inmunológica de los cabritos. Sin embargo, diversos factores pueden influir en la calidad y la transferencia de inmunidad pasiva de las crías. El objetivo del presente estudio fue comparar la calidad del calostro y las concentraciones de proteína sérica total en cabritos de cabras multíparas y nulíparas. Se utilizaron nueve cabras multíparas y 11 nulíparas Alpina-Frances. Al momento del parto, se tomó una muestra de calostro para determinar las concentraciones de proteína, grasa, lactosa y solidos no grasos (SNF). A las crías se les permitió amamantarse a libre acceso y se tomó una muestra de sangre 24, 48 y 72 h después de la ingesta de calostro para determinar la concentración de proteína sérica total. No se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en el contenido de proteína, grasa y lactosa del calostro entre las cabras nulíparas y multíparas. Sin embargo, se observó una tendencia ($P=0.06$) en el contenido de SNF. Se observo una mayor concentración de proteína total sérica en los cabritos de las cabras nulíparas que en los nacidos de hembras multíparas. En conclusión, el número de partos no influyo en la calidad del calostro. Sin embargo, si afecto las concentraciones de proteína sérica total de los cabritos.

Palabras clave: Inmunoglobulinas, Refractometría, IgG

ABSTRACT

Colostrum contains a large amount of essential nutrients and immunoglobulins to meet the nutritional demands and immune function of kids. However, several factors can influence the quality and transfer of passive immunity of kid. The objective of the present study was to compare colostrum quality and total serum protein concentrations in kids of multiparous and nulliparous goats. Nine multiparous and 11 nulliparous goats Alpina-Frances were used. At parturition, a colostrum sample was taken to determine protein, fat, lactose, and solid-non-fat (SNF) concentrations. Kids were allowed free access to suckle and a blood sample was taken 24, 48 and 72 h after colostrum ingestion to determine total serum protein concentration. No significant differences (P>0.05) were observed in colostrum protein, fat, and lactose content between nulliparous and multiparous goats. However, a trend (P=0.06) was observed in the SNF content. A higher (P<0.0001) concentration of total serum protein was observed in the kids of the nulliparous goats than in those born of multiparous females. In conclusion, parity of goats did not influence the quality of colostrum. However, it did affect the total serum protein concentrations of the kids.

Key words: Immunoglobulins, Refractometry, IgG

INTRODUCCIÓN

El calostro contiene una gran cantidad de nutrientes, factores de crecimiento e inmunoglobulinas que son cruciales para satisfacer las demandas nutricionales, la función inmunológica y la salud de los cabritos. Un rasgo común entre los ungulados domesticados como las cabras, es su placenta epiteliocorial que previene la transferencia intrauterina de inmunoglobulinas, lo que da lugar a neonatos agammaglobulinémicos al nacer (Kessler et al., 2021). Es por ello que los cabritos deben ingerir calostro en cantidad y calidad suficiente lo antes posible después del nacimiento. Los cabritos que no han recibido la ingesta adecuada de calostro pueden experimentar efectos perjudiciales en términos de crecimiento y supervivencia (Romero et al., 2013). Diversos factores pueden afectar la calidad, cantidad y composición del calostro como la edad, número de partos, época del año y numero de crías (Zhou et al., 2023). El objetivo del presente estudio fue comparar la calidad del calostro y las concentraciones de proteína sérica total en cabritos de cabras multíparas y nulíparas.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en un hato de cabras estabuladas localizado en la Comarca Lagunera de Coahuila (25° N) en abril. La región se caracteriza por presentar un clima árido-semiárido, con una precipitación y temperatura media anual de 260 mm y 19.0 °C, respectivamente (CONAGUA, 2018).

Manejo de los animales y tratamientos

Se utilizaron 9 cabras multíparas y 11 nulíparas de raza Alpina-Frances. Las cabras fueron alimentadas con heno de alfalfa de acuerdo a sus requerimientos nutricionales. El agua y los minerales fueron proporcionados a libre acceso. Las cabras fueron sincronizadas con dos dosis de prostaglandina F2α durante la época natural de reproducción. El empadre se realizó con monta natural y 30 días después del empadre se determinó la preñez. Díez días antes de la fecha probable de parto las cabras fueron monitoreadas tres veces al día hasta el parto. Inmediatamente después del parto, se tomó una muestra de calostro directamente del pezón previamente desinfectado. La muestra de calostro se recolecto mediante ordeña manual en tubos cónicos de 15 mL y llevado al laboratorio para su análisis. Luego de la toma de muestra se le permitió tomar calostro a libre acceso a las crías. A todas las crías se les tomo una muestra de sangre de la yugular cada 24 h durante tres días iniciando 24 h después de la toma de calostro. Las muestras fueron recolectadas en tubos vacutainer sin anticoagulante y almacenadas a temperatura ambiente hasta su análisis.

Análisis de calostro

Para determinar la calidad de calostro se utilizó un LactiCheck (LC-01 RR, Page and Pedersen International, Ltd., Hopkinton, MA, EE. UU.), después de la calibración para leche de cabra, como lo indica el fabricante. Las variables evaluadas fueron grasa (FAT, %), proteína (PROT, %), lactosa (LAC), %), sólidos no grasos (SNF, %).

Proteína sérica total

Las muestras de sangre se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 min para separar el suero. La proteína total se analizó con un refractómetro óptico (Refractómetro Veterinario HT312ATC) de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Análisis estadístico

Todas las variables fueron analizadas mediante un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS. El contenido de proteína sérica se evaluado mediante el procedimiento MIXED de SAS considerando la edad de las madres, el tiempo y la interacción edad*tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de calostro se muestra en el Cuadro 1. No se observaron diferencias significativas (P>0.05) en el contenido de PROT, FAT y LAC de calostro entre las cabras nulíparas y multíparas. Sin embargo, se observó una tendencia (P=0.06) en el contenido de SNF. Los resultados del presente estudio son similares a los reportados por Argüello et al. (2006) en los que el número de partos ni la prolificidad influyen en la calidad del calostro en cabras. Sin embargo, difieren a los reportados en cabras Murciano-Granadina en las que la proteína y la lactosa fueron mayores en las cabras primíparas que en las multíparas (Romero et al., 2013). Los resultados obtenidos pueden deberse a que la producción de leche es menor en las cabras primíparas que en las multíparas, y puede producir un efecto de concentración de sus componentes (Romero et al., 2013). Sin embargo, en el presente estudio no se determinó la cantidad de calostro.

Cuadro 1. Contenido del calostro obtenido de cabras nulíparas y multíparas Alpina-Frances

	Proteína	Grasa	Lactosa	SNF
Nulíparas	6.7 ± 2.7	7.7 ± 3.8	2.6 ± 1.2	10.6 ± 3.8
Multíparas	9.4 ± 5.2	10.7 ± 4.0	2.7 ± 1.0	13.8 ± 3.5
Valor P	0.18	0.10	0.77	0.06

SNF= solidos no grasos

Las concentraciones de proteína sérica total es un indicador económico y práctico para determinar indirectamente el éxito de la transferencia de inmunidad pasiva en cabritos y corderos (Alves et al., 2015; Batmaz et al., 2019). En la Figura 1 se muestran los niveles de

proteína sérica en los cabritos 24, 48 y 72 h después del consumo de calostro. Aunque algunos autores mencionan que el número de partos no influye en las concentraciones de proteína sérica de las crías (Alves et al., 2015), en nuestro estudio se observo una mayor concentración de proteína total sérica en los cabritos de las cabras nulíparas que en los nacidos de hembras multíparas, diversos factores pueden influir en la cantidad de PT tales como, la calidad del calostro, peso, número y sexo de las crías y distocia (Batmaz et al., 2019).

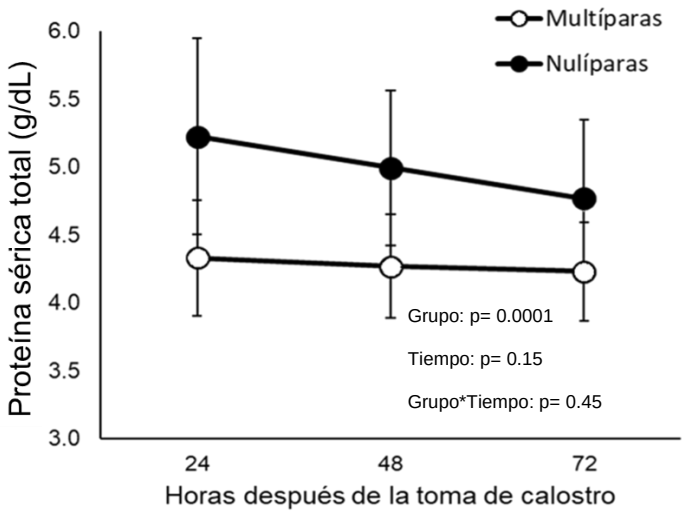


Figura 1. Cantidad de proteína sérica en crías de cabras nulíparas y multíparas a las 24 h, 42 h y 72 h después del consumo de calostro.

CONCLUSIÓN

La calidad del calostro en cuanto a proteína, grasa, lactosa y solidos no grasos no difirió en cabras multíparas y nulíparas. Sin embargo, las concentraciones de proteína sérica total de los cabritos fueron diferente con respecto al número de partos de las cabras.

REFERENCIAS

Alves, A. C., Alves, N. G., Ascari, I. J., Junqueira, F. B., Coutinho, A. S., Lima, R. R., Pérez, J.R.O., De Paula, S.O., Furusho-García, I.F., & Abreu, L. R. (2015). Colostrum composition of Santa Inês sheep and passive transfer of immunity to lambs. Journal of Dairy science, 98(6), 3706-3716.

Argüello, A., Castro, N., Alvarez, S., & Capote, J. (2006). Effects of the number of lactations and litter size on chemical composition and physical characteristics of goat colostrum. Small Ruminant Research, 64(1-2), 53-59.

Batmaz, H., Kaçar, Y., Topal, O., Mecitoğlu, Z., Gümüşsoy, K. S., & Kaya, F. (2019). Evaluation of passive transfer in goat kids with Brix refractometer and comparison with other semiquantitative tests. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 43(5), 596-602.

Kessler, E. C., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2021). Comparative estimation of colostrum quality by Brix refractometry in bovine, caprine, and ovine colostrum. Journal of dairy science, 104(2), 2438-2444.

Romero, T., Beltrán, M. C., Rodríguez, M., De Olives, A. M., & Molina, M. P. (2013). Goat colostrum quality: Litter size and lactation number effects. Journal of dairy science, 96(12), 7526-7531.

Zhou, A., Liu, G., & Jiang, X. (2023). Characteristic of the components and the metabolism mechanism of goat colostrum: a review. Animal Biotechnology, 1-12.

EFECTO DEL USO DE AGUA TRATADA MEDIANTE OSMOSIS INVERSA EN LA CRÍA DE BECERRAS HOLSTEIN

EFFECT OF THE USE OF WATER TREATED BY REVERSE OSMOSIS ON HOLSTEIN CALF BREEDING

Macias-Ortiz Edgar Jesus[2 *], Ramirez-Uranga Karla Quetzalli[1], González-Avalos Ramiro[1].

[1] Profesor Investigador – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México.

[2] Estudiante de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón Coahuila México.

[*]Autor de correspondencia: maciasotz@hotmail.com

RESUMEN

La crianza de remplazos es un área fundamental en los sistemas de producción pecuarios. Cubrir las necesidades nutritivas es una prioridad en las becerras neonatas debido a la vulnerabilidad que presentan durante las primeras semanas de vida. El agua es un nutriente esencial para poder llevar a cabo diversos procesos metabólicos, además, desempeña un papel fundamental en el desarrollo ruminal. Sin embargo, se suele pasar por alto la importancia en la calidad de este nutriente, por lo cual el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de ofrecer agua tratada mediante osmosis inversa en becerras Holstein sobre su ingesta y consumo de alimento iniciador. Se utilizaron 16 becerras con una edad promedio de 20 ± 1 día de vida, las cuales fueron divididas en dos grupos. Los grupos se conformaron de la siguiente manera: Grupo control (agua sin tratamiento) y Grupo O-Inv (agua tratada mediante osmosis inversa). Estos fueron alojados individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. En ambos grupos se suministraron 99 L de leche entera pasteurizada distribuida de la siguiente manera: 20 -24 4L/d, 25 – 34 5L/d, 35 – 45 3L/d, esta cantidad se suministró en una toma/día 08:00 am. Se observo diferencia estadística significativa (P≤ .05) en el consumo de agua a favor del Grupo O-Inv. En conclusión, mejorar la calidad de agua a través de sistemas de purificación puede ser una alternativa eficaz para aumentar el consumo y mejorar el bienestar animal.

Palabras claves: Bienestar animal, alimento iniciador, crianza.

ABSTRACT

Replacement calf rearing is a critical area in livestock production systems. Nutritional needs is a priority in neonatal calves because of their vulnerability during the first few weeks of life. Water is an essential nutrient for various metabolic processes and plays a critical role in rumen development. However, the importance of the quality of this nutrient is often overlooked. Therefore, the present study aims to evaluate the effect of offering water treated by reverse osmosis to Holstein calves on their intake and consumption of starter feed. Sixteen calves with an average age of 20 ± 1 day of life were divided into two groups. The groups were formed as follows: Control group (untreated water) and O-Inv group (water treated by reverse osmosis). These were housed individually in wooden cages previously washed and disinfected. In both groups 99 L of pasteurized whole milk were supplied as follows: 20 - 24 4L/d, 25 - 34 5L/d, 35 - 45 3L/d, this amount was supplied in one feeding/day at 08:00 am. A statistically significant difference (P≤0.05) was observed in water consumption in favor of Group O-Inv. In conclusion, improving water quality through purification systems can be an effective alternative to increase consumption and improve animal welfare.

Key words: Animal welfare, starter feed, breeding.

INTRODUCCIÓN

Las becerras neonatales son elementos fundamentales en los sistemas de producción bovino y deben criarse de manera que mantengan la salud, su bienestar y la capacidad de expresar todo su potencial genético. Al nacer, el sistema digestivo de los rumiantes está en desarrollo, por lo cual la ingesta de agua tiene un gran efecto sobre su rendimiento (Kertz *et al*., 1984). A pesar de su importancia y reconocimiento como nutriente esencial, el agua suele ser el eslabón más débil en las unidades de producción bovinas. Dentro de sus funciones biológicas están incluidas la regulación de la temperatura, digestión de alimentos y la producción (von Keyserlingk *et al*., 2016). Contribuye cerca del 80 % del peso corporal de las becerras recién nacidas de la raza Holstein (Wickramasinghe *et al*., 2019). Por lo tanto, si la ingesta de agua disminuye debido al acceso restringido o la mala calidad, esto puede generar un impacto negativo en el consumo de alimentos, producción, salud y el bienestar animal (von Keyserlingk *et al*., 2016). Según el Convenio Europeo para la Protección de los Animales en Crianza (1978), el acceso al agua es una de las principales

necesidades para garantizar el bienestar animal. Cuando se ofrece agua desde el nacimiento, las becerras beben una cantidad significativa de agua, lo que potencialmente podría mejorar el rendimiento del crecimiento, tanto antes como después del destete, esto posiblemente a través de un efecto positivo en el desarrollo del rumen y, por lo tanto, en la eficiencia de la utilización de nutrientes (Wickramasinghe *et al*., 2019). Sin embargo, este tipo de beneficios se pueden ver comprometido debido a la administración de agua de mala calidad (NRC, 2001). Los animales pueden detectar fácilmente una alta concentración de sólidos totales disueltos (STD), contaminación, sabores u olores (Patterson *et al*., 2004; Schütz *et al*., 2019; Senevirathne *et al*., 2021; Thomas *et al*., 2007). Considerando que los impactos negativos de una mala calidad de agua pueden perjudicar mayormente a los animales jóvenes, es pertinente proveer al productor de metodologías que incrementen la calidad del agua. Los sistemas de purificación juegan un papel importante como alternativas a este tipo de problemas (Senevirathne *et al*., 2018). El procesamiento de ósmosis inversa involucra el uso de una membrana semipermeable para eliminar partículas más grandes en el agua, incluidos algunos minerales y otras impurezas, para producir agua potable (Senevirathne *et al*., 2021). Suministrar agua de calidad adecuada, con características fisicoquímicas y microbiológicas idóneas es esencial para mantener la salud óptima del ganado y, por consiguiente, indispensable para optimizar la producción (Mcdonald *et al*., 2002).

En Torreón Coahuila México, se ubica una de las principales cuencas lecheras a nivel nacional, las principales fuentes de agua utilizadas en las unidades de producción en esta zona son las aguas superficiales o subterráneas. Actualmente esta zona del país está experimentando importantes problemas con la calidad de sus aguas, las cuales superan los límites permisibles de contaminantes y/o metales pesados estipulados en la legislación mexicana (Ortega-Morales *et al*., 2020). Se necesita de más investigación que evalúe la relación de la calidad del agua y su influencia en el desarrollo de becerras neonatas. Planteamos la hipótesis de que el suministro de agua tratada mediante osmosis inversa incrementara el consumo de agua durante el periodo de estudio. Por lo cual el objetivo de este trabajo es determinar el efecto del suministro de agua tratada mediante la técnica de osmosis inversa en becerras Holstein.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el periodo de crianza (del día 20-45) de cada animal seleccionado, en los meses de septiembre y octubre del año 2022 en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; este se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2016). Para evaluar el efecto del uso de agua tratada mediante osmosis inversa, se seleccionaron 16 becerras de 20 ± 1 d de vida, divididas en dos grupos mediante un diseño de bloques al azar, el criterio de bloqueo fue a través de la selección del peso al nacimiento. Al nacer las becerras fueron separadas de la madre y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Todos los animales sujetos a estudio recibieron una ingesta de calostro dentro de la primera hora de vida (4 L por toma, con una calidad de > 50 mg / mL de inmunoglobulina G. Los grupos se conformaron de la siguiente manera: Grupo control = agua de noria del establo y Grupo osmosis inversa (Grupo O-Inv) = agua tratada mediante osmosis inversa. En ambos grupos se suministraron 99 L de leche entera pasteurizada distribuida de la siguiente manera: 20 - 24 4L/d, 25 – 34 5L/d y 35 – 45 3L/d, esta cantidad se suministró en una toma/día (08:00 am). Se ofreció agua y alimento iniciador *ad libitum* durante todo el estudio. Para monitorear y cuantificar el consumo de agua se utilizó una jarra graduada de plástico de 5 L (Dimoba ®). El contenido de agua en la tina siempre estuvo disponible sobrepasando el cincuenta por ciento de su capacidad durante todo el estudio. Para determinar el consumo de alimento iniciador se utilizó una báscula electrónica digital (L-EQ 5 Torrey ®), el consumo del alimento iniciador se calculó por día (alimento ofrecido menos el alimento rechazado). El análisis estadístico para estimar el consumo de agua y alimento iniciador se realizó mediante un análisis de medias por t-student en el programa estadístico SYSTAT 12. Se utilizó el valor de $P \leq 0.05$ para considerar diferencia estadística significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de agua: De acuerdo con los resultados obtenidos en el consumo de agua (Figura 1), se observa una diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) a favor de las becerras del Grupo O-inv (semana 1,2 y 4). El consumo incremente de manera progresiva a medida que las becerras se acercaban a la etapa de destete. En promedio durante esta etapa las becerras de Grupo control consumieron 3 L/d, a su vez las becerras del Grupo experimento

obtuvieron un consumo promedio de 3.6 L/d, arrojando una diferencia de .600 L/d, obteniendo un total de 15 L. Esto es un buen indicativo ya que el agua es un factor fundamental en los procesos de digestión y aprovechamiento de los nutrientes, además de ser fundamental para llevar a cabo el desarrollo del rumen (von Keyserlingk *et al*., 2016) y ayuda a la colonización de la microbiota gastrointestinal (Wickramasinghe *et al*., 2020). Las becerras pueden tener una pérdida de agua del cuerpo debido a diversos factores como lo son la actividad física, temperatura ambiental, producción de orina, respiración y en un mayor volumen debido a los problemas de origen digestivo, lo que aparentemente es inevitable en muchas unidades de producción pecuarias (Hepola *et al*., 2008; Lardner *et a*l., 2013; Wickramasinghe *et al*., 2019). En ese sentido un consumo adecuado de agua puede favorecer en el estado de salud de las becerras durante las primeras semanas de vida las cuales son las mas criticas durante el pedido de crianza.

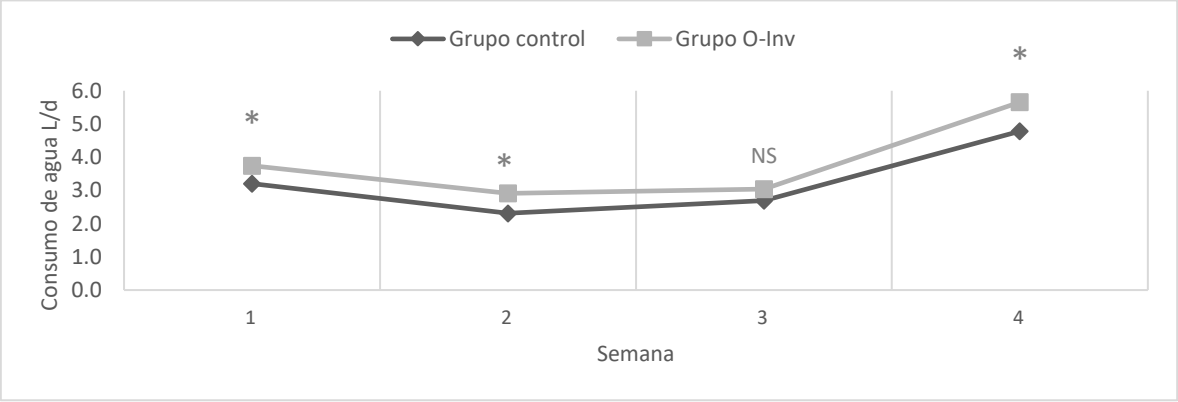


Figura 1. Promedios de consumo de agua en becerras Holstein que recibieron agua de noria del establo (Grupo control) o agua tratada mediante la técnica de osmosis inversa (Grupo O-Inv) durante 4 semanas de estudio. NS = no significativo. * indica diferencia estadística significativa entre grupos P ≤ 0.05.

Consumo de alimento iniciador: No se encontró diferencia significativa (P ≤ 0.05) respecto a los resultados obtenidos en la variable de consumo de alimento iniciador. Se observa un incremento de consumo en ambos grupos a medida que las becerras se aproximan al destete (Figura 2). Es importante identificar que a una mayor cantidad de consumo de alimento iniciador se incrementa a su vez la cantidad de consumo de agua (Broucek, 2019), esto se pudo identificar en el comportamiento de consumo en el presente estudio. En promedio las becerras de Grupo control consumieron .700 g/d, a su vez las becerras del

Grupo O-Inv obtuvieron un consumo promedio de .663 g/d. Para un destete optimo Quigley (1997) recomienda que la becerra consuma 1 kg de alimento iniciador por día durante 3 días consecutivos. Si analizamos los consumos de la última semana (Figura 2), ambos grupos cumplieron con este requisito. Los alimentos iniciadores, a diferencia de los forrajes, se proporcionan a las becerras jóvenes para obtener un alto consumo de materia seca y una posterior producción de AGV, principalmente propionato y butirato, los cuales promueven el rápido crecimiento de las papilas y el desarrollo del rumen (Klevenhusen *et al*., 2017; Suárez *et al*., 2006). Por lo tanto, si la ingesta de agua disminuye debido al acceso restringido o la mala calidad, esto puede genera un impacto negativo en el consumo de alimentos y su digestión.

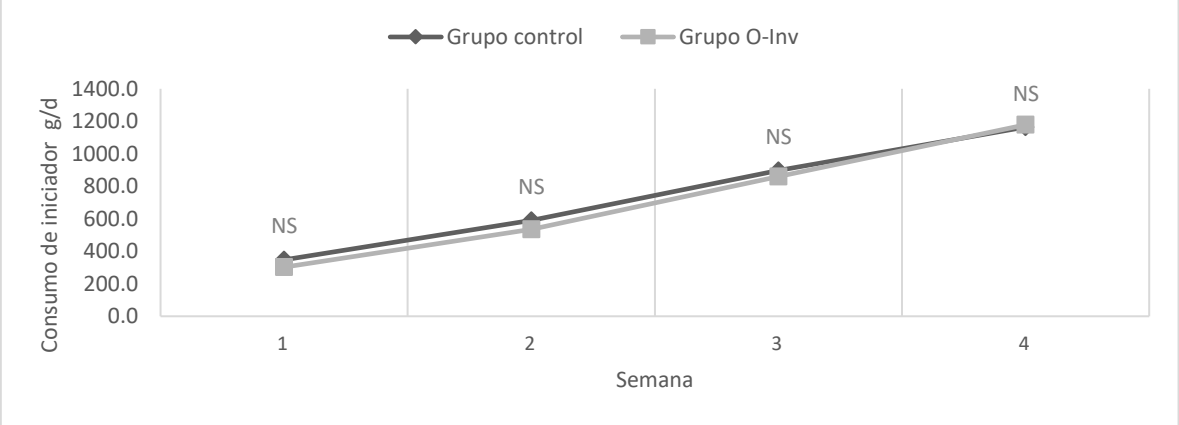


Figura 2. Promedios de consumo de alimento iniciador en becerras Holstein que recibieron agua de noria del establo (Grupo control) o agua tratada mediante la técnica de osmosis inversa (Grupo O-Inv) durante 4 semanas de estudio. NS = no significativo. * indica diferencia estadística significativa entre grupos $P \leq 0.05$.

CONCLUSIÓN

Las becerras del Grupo O-Inv bebieron una cantidad significativa de agua durante el estudio, esto es un indicativo de que la calidad del agua influye en el comportamiento de bebida, además, soporta la idea de los sistemas de purificación como alternativa viable para dar solución a los productores que se encuentran en regiones donde la calidad de agua se ve comprometida. Aunque no hubo diferencias significativas en cuanto el consumo de alimento iniciador se recomienda estudios

que persistan en etapas pos-detete, en las cuales el consumo de alimento es mayor, de igual manera complementar con estudios que indiquen la influencia que tiene la relación consumo de agua-alimento iniciador sobre la microbiota gastrointestinal.

REFERENCIAS

Broucek, J. (2019). Water consumption, performance, and health in calves: A review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, *7*(4), 164–169. https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n4p164-169

Hepola, H. P., Hänninen, L. T., Raussi, S. M., Pursiainen, P. A., Aarnikoivu, A. M., & Saloniemi, H. S. (2008). Effects of providing water from a bucket or a nipple on the performance and behavior of calves fed ad libitum volumes of acidified milk replacer. *Journal of Dairy Science*, *91*(4), 1486–1496. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0500

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Torreón, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035.

Kertz, A. F., Reutzel, L. F., & Mahoney, J. H. (1984). Ad Libitum Water Intake by Neonatal Calves and Its Relationship to Calf Starter Intake, Weight Gain, Feces Score, and Season. *Journal of Dairy Science*, *67*(12), 2964–2969. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81660-4

Klevenhusen, F., Petri, R. M., Kleefisch, M. T., Khiaosa-ard, R., Metzler-Zebeli, B. U., & Zebeli, Q. (2017). Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount. *FEMS Microbiology Ecology*, *93*(9). https://doi.org/10.1093/femsec/fix100

Lardner, H. A., Braul, L., Schwartzkopf-Genswein, K., Schwean-Lardner, K., Damiran, D., & Darambazar, E. (2013). Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock Science*, *157*(2–3), 577–585. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.016

Mcdonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Greenhalgh, M. E., & Wilkinson, M. S. (2002). *AnimAl nutrition Seventh Edition Seventh Edition*. www.pearson-books.com

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Ortega-Morales, N. B., Cueto-Wong, J. A., Barrientos-Juárez, E., García-Vargas, G., Salinas-González, H., Garcia, A. B., & Morán-Martínez, J. (2020). Toxicity in goats exposed to arsenic in the Region Lagunera, Northern Mexico. *Veterinary Sciences*, *7*(2). https://doi.org/10.3390/VETSCI7020059

Patterson, H. H., Johnson, P. S., Epperson, W. B., Haigh, R. D., Patterson, H. H. ;, Johnson, P. S. ;, & Epperson, W. B. ; (2004). *Effect of Total Dissolved Solids and Sulfates in Drinking Water for Growing Steers*. http://openprairie.sdstate.edu/sd_beefreport_2004http://openprairie.sdstate.edu/sd_beefreport_2004/6

Quigley, J.D.1997. Replacement heifers from birth to weaning. Western Dairy Management Conference. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA. pag. 23-34.

Schütz, K. E., Cave, V. M., Cox, N. R., Huddart, F. J., & Tucker, C. B. (2019). Effects of 3 surface types on dairy cattle behavior, preference, and hygiene. *Journal of Dairy Science*, *102*(2), 1530–1541. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14792

Senevirathne, N. D., Anderson, J. L., & Rovai, M. (2018). Growth performance and health of dairy calves given water treated with a reverse osmosis system compared with municipal city water. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 8890–8901. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14800

Senevirathne, N. D., Anderson, J. L., Erickson, P. S., & Rovai, M. (2021). *Evaluation of the effects of water quality on drinking preferences of heifer calves*. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Suárez, B. J., van Reenen, C. G., Beldman, G., van Delen, J., Dijkstra, J., & Gerrits, W. J. J. (2006). Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics.

Journal of Dairy Science, *89*(11), 4365–4375. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72483-3

Thomas, L. C., Wright, T. C., Formusiak, A., Cant, J. P., & Osborne, V. R. (2007). Use of flavored drinking water in calves and lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *90*(8), 3831–3837. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0085

von Keyserlingk, M. A. G., Phillips, C. J. C., & Nielsen, B. L. (2016). *Water and the Welfare of Farm Animals* (pp. 183–197). https://doi.org/10.1007/978-3-319-27356-3_9

Wickramasinghe, H. K. J. P., Anast, J. M., Schmitz-Esser, S., Serão, N. V. L., & Appuhamy, J. A. D. R. N. (2020). Beginning to offer drinking water at birth increases the species richness and the abundance of Faecalibacterium and Bifidobacterium in the gut of preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *103*(5), 4262–4274. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17258

Wickramasinghe, H. K. J. P., Kramer, A. J., & Appuhamy, J. A. D. R. N. (2019). Drinking water intake of newborn dairy calves and its effects on feed intake, growth performance, health status, and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*, *102*(1), 377–387. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15579

ELABORACIÓN DE "TORTAS ALIMENTICIAS" PARA ALIMENTAR ABEJAS (*Apis mellifera* L.) EN ÉPOCAS CRÍTICAS EN LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA

Francisco Javier Pastor López[1]*; Karla Itzél Alcalá Escamilla[2]; Iván Franco Gaytán[1]

[1]CIR-Norte Centro, Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdez No. 1200, Col. Centro, Matamoros, Coahuila. CP. 27440.

[2]CENID FyMA, INIFAP. Km 1 Carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, Querétaro. CP. 76280

***pastor.francisco@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es un insecto de alto valor debido a los servicios ecosistémicos que brinda al polinizar las plantas que se encuentran en el medio ambiente, además de su participación en la producción de alimento para las personas y animales. La actividad apícola es una fuente de empleo e ingresos para apicultores que se encuentran principalmente en el medio rural, quienes obtienen beneficios económicos a través de la venta de los productos de la colmena. Dentro de los manejos rutinarios que los apicultores deben de realizar en su unidad de producción es la de verificar las necesidades de alimento que pueda tener la colonia, esta actividad se vuelve de mayor impacto en regiones con climas extremas o cuando termina la época de floración de recursos necta-poliníferos. Dentro de cada ciclo apícola, siempre existe una época en donde es necesario ofrecer a las abejas alimentación artificial, con la finalidad de mantener a la colmena durante la temporada crítica; por lo anterior, el objetivo del trabajo fue desarrollar tortas alimenticias que cubran sus requerimientos nutricionales en época seca de la Comarca Lagunera de Coahuila. Se desarrollaron cuatro dietas elaboradas con harina de soya, harina de lenteja, harina de haba y harina de garbanzo como principal fuente proteica y jarabe de azúcar como principal fuente energética. Se trabajó en colmenas localizadas dentro de la Comarca Lagunera de Coahuila, el alimento se ofreció a colonias durante la época seca y se determinó su aceptación y consumo; así como el costo de producción de cada dieta. Las tortas que presentaron mayor consumo por parte de las abejas fueron las de soya, lenteja y garbanzo. La torta más económica al momento de prepararla fue la de lenteja.

Palabras clave: Abejas melíferas, alimentación, proteína, energía.

ABSTRACT

The honey bee (*Apis mellifera* L.) is an insect of high value due to the ecosystem services it provides by pollinating plants in the environment and participating in the production of food for people and animals. Beekeeping is a source of employment and income for beekeepers, mainly in rural areas, who obtain economic benefits from selling hive products. One of the routine tasks that beekeepers must carry out in their production unit is to verify the food needs of the colony. This activity has a greater impact in regions with extreme climates or when the flowering season of necta-polliniferous resources ends. Within each beekeeping cycle, there is always a time when it is necessary to offer artificial food to the bees to maintain the hive during the critical season; therefore, the objective of this work was to develop food cakes that cover their nutritional requirements during the dry season in the Comarca Lagunera of Coahuila. Four diets were developed using soybean meal, lentil meal, fava bean meal, and chickpea meal as the primary protein source and sugar syrup as the main energy source. We worked in hives located in the Comarca Lagunera of Coahuila, the feed was offered to colonies during the dry season, and its acceptance and consumption were determined, as well as the production cost of each diet. The bees most consumed the cakes were soybean, lentil, and chickpea cakes. The most economical cake at the time of preparation was the lentil cake.

Key words: Honey bees, food, protein, energy.

INTRODUCCION

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es un insecto social que tiene un papel importante en los ecosistemas naturales y agrícolas debido a su papel protagonista en la polinización de las plantas (García, *et al.*, 2016). Los beneficios económicos que pueden obtenerse de la apicultura son directos e indirectos. Directos, a través de la venta de productos apícolas como la miel, polen, cera, entre otros; indirectos, porque las abejas ayudan en la polinización de cultivos, además de la conservación de la diversidad (Miñarro *et al*., 2018).

De manera natural, las abejas obtienen los ingredientes para elaborar sus alimentos de las plantas necta-poliníferas que se encuentran alrededor de su colmena. Sin embargo, en sistemas de producción en donde se retira la miel y el polen almacenados de la colmena o en épocas de escasez de recursos florales, es necesario suministrar alimentación

suplementaria, con fuentes energéticas y proteicas que garanticen la sobrevivencia y el mantenimiento de las colonias durante la época de escasez (Hendriksma y Shafir, 2016).

En la época de escasez de recursos necta-poliníferos muchos productores solo ofrecen jarabe de azúcar a sus colmenas, el cual no cubre todos los requisitos nutritivos de la colonia (de León, 2018), por lo que es necesario buscar opciones de alimentos que permitan ofrecer una mejor cantidad y calidad de nutrientes.

En la Comarca Lagunera de Coahuila se presentan dos periodos importantes en donde es necesario ofrecer una alimentación a las abejas: la época de secas (sin lluvias) que abarca de octubre a mayo, y la temporada fría que comprende de noviembre a marzo (López y Sánchez, 2017). Por esta razón el objetivo del trabajo fue elaborar tortas alimenticias con ingredientes nutritivos, fáciles de conseguir y económicos, que sirvieran para alimentar a las abejas melíferas en las épocas críticas.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se desarrolló en la Comarca Lagunera de Coahuila, durante cuatro semanas entre los meses de mayo y junio de 2023, periodo correspondiente a la época de secas en la región. Como ingredientes para elaborar las dietas se seleccionaron las leguminosas: haba, garbanzo, lenteja y soya; también se utilizaron harina de maíz nixtamalizada (Maseca®), azúcar y agua potable. Respecto a las leguminosas, el haba, garbanzo y lenteja, se compraron bolsas del grano, en el caso de la soya, fue la soya “texturizada” comercial (Molida®). Todos los ingredientes se consiguieron en un supermercado de la ciudad de Torreón Coahuila.

A los ingredientes seleccionados se les realizó un análisis proximal. Los granos de haba, lenteja y garbanzo se dejaron en remojo durante 24 h en agua potable en una proporción 2:1, agua:leguminosa, transcurrido el tiempo se colaron los granos y se descascarillaron. Posteriormente se dejaron secar y se molieron en un molino manual para grano de maíz hasta obtener un polvo fino. La soya “texturizada” se molió de manera directa sin remojar. Con los valores de proteína cruda (PC) determinados en el análisis proximal se realizaron cuatro dietas diferentes con un 20% de PC cada una. Además, se preparó un jarabe de azúcar proporción 1:1 agua:azúcar, el cual fue utilizado para humedecer las mezcla de

harinas correspondientes a cada dieta. El jarabe fue adicionado en pequeñas concentraciones, la cantidad necesaria hasta dar con una consistencia al alimento tipo "masa de tortilla", ligeramente más húmedas (Figura 1).



Figura 1.- Consistencia final de las tortas alimenticias

Se trabajó con un total de 49 colmenas tipo jumbo con una cámara de cría con 10 bastidores en su interior y un alza. La administración del alimento consistió en colocar 100g de la dieta en la parte central de los cabezales de la cámara de cría, transcurridos siete días se regresaba a la colmena y se recogía el alimento que las abejas no habían almacenado y se deja una ración nueva de 100g. El alimento que no era consumido se almacenaba en bolsas de plástico, para ser pesado, de esta manera se calculaba el consumo. Este manejo se realizó durante cuatro semanas.

Usando una hoja de cálculo se realizó un estimado del costo y del tiempo de elaboración de cada una de las dietas. Los resultados obtenidos de consumo se analizaron con el programa GraphPad Prism 8.4® a través de un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó con una prueba de Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis proximal de los ingredientes se muestran en el cuadro 1

Cuadro 1.- Análisis químico-proximal de los ingredientes usados

Parámetros	*%Cenizas*	*%Proteína cruda*	*%Extracto etéreo*
Soya	7.07	40.87	1.8
Lenteja	3.04	25.25	1.4
Haba	3.95	26.4	3.8
Garbanzo	2.5	20.47	6.0
Harina de maíz	1.18	7.31	5.0

La cantidad de cada ingrediente correspondiente a cada dieta, así como el número de colmenas que recibieron cada dieta se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2.- Proporción de cada harina en 100g de alimento preparado

	Ingredientes	*Cantidad en 100g*	*Número de colmenas*
Dieta 1	Harina de soya	38	12
	Harina de maíz	62	
Dieta 2	Harina de lenteja	72	12
	Harina de maíz	28	
Dieta 3	Harina de haba	68	13
	Harina de maíz	32	
Dieta 4	Harina de garbanzo	96	12
	Harina de maíz	4	

El consumo promedio de las dietas se muestra en el cuadro 3

Cuadro 3.- Consumo semanal de las dietas (Media±D.S,)

	Semana 1	*Semana 2*	*Semana 3*	*Semana 4*
Dieta 1	60.83±31.31	78.5±24.4	92.92±14.16	79.17±29.57
Dieta 2	75.83±19.62	74.58±23.18	81.33±18.96	80±18.08
Dieta 3	46.08±15.73	54.69±15.18	58.62±13.64	58.31±12.43
Dieta 4	65.42±16.04	63.75±22.48	73..8±19.36	73.5±16.56

Las cuatro dietas fueron consumidas por las abejas; sin embargo, el consumo no fue homogéneo. La dieta de haba (dieta 3) fue la que presentó un menor consumo por parte de los insectos con un promedio de consumo de 54.42±14.79 ($P<0.05$); no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) en el consumo de las dietas de soya (77.85±27.44), lenteja (77.94±19.61) y garbanzo (68.94±18.71).

Respecto a los costos y el tiempo promedio para elaborar el alimento, los resultados se observan en el cuadro 4. El tiempo no considera las horas de remojo, considera únicamente la acción de descascarillado, molienda y preparación.

Cuadro 4.- Costo y tiempo de preparación promedio por dieta

	**Costo $ (100g)*	*Tiempo (min)*
Dieta 1	4.10	20
Dieta 2	3.53	42
Dieta 3	7.67	34
Dieta 4	4.36	38

*Costo estimado a mayo de 2023

Las dietas de mejor aceptación por parte de las abejas fueron la 1 (Soya), 2 (lenteja) y 4 (garbanzo); sin embargo, al considerar el costo de elaboración y el tiempo invertido en la preparación, las opciones más económicas son la dieta 1 y 2.

CONCLUSIONES

Una de las variables que se consideró al seleccionar los ingredientes para la elaboración de las dietas fue que los insumos fueran nutritivos, fáciles de conseguir y económicos. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la mejor opción son las dietas elaboradas con soya y lenteja. Ambas tienes una buena aceptación por parte de las abejas, además de ser económicas. La elaboración y el ofrecimiento de estas dietas por parte de los apicultores en la región apícola de La Comarca en Coahuila, les ayudará a mantener sus colonias en las épocas de escasez de recursos necta-poliniferos, favoreciendo el sistema de producción.

Agradecimiento: Los autores agradecen al FONCYT, por el apoyo financiero al proyecto COAH-2022-C19-C134 denominado "Estrategias de alimentación para las abejas (*Apis mellifera*) en épocas críticas en la Comarca Lagunera de Coahuila".

REFERENCIAS

de León Castro, C.H. (2018). Utilización de tres fuentes de proteína vegetal no tradicional, en la alimentación de abejas (*Apis mellifera*) y su efecto en la producción de miel y en el flujo de abejas (Tesis Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala), disponible en: http://www.repositorio.usac.edu.gt/9786/1/Tesis%20Med%20Vet%20Carlos%20H%20De%20Le%C3%B3n%20Castro.pdf (consultado: 26/05/2022).

García, G.M; Ríos, O.L.A., y Álvarez del Castillo, J. (2016) La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. Idesia, 34(3): 53-68.

Hendriksma H.P., & Shafir S. (2016) Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. Behav Ecol Sociobiol. (70):509-517.

López-López, A., y Sánchez Crispín, A. (2017). Comarca Lagunera, procesos regionales en el contexto global. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía.

Miñarro, M.; García, D., y Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. Ecosistemas, 27(2): 81-90.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UNA SUPLEMENTACIÓN CON *BACILLUS SUBTILIS PB6* SOBRE GANANCIA DE PESO SALUD DE CABRITOS MULTIRRACIALES

De Santiago M.M.A.[1]* Cervantes R. V[1], Meza H.C.A[3]., Rebolloso P.O.N[2]., Contreras V.V[1].,

angelesdesantiago867@gmail.com

[1]*Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Postgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Torreón Coahuila México*

[2]*Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Producción Animal – Saltillo, Coahuila, México*

[3]*Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo 35230, Durango, México*

RESUMEN

El efecto de una suplementación con probióticos contribuye al aumento del consumo de alimento, tasa de conversión y, en consecuencia, de la ganancia de peso corporal, en ovejas, cabras, bovinos y equinos. El objetivo del presente estudio fue comparar en dos grupos de cabritos multirraciales nacidos en sistema semi-extensivo en el noreste de México si una suplementación con probióticos *Bacillus subtillis* PB6 incrementa su ganancia de peso y su salud. El estudio se realizó a una latitud de 25°35¨03.054N. El grupo experimental constó de 99 cabritos multirraciales, distribuidos en dos grupos homogéneos en peso corporal: Grupo control (GC; n=50) y Grupo tratamiento (GT n=49; *Bacillus subtillis* PB6). La suplementación probiótica individual se realizó añadiendo 1gr/Kg del peso vivo del cabrito en 5 mL de leche de cabra para el GT y 5 mL de leche para el GC. ***Variables evaluadas:*** Peso corporal (PC) cada 5 días y los casos de diarrea y neumonía. ***Análisis estadísticos***: Para determinar si hubo diferencia en la ganancia de peso se realizó una prueba t-student y para la incidencia y reincidencia de diarreas y neumonías se llevó a cabo la prueba de chi-cuadrada (Valor: $P< 0.05$). Los datos se analizaron en el paquete estadístico SYSTAT 12. El peso corporal de ambos grupos no mostró diferencia estadística ($P> 0.05$), GT: 7.7 ± 0.1 kg vs GC: 7.4 ± 0.2 kg. El GT presentó una menor ($P< 0.05$)

incidencia de diarreas: 14/49 (28.5%) vs 25/50 (50%) del GC. Adicionalmente, la reincidencia de diarrea en el GC fue mayor (P<0.05; 12/25; 48%) con respecto al GT 4/14 (28%). Lo anterior permite concluir que una suplementación con probióticos (*Bacillus subtillis* PB6) mejora la salud de los cabritos.

Palabras clave*:* *Peso corporal, Cabras, Sanidad, nutrición.*

ABSTRACT

The effect of probiotic supplementation contributes to the increase in feed intake, conversion rate, and, consequently, body weight gain in sheep, goats, cattle, and horses. This study aimed to compare two groups of multiracial kids born in a semi-extensive system in northeastern Mexico to determine if supplementation with Bacillus subtillis PB6 probiotics increases their weight gain and health. The study was carried out at a latitude of 25°35¨03.054N. The experimental group consisted of 99 multiracial kids, distributed in two homogeneous groups in body weight: Control group (CG; n=50) and Treatment group (GT n=49; Bacillus subtillis PB6). The individual probiotic supplementation was carried out by adding 1gr/Kg of kids' live weight in 5 mL of goat's milk for the GT kids, while kids in CG only received 5 mL of milk. Evaluated variables: Body weight (BW) every five days and cases of diarrhea and pneumonia. Statistical analysis: To determine if there was a difference in weight gain, a student-t test was performed, and for the incidence and recurrence of diarrhea and pneumonia, a chi-square test was performed (Value: P< 0.05). Data were analyzed using the SYSTAT 12 statistical package. The body weight of both groups did not show a statistical difference (P> 0.05), GT: 7.7 ± 0.1 kg vs. GC: 7.4 ± 0.2 kg. The GT presented a lower (P< 0.05) incidence of diarrhea: 14/49 (28.5%) vs 25/50 (50%) of the CG. Additionally, the recurrence of diarrhea in the CG was higher (P<0.05; 12/25; 48%) compared to GT 4/14 (28%). Therefore, we can conclude that supplementation with probiotics (Bacillus subtillis PB6) improves kids' health.

Keywords: Body weight, Goats, Health, Nutrition.

INTRODUCCIÓN

La producción caprina es una de las principales actividades pecuarias que generan ingresos en las zonas áridas y semiáridas de México. La adaptabilidad de esta especie permite llevar a cabo un modelo de producción muy adecuado al clima de dichas zonas (Echavarria *et al*., 2006). La producción de leche y carne de cabra en la Comarca Lagunera es de gran relevancia para la sociedad (Maldonado Jáquez et al., 2014). Los cabritos representan una fuente de ingreso importante para los caprino cultores, pero las enfermedades, principalmente las diarreas son la causa principal de mortalidad, los fetos están en un ambiente intrauterino libre de gérmenes, pero al nacer comienzan a interactuar en un ambiente altamente contaminado, exponiéndose a múltiples enfermedades, por lo que es necesario reducir la tasa de mortalidad y mejorar la salud en los cabritos (Chopra *et al.*, 1986; Cuellar *et al*., 2012). Las causas más comunes de diarreas son causadas por bacterias (*E. coli, Salmonella spp, Cl. perfringens)*, Parásitos (*Coccidias* y *Cryptosporidium spp*) y por mal manejo zootécnico (Alarcon Aburto, 2005). La incidencia de diarreas en cabritos en la región del altiplano mexicano es de 55-60 % (Gomez-Gomez *et al*.,2017).

Los antibióticos se han usado para tratar las enfermedades en rumiantes y pequeños rumiantes, sin embargo, durante las últimas décadas han causado preocupación debido a la resistencia que han causado, además de los residuos que conllevan en la producción de leche y carne. Los probióticos son bacterias benéficas que en cantidades adecuadas confieren un beneficio para la salud, su uso se ha empleado para mejorar la salud intestinal, ganancia de peso, efecto en la calidad de la leche, prevención y tratamiento de diarreas. Existen reportes de que en rumiantes y aves se ha incrementado el peso corporal, y al mejorar la microbiota intestinal, previene enfermedades como las diarreas disminuyendo la mortalidad (Ekwemalor *et al*., 2017; Kumar *et al*., 2016). Se ha informado que la cepa *Bacillus subtillis* PB6 mantiene un equilibrio en la microflora intestinal en rumiantes y provee de propiedades que propician un incremento en el peso, en las proporciones adecuadas (Kritas *et al*., 2006; Kritas y Morrison, 2005). El suministro de probióticos a los cabritos en los primeros días después de su nacimiento podría significar una solución a la mortalidad causada por enfermedades bacterianas, por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue

comparar en dos grupos de cabritos multirraciales nacidos en sistema semi-extensivo en el noreste de México si una suplementación con probióticos *Bacillus subtillis* PB6 incrementa su ganancia de peso y su salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

General

Todos los métodos y el manejo de los grupos experimentales se llevaron a cabo bajo los lineamientos para el cuidado, uso ético y bienestar en animales de investigación nacional (NAM, 2002) e internacional (FASS, 2010). con aprobación institucional UAAAN-UL.

Localización

El presente estudio se llevó a cabo durante el periodo de lactancia (25 días; 7 de octubre al 01 de noviembre de 2022), en el Ejido Corona municipio de Matamoros Coahuila, 25°35'03.054 N 103°15'38.879 W, zona semiárida del noreste de México a una altura de 1,111 msnm. Cuenta con una precipitación anual de 230 mm, una temperatura promedio de 22°C, máxima de 38°C y mínima de 8°C.

Grupos y tratamientos

Para evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtillis* PB6, se seleccionaron 99 cabritos, divididos en 2 grupos homogéneos en su peso corporal (PC) al nacer. La ingesta de calostro se llevó a cabo debidamente por cada cabrito. Se conformaron 2 grupos: Grupo Tratamiento (GT; n=49; 3.8 ±0.1 de PC) y Grupo Control (GC; n= 50; 3.7 ±0.2 g de PC). En ambos tratamientos se suministraron 5 mL de leche por cada cabrito mediante una jeringa desechable (el volumen de leche se incrementó de acuerdo con la necesidad por el incremento de peso corporal y por consecuencia del gramaje de probiótico llegando a 15 mL. La adición de *B. subtillis* PB6 a la leche del GT se realizó a razón de 1g/kg de PC promedio. Para el grupo control se suministró la misma cantidad de leche sin probiótico, el suministro se realizaba a partir de las de 12:00 pm.

Variables evaluadas

Peso corporal: Fue medido en una báscula colgante digital (WH-C100, TFixol WeiHeng, China), cada 5 días durante 25 días.

Salud de los cabritos:

Diariamente se registró a cada cabrito que presentó signos de diarrea y/o neumonía, desde el nacimiento hasta los 25 días del experimento. Se hicieron pruebas de laboratorio para determinar los agentes etiológicos de diarrea o neumonía presentadas.

Incidencia: Se define como un nuevo número de casos en un periodo determinado, dividida entre la población de riesgo.

Reincidencia: Se mide a partir de un numero de casos que padecieron una enfermedad en un determinado tiempo (Pérez et al., 2009).

En el presente estudio la incidencias y re-insidencia de enfermedades fue determinada mediante el registro de casos, así como de los que sanaron y después de algunos días volvieron a enfermar durante 25 de días del estudio.

El registro de incidencia y reincidencia de diarreas se realizó mediante la observación de las heces en el área perianal del cabrito, se colectaron muestras para pruebas de laboratorio (medios de cultivo, coproparasitológico, prueba de tinción de Ziehl-Neelsen). La clasificación fue de acuerdo a la coloración que presentaron (verde oscura, blanca, anaranjada), cada una de ellas se expusieron a las diferentes pruebas de laboratorio para poder determinar la causante de las diarreas. El diagnóstico arrojó que la causa de diarreas fue protozoos del género *eimeria* (coccidiosis).

Referente a neumonía, sólo se registró un cabrito muerto con sospecha de tal padecimiento (grupo control), sin embargo el diagnóstico después de la necropsia reveló que la causa fue ahogamiento.

Análisis estadísticos.

El análisis estadístico para determinar la ganancia de peso en ambos grupos se realizó mediante la prueba de *t-student*. Para determinar si hubo diferencia en incidencia y reincidencia de diarreas y neumonías se llevó a cabo la prueba de chi-cuadrada. Se utilizó el valor de $P< 0.05$ para considerar la diferencia estadística. Se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 12.

RESULTADOS

En la variable de peso corporal a los 25 días (final) no se registró diferencia entre grupos (P>0.05; 7.7 ± 0.1 kg vs 7.4 ± 0.2 kg) GT y GC respectivamente (Fig. 1), ni en insidencia y reinsidencia de neumonía (P>0.05; GC). Contrariamente, en las variables incidencia y reincidencia de diarreas se observó diferencias significativas (P<0.05) entre grupos (cuadro 1.)

Cuadro 1. Comportamiento del estado de salud de dos grupos de cabritos multirraciales del noreste de México suplementados o no con *Bacillus* subtillis PB6 durante 25 días después del nacimiento. [a b] Literales con superíndice diferente entre columnas difieren (P <0.05).

VARIABLES	GT n= 49	GC n= 50
Incidencia de diarrea n (%)	14/49 (28) [a]	25/50 (50) [b]
Reincidencia diarrea n (%)	4/28 (29) [a]	12/25 (48) [b]
Neumonía n (%)	0/49 (0)	0/50 (0)

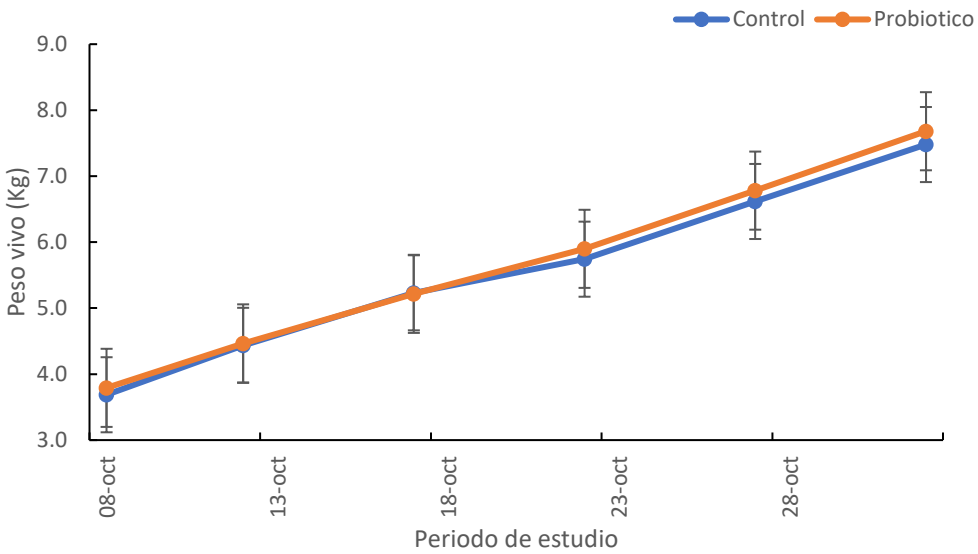


Figura 1. Comportamiento de ganancia de peso vivo en (kg) de dos grupos de cabritos multirraciales del noreste de México suplementados o no con *Bacillus* subtillis PB6 durante 25 días después del nacimiento.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó el comportamiento para la ganancia de peso (kg), incidencia de diarrea, reincidencia de diarrea y la mortalidad. En nuestro estudio la diferencia en el peso corporal entre grupos sólo fue numérico (300 g) a favor del GT. Esto coincide con Souza et al., 2021 quienes administraron con *Bacillus subtillis* PB6 en aves, vacas y cervatos y no se han encontrado ganancia de peso significativa. Según estudios en los que se evaluó la ganancia de peso en cabritos se encontraron diferencias significativas a partir de los 30 días desde que se inició el estudio (Sivadasan, 2020). Debido a los escasos estudios que se han realizado para la ganancia de peso en cabritos a partir de suplementación con probióticos es probable que el estudio con la suplementación debería de realizarse en un periodo mayor a 30 días, para poder observar el efecto del probiótico sobre la ganancia de peso. Sin embargo, en el caso de incidencias de diarreas se observaron diferencias significativas, en los que el GC tuvo 25 casos de diarrea a diferencia del GT en los que se reportaron 14 casos. Esto está alineado con estudios con probióticos para la evaluación de la salud en cabras los cuales reportaron una disminución de casos de diarreas (Galina & Puga, 2009). La suplementación con probióticos en cabras ha demostrado mejorar la salud intestinal y prevención de enfermedades, disminuyendo los niveles de padecimiento y reduciendo las cepas de bacterias que afectan el tracto intestinal. Estudios con ovejas a partir de una suplementación con *Bacillus subtillis* tiene mejoras en la productividad, el perfil metabólico y disminución de enfermedades, mejorando la salud intestinal (Devyatkin et al., 2021; Sheikh et al., 2022).

CONCLUSIÓN

La suplementación con *Bacillus subtillis* PB6 disminuyó la incidencia y reincidencia de diarreas, además, previno el padecimiento de neumonía. Es probable que un mayor periodo de suplementación *con Bacillus subtillis* PB6 *podría* tener efecto en mejorar el peso corporal de los cabritos multirraciales del Noreste de México.

REFERENCIAS

Alarcon Aburto, A. (2005). *Problemas de Diarreas en Cabritos*. 1–15. http://amaltea.fmvz.unam.mx/textos/Diarreas en cabritos PAPIME.pdf

Chopra, K., Dua, N., & Saha, K. (1986). The role of colostrum. *Diarrhoea and Malnutrition in Childhood*, 229–232. https://doi.org/10.1016/b978-0-407-00401-6.50042-7

Cuellar, O. J. A., Tortora, P. J., Trejo, G. A., & Román, R. P. (2012). La producción caprina mexicana, particularidades y complejidades. *Ed. Aridana, México, DF*.

Devyatkin, V., Mishurov, A., & Kolodina, E. (2021). Probiotic effect of Bacillus subtilis B-2998D, B-3057D, and Bacillus licheniformis B-2999D complex on sheep and lambs. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, *8*(1), 146–157. https://doi.org/10.5455/javar.2021.h497

Echavarria, FG; Gutiérrez, RL; Ledesma, RI; Bañuelos, RV; Aguilera, JI; Serna, A. (2006). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Tec Pecu Méx*, *44*(2), 203–217.

Ekwemalor, K., Asiamah, E., Osei, B., Ismail, H., & Worku, M. (2017). Evaluation of the Effect of Probiotic Administration on Gene Expression in Goat Blood. *Journal of Molecular Biology Research*, *7*(1), 88. https://doi.org/10.5539/jmbr.v7n1p88

Galina, M. A., & Puga, L. J. P. D. C. (2009). *Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con un probiótico de bacterias ácido-lácticas Ruminal kinetics and growth of kids supplemented with a lactic acid bacteria probiotic*. *32*(4), 395–405.

Kritas, S. K., Govaris, A., Christodoulopoulos, G., & Burriel, A. R. (2006). Effect of Bacillus licheniformis and Bacillus subtilis supplementation of ewe's feed on sheep milk production and young lamb mortality. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, *53*(4), 170–173. https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00815.x

Kritas, S. K., & Morrison, R. B. (2005). Evaluation of probiotics as a substitute for antibiotics in a large pig nursery. *The Veterinary Record*, *156*(14), 447–448. https://doi.org/10.1136/vr.156.14.447

Kumar, M., Dutta, T. K., & Chaturvedi, I. (2016). Effect of probiotics supplementation on live

weight in lactating Barbari goats. *J. Biol. Sci. & Med*, *2*(3), 15–23. https://www.researchgate.net/publication/309431227_Effect_of_probiotics_supplementation_on_live_weight_in_lactating_Barbari_goats/citation/download

Maldonado Jáquez, J. A., Salinas González, H., Valle Moysen, E. D., Triana, M., & Espinoza Arellano, G. J. de J. (2014). Perfil socioeconómico de los caprinocultores del suroeste del estado de Coahuila México. Socioeconomic profile of goat producers in the southwest of Coahuila state, Mexico. *Researchgatenet*, *February 2016*.

Pérez, B., Rodríguez, F., Villar, F., López, G., Imaz, I., Jiménez, D., Catalán, J., González., J., Martín, J., Banegas, J., Campos, J., Pollán, M., Royo, M., Delgado., M., & Aragonés, N. (2009). Método Epidemiológico. Manual Docente de la Escuela Nacional de Sanidad. *Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Ciencia e Innovación*, 219.

Sheikh, G. G., Ganai, A. M., Ahmad Sheikh, A., & Mir, D. M. (2022). Rumen microflora, fermentation pattern and microbial enzyme activity in sheep fed paddy straw based complete feed fortified with probiotics. *Biological Rhythm Research*, *53*(4), 547–558. https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1644019

Sivadasan, K. S. (2020). Comparison of Growth Performance of Goat Kids Under Supplementation with Different Probiotics. *Journal of Animal Research*, *10*(6), 1063–1065. https://doi.org/10.30954/2277-940x.06.2020.28

EVALUACIÓN SENSORIAL DE MIEL DE ABEJA PRODUCIDA EN LA COMARCA LAGUNERA

Pastor-López, F.J. [1], Sánchez-Toledano, B.I. [2], Pérez-Ruiz, E. [3], Espinoza-Velasco, B.[3], Huerta-Jiménez, M. [4]

[1]Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdez 1200, Poniente. C.P. 27440, Matamoros, Coahuila. [2]Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. [3]Campo Experimental La Campana, INIFAP. Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga, C.P. 32910, Cd. Aldama, Chihuahua. [4]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco. R. Almada Km. 1, Chihuahua, Chih., México C.P. 31453. mvzpastor@gmail.com

RESUMEN

Un grupo de 12 panelistas no entrenados realizaron una evaluación sensorial de miel mediante una prueba de nivel de agrado, evaluaron 9 mieles artesanales de apicultores de la Comarca Lagunera. Las variables evaluadas fueron: color, sabor, olor, consistencia y valoración global. La floración de cada miel analizada fue la siguiente: M1 = mezquite y aceitilla, M2 = mezquite, M3 = mezquite, M4 = multiflora, M5 = mezquite, M6 = multiflora, M7 = azar, M8 = maguey, M9 = jarilla. El análisis estadístico reveló que la M3 tuvo diferencia significativa para sabor, olor, consistencia y evaluación global (P>0.001). Se concluye que al participar solo público de la región lagunera hubo una influencia en la preferencia por el sabor de la floración dominante en la región (mezquite), la familiaridad de los panelistas con este tipo de miel pudo ser un factor clave en su calificación.

Palabras clave: Evaluación hedónica, panel no entrenado, miel.

ABSTRACT

A group of 12 untrained panelists carried out a sensory evaluation of honey through a level of liking test, they evaluated 9 artisanal honeys from beekeepers from the Comarca Lagunera. The variables evaluated were: color, taste, smell, consistency and overall

assessment. The flowering of each analyzed honey was as follows: M1 = mesquite and aceitilla, M2 = mesquite, M3 = mesquite, M4 = multiflora, M5 = mesquite, M6 = multiflora, M7 = chance, M8 = maguey, M9 = jarilla. The statistical analysis revealed that M3 had a significant difference for taste, smell, consistency and global evaluation (P>0.001). It is concluded that when only the public from the Laguna region participated, there was an influence on the preference for the flavor of the dominant flowering in the region (mesquite), the familiarity of the panelists with this type of honey could be a key factor in their qualification.

Key words: Hedonic evaluation, untrained panel, honey.

INTRODUCCIÓN

En México, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural existen más de 43 mil apicultores, 1.9 millones de colmenas y el consumo per cápita es de 210 gramos de miel (Gaceta del Senado, 2019); consumo insignificante comparado con Alemania que en promedio consume 1.4 kilos por año (Deutsche Welle, 2008). No obstante, el bajo consumo en México es factible de incrementar mediante la difusión masiva de sus nutrientes y sus efectos nutracéuticos. En los últimos años el interés por parte de la población hacia productos naturales, con una producción sustentable y alto contenido en nutrientes ha aumentado.

La amplia diversidad botánica, geográfica y los variados ecosistemas y condiciones climáticas que existen en México, permiten al apicultor desarrollar su actividad en todas las regiones del país, y obtener mieles de distintas características sensoriales, brindándole la oportunidad de diferenciarse de sus competidores (Guerrero & Santamaría, 2020). La inserción y permanencia de los productos en el mercado, ya sean de origen industrial o agropecuario como el caso de la miel, son reflejo de su competitividad (Porter, 2009), en la que influyen tanto la productividad, características del producto (Lombana & Gutiérrez, 2009), así como la disponibilidad de infraestructura de mercadeo, a lo cual se añade la capacidad de los agentes para aprovechar los tratados comerciales (Málaga & Williams, 2010).

Los análisis enfocados al mercado son herramientas fundamentales para caracterizar la miel, así como determinar su origen floral y analizar calidad e identidad, que eventualmente influyen en las preferencias del consumidor hacia este producto (Kumar *et al.,* 2018). Una herramienta que se puede usar para conocer el mercado y principalmente los gustos de los consumidores es la evaluación sensorial. Esta es una metodología que podemos definir de la siguiente forma "La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído" (Severiano-Pérez, 2019), mediante el uso del sistema sensorial, un grupo de jueces determinan las preferencias del mercado, siendo una metodología ampliamente utilizada por la industria de alimentos al innovar o mejorar sus productos. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar sensorialmente la miel de abeja producida en la comarca lagunera a través de un panel de consumidores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental La Laguna perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se invitó a 12 panelistas no entrenados (apicultores y técnicos), quienes previo a la evaluación recibieron una capacitación de la metodología y objetivos de la evaluación sensorial de la miel. El desarrollo de la evaluación fue en un salón bien iluminado, climatizado y con suficiente espacio para los asistentes. Todos los panelistas recibieron indicaciones antes de iniciar la prueba. Posteriormente, cada uno de ellos recibió una hoja donde anotó su agrado por cada uno de los atributos por cada una de las muestras de miel que fueron evaluadas.

Cuadro 1. Hoja de cata donde los panelistas calificaron cada muestra de miel.

Muestra __

ATRIBUTOS O CARACTERÍSTICAS	Me desagrada muchísimo	Me desagrada mucho	Me desagrada	Me desagrada un poco	Me es indiferente	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
Color									
Sabor									
Olor									
Consistencia									
Valoración global									

Comentarios:

Para la evaluación los apicultores asistentes llevaron nueve muestras de miel. Las muestras se ordenaron de acuerdo al orden de recepción. Estas fueron numeradas y se colocaron en una caja fuera del alcance de los panelistas. Al iniciar la degustación, se utilizó una cuchara de plástico transparente, a cada panelista se le proporcionó una porción de cada muestra de miel (5 g aprox.), sin indicarles la información respectiva del origen. Además, se proporcionó una manzana (ligeramente acida) y una botella de agua con el fin de enjuagar el paladar posterior a la degustación de cada muestra de miel.

Para la evaluación sensorial, se recomendó iniciar usando la vista para calificar el color, seguido del uso del olfato para evaluar el olor. Aunque la apariencia se puede evaluar de forma visual, se recomendó usar el paladar para analizar la densidad y/o cristalización para continuar con el sabor. Para la evaluación global se consideró todos los factores anteriores. Cabe aclarar que en una evaluación hedónica no hay criterios correctos o erróneos, simplemente se obtiene el gusto de cada panelista, bajo una escala de 9 puntos que va de “me desagrada muchísimo” hasta el otro extremo que es “me gusta muchísimo”. Al final de la escala se deja un espacio para que el panelista mencione alguna característica agradable o desagradable de la muestra si es que lo considera necesario.

Solo se evaluaron muestras de miel de la cosecha artesanal de apicultores de la Comarca Lagunera, siendo de las siguientes floraciones: muestra 1 (M1) = mezquite y aceitilla, muestra 2 (M2) = mezquite, muestra 3 (M3) = mezquite, muestra 4 (M4) = multiflora, muestra

5 (M5) = mezquite, muestra 6 (M6) = multiflora, muestra 7 (M7) = azar, muestra 8 (M8) = maguey, muestra 9 (M9) = jarilla.

Una vez concluida la evaluación los resultados se transformaron en valores numéricos, siendo: me desagrada muchísimo = 1, me desagrada mucho = 2, me desagrada = 3, me desagrada un poco = 4, me es indiferente = 5, me gusta un poco = 6, me gusta = 7, me gusta mucho = 8, me gusta muchísimo = 9.

El análisis estadístico de los resultados de la prueba de degustación se realizó un análisis de varianza y contraste de medias con prueba de Tukey (P≤ 0.05), utilizando el software SAS, 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico (Cuadro 2) reveló que, para la evaluación global, la M3 fue significativamente diferente (P>0.001) de las M5, M6, M7, M8 y M9. La característica de color fue similar entre todas las muestras (P<0.05). Para la variable sabor, la M3 fue significativamente diferente (P>0.001) de las muestras M6, M7, M8 y M9. Respecto al olor, la M3 fue significativamente diferente (P>0.001) de las M5, M8 y M9. En consistencia, la M3 también fue superior estadísticamente de las M6, M7 y M8.

Cuadro 2. Medias para las características evaluadas sensorialmente en 9 muestras de miel.

Muestra	Color	Sabor	Olor	Consistencia	Global
M1	7.7500 ^{a}	7.0833 ^{abc}	6.5833 ^{ab}	6.9167 ^{abc}	7.000 ^{abc}
M2	7.8333 ^{a}	7.7500 ^{ab}	7.2500 ^{ab}	7.5833 ^{ab}	7.6667 ^{ab}
M3	7.7500 ^{a}	8.3333 ^{a}	8.0833 ^{a}	8.2500 ^{a}	8.3333 ^{a}
M4	7.7500 ^{a}	6.8333 ^{abc}	7.2500 ^{ab}	6.8333 ^{abc}	6.9167 ^{abc}
M5	7.2500 ^{a}	6.6667 ^{abc}	6.1667 ^{b}	7.0000 ^{abc}	6.5833 ^{bc}
M6	6.8333 ^{a}	5.7500 ^{c}	6.5000 ^{ab}	5.9167 ^{c}	6.1667 ^{c}

M7	7.3333 [a]	6.000 [bc]	7.1667 [ab]	6.6667 [bc]	6.5833 [bc]
M8	6.9167 [a]	5.8333 [c]	6.2500 [b]	6.2500 [bc]	6.4167 [bc]
M9	7.4167 [a]	5.9167 [c]	6.000 [b]	7.2500 [abc]	6.5833 [bc]

[a,b,c] Diferentes literales indican diferencia significativa (P<0.05) dentro de una misma columna.

De acuerdo a los resultados mostrados en el cuadro dos, la M3 (floración mezquite) tuvo diferencia significativa para sabor, olor, consistencia y evaluación global. Kortesniemi *et al.* (2018), encontraron que los encuestados prefirieron mieles dulces y suaves, con propiedades sensoriales similares a sus preferencias cotidianas, mientras que las mieles con olor, aroma y color intensos se consideraron desconocidas y desagradables.

Las observaciones descritas por los panelistas fueron las siguientes: a la M3 se observan las siguientes características: consistencia de mantequilla, sabor suave con contenido de humedad bajo, la consistencia está muy agradable al paladar, miel muy rica y exquisita, su color, sabor, y olor es delicioso, esta miel tiene un sabor un poco distinto al mezquite común, pero es rica, consistencia de sus cristales muy finos; su densidad es idónea para todas sus aplicaciones, se tuvo una ligera sensación de acidez rica y muy buena miel. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Tosi *et al.* (2004) y Saxena *et al.* (2010) donde mencionan que la cristalización de la miel es un factor importante que influye en las preferencias de los consumidores para diversificar su uso. En el mismo sentido a Menco *et al*. (2022), mencionan que las variables que más contribuyen en una evaluación sensorial de miel son: color, sabor y textura, estos autores al hablar de textura, se refieren a la viscosidad de la miel, lo cual fue mencionado por los panelistas en este trabajo al referirse a la cristalización, siendo superior estadísticamente, la muestra tres. La textura granular de la miel se explica por la cristalización de la glucosa, mientras que las mieles líquidas tienen un contenido relativamente alto de fructosa (Kortesniemi *et al*., 2018).

En contraste la M6 que fue la de menor calificación tuvo los siguientes comentarios: Proceso de cristalización (se logra percibir la formación de cristales), el granulado es un poco grotesco al paladar, sabor muy fuerte y consistencia granulada, se percibe con más

granulosidad, esta miel no es muy agradable para mi paladar, tiene un sabor un poco desagradable y su consistencia es buena.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de esta investigación, se concluye que la evaluación sensorial de la miel realizada con un panel no entrenado de la región lagunera, tuvo una influencia en la preferencia por el sabor de la floración dominante en la región (mezquite), la familiaridad de los panelistas con este tipo de miel es un factor clave en su calificación; lo que probablemente puede ser reflejo de la preferencia de los consumidores en la región. Para confirmar o desechar dicha hipótesis, debe contrastarse una evaluación sensorial con panelistas de otros estados y/o de otros países.

Agradecimiento: Los autores agradecen al FONCYT, por el apoyo financiero al proyecto COAH-2022-C19-C134 denominado "Estrategias de alimentación para las abejas (*Apis mellifera*) en épocas críticas en la Comarca Lagunera de Coahuila".

REFERENCIAS

Deutsche Welle, 2008. Miel en Alemania: amenazada por pesticidas. https://www.dw.com/es/miel-en-alemania-amenazada-por-pesticidas/a-3424954#:~:text=Cada%20alem%C3%A1n%20consume%20en%20promedio,de%20miel%20en%20el%20mundo. Consultado el 20 de junio de 2023.

Gaceta del Senado, martes 03 de diciembre de 2019 / LXIV/2PPO-65-2548/102114. https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/102114. Consultado el 20 de junio de 2023.

Guerrero, M., & Santamaría, C. A. (2020). Ecosistema y actividad emprendedora en México: un análisis exploratorio. Perfiles latinoamericanos, 28(55), 227-251.

Kortesniemi, M., Rosenvald, S., Laaksonen, O., Vanag, A., Ollikka, T., Vene, K., & Yang, B. (2018). Sensory and chemical profiles of Finnish honeys of different botanical origins

and consumer preferences. Food Chemistry, 246, 351-359. doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.069

Kumar, A., Singh-Gilla, J. P., Singh-Bedia, J., Manavb, M., Ansaric, M. J., & Singh-Walia, G. (2018). Sensorial and physicochemical analysis of Indian honeys for assessment of quality and floral origins. Food Research International, 108, 571-583. doi:10.1016/j.foodres.2018.04.005.

Lombana J., Gutiérrez R.S. (2009). Marco analítico de la competitividad. Fundamentos para el estudio de la competitividad regional. Pensamiento & Gestión. Universidad del Norte, Colombia, (26):1-38

Málaga J.E., Williams G.W. (2010). La competitividad de México en la exportación de productos agrícolas. Rev Mex Agroneg, XIV(27):295-309

Porter, M.E. (2009). Ventaja competitiva. Quinta reimpresión. México, DF: Editorial CECSA.

Tosi, E.A.; Re, E.; Lucero, H.; Bulacio, L. (2004). Effect of honey high-temperature related to quality, crystallisation short-time heating on parameters phenomena and fungal inhibition. Lebensm.-Wiss. Und-Technol.-Food Sci. Technol. 37, 669–678.

Saxena, S.; Gautam, S.; Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. Food Chem. 18, 391–397.

Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. Inter disciplina, 7(19), 47-68.

FORRAJE DE SOYA ADICIONADO CON MELAZA PARA SU CONSERVACIÓN MEDIANTE EL ENSILAJE

Garay-Martínez, Jonathan Raúl[1*]; Granados-Rivera, Lorenzo Danilo[2]; Maldonado-Moreno, Nicolás[1]; Hernández, Erika Andrea[3]; Olivares-Nochebuena, Melchor[4]

[1]Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México.

[2]Campo Experimental General Terán, CIRNE-INIFAP. General Terán, Nuevo León, México.

[3]Campo Experimental La Posta, CIRGOC-INIFAP. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

[4]Instituto Tecnológico de Huejutla, TNM. Huejutla de Reyes, Hidalgo, México.

***Autor de correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx**

RESUMEN

Se elaboraron ensilados de forraje de soya de la variedad Huasteca 200 y en ellos se evaluaron cinco niveles de melaza (0, 25, 33, 50 y 66 %) diluida con agua y la aplicación en capas de forraje cada 10 y 20 cm. Se determinó la densidad (kg m^{-3}) de forraje ensilado en materia húmeda (MV: materia verde), contenido de materia seca (MS: %), pH y contenido (g kg^{-1}) de proteína cruda. Las variables se analizaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey (α=0.05). Se observó que en los 10 tratamientos evaluados con diferentes niveles de melaza se obtuvo la misma densidad ($p>0.05$) en materia verde y contenido de materia seca, la cual osciló entre 508 y 546 kg m^{-3} y entre 21 y 23 %, respectivamente. Se encontró que los niveles de melaza 25, 33 y 50 % fueron similares en cuanto a pH ($p>0.05$), cuyos valores oscilaron entre 4.7 y 5.1. El ensilado con mayor nivel de melaza, 66 % ($p<0.05$), presentó los valores más bajos de pH, los cuales fueron similares ($p>0.05$) entre las aplicaciones y las capas de forraje. Se observó que los ensilados con melaza al 50 y 66 % presentaron el mayor contenido de proteína cruda, cuyos valores oscilaron entre 168 y 173 g kg^{-1}, y no hubo diferencia entre la aplicación por capas. En conclusión, para una adecuada conservación del forraje de soya mediante el ensilado, se debe aplicar melaza al 66 %, ya sea en capas de 10 o 20 cm; y con esto se asegura el adecuado proceso de fermentación (estabilidad del ensilado: pH 3.8-4.0).

Palabras clave: Conservación de forraje, proteína cruda, densidad del ensilado, pH.

ABSTRACT

Soybean forage silages of the Huasteca 200 variety were elaborated and five levels of molasses (0, 25, 33, 50 and 66 %) diluted with water and applied in forage layers every 10 and 20 cm were evaluated. The density (kg m^{-3}) of silage was determined in wet matter (MV: green matter), dry matter content (DM: %), pH and crude protein content (g kg^{-1}). The variables were analyzed in a randomized complete block design with four repetitions and the comparison of means was carried out using Tukey's test (α=0.05). It was observed that in the 10 treatments evaluated with different levels of molasses, the same density ($p>0.05$) was obtained in green matter and dry matter content, which ranged between 508 and 546 kg m^{-3} and between 21 and 23 %, respectively. It was found that the levels of molasses 25, 33 and 50 % were similar in terms of pH ($p>0.05$), whose values ranged between 4.7 and 5.1. The silage with the highest level of molasses, 66 % ($p<0.05$), presented the lowest pH values, which were similar ($p>0.05$) between the applications between the forage layers. It was observed that silages with molasses at 50 and 66 % had the highest content of crude protein, whose values ranged between 168 and 173 g kg^{-1}, and there was no difference between the application by layers. In conclusion, for an adequate conservation of soybean forage through silage, 66% molasses should be applied, either in layers of 10 or 20 cm; and this ensures the proper fermentation process (silage stability: pH 3.8-4.0).

Keywords: Forage preservation, crude protein, silage density, pH.

INTRODUCCIÓN

El estado de Tamaulipas dedica 4.67 millones de hectáreas (58 % del territorio) a la actividad ganadera; dicha actividad es de suma importancia, especialmente para la producción de bovinos carne; la cual, ocupa el primer lugar con el 32 % por valor de su producción. El sistema de producción que más se ha implementado es el de “vaca-becerro”; que consiste en la producción de becerros, para posteriormente venderlos al momento del destete; donde la mayoría de ellos se exportan al mercado de Estados Unidos y finalizan la engorda en sistemas de producción intensivos; mientras que el mercado nacional queda como objetivo secundario (Martínez-González *et al*., 2017).

La ganadería se lleva a cabo en todo el Estado, pero la mayor producción está en las regiones Centro-Este y Sureste. En estas regiones la alimentación de los rumiantes se basa en forrajes, ya que son alimentos económicos en comparación con las dietas

integrales (Bautista-Martínez *et al*., 2020). Sin embargo, la variabilidad de condiciones climáticas (precipitación y temperatura), propician la estacionalidad en la producción y variación en el valor nutritivo del forraje; durante las épocas invernal y seca, la disponibilidad de forraje disminuye significativamente, además, los residuos de cosecha y pastos en estado de madurez avanzado utilizados durante estas épocas, son de bajo valor nutritivo, con contenidos de proteína <60 g kg^{-1} (Ávila, 2013).

La soya [*Glycine max* (L.) Merr.] es un forraje de alto valor nutritivo, presenta contenidos de proteína cruda entre 135 y 203 g kg^{-1} (Garay-Martínez *et al.*, 2021). Una alternativa para contrarrestar la falta de alimento durante la época seca puede ser el ensilado, que tiene un papel central en la conservación del forraje en los trópicos (Daniel *et al*., 2019). Para conservar el forraje mediante el ensilado es necesario que éste tenga una fuente de carbohidratos solubles. En este sentido, la melaza debido a su alto contenido de azúcares se puede utilizar como aditivo en los forrajes para poder conservarlos mediante en ensilaje; el cual, es un proceso de fermentación anaerobia controlada, donde se mantiene estable la composición del forraje durante largo tiempo a través de la acidificación del medio (Daniel *et al*., 2019). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el forraje de soya adicionado con melaza para su conservación mediante el ensilaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a diciembre de 2022 en el Sitio Experimental Ébano. Las coordenadas geográficas son 22° 10’ 05” N y 98° 28’ 10” O, a 19 msnm. El clima se clasifica como cálido subhúmedo [Ax_2 (x’); García, 2004]. Las temperaturas máxima y mínima promedio son de 30.4 y 20.1 °C, respetivamente; la precipitación promedio anual del lugar es de 836 mm y el 78 % se presenta en los meses de junio a octubre.

Para la elaboración de los ensilados se utilizó como recurso vegetal la variedad comercial de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] Huasteca 200. Los tratamientos evaluados fueron cinco niveles de melaza diluida con agua (0, 25, 33, 50 y 66 %) y la aplicación en capas de forraje cada 10 y 20 cm. La preparación de suelo y control de malezas y plagas se realizó de acuerdo con el paquete tecnológico para la producción de soya en el estado de Tamaulipas (Maldonado *et al*., 2017). La siembra se realizó el 29 de junio del 2022, en

surcos a 0.80 m de distancia, donde hubo 20±2 plantas por metro lineal y con ello obtener una densidad de ≈250,000 plantas ha^{-1}.

Dos días antes de elaborar los ensilados, se tomaron 3 muestras de forraje de soya, las cuales se separaron en componentes morfológicos: hoja (foliolo + raquis + peciolo), tallo y vaina (valva + semilla) y se siguió la metodología descrita por Garay-Martínez *et al*. (2021) para determinar el rendimiento de forraje y contenido de materia seca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del forraje de soya al momento de realizar los ensilados.

AP	**MVT**	**MST**	**Hoja**	**Tallo**	**Flor**	**Hoja**	**Tallo**	**Flor**
(cm)	**t ha^{-1}**					**%**		
120±11	25.95±1.23	7.53±0.64	2.28±0.43	1.688±0.31	3.57±0.40	31±4	22±5	47±2

AP: Altura de planta; MVT: Materia verde total; MST: materia seca total; Promedio ± Desviación estándar.

Para elaborar los ensilados, se cosecharon 200 kg de forraje, el cual se cortó a 10±5 cm sobre el nivel del suelo, dicho forraje se picó a un tamaño de partícula de 2.0±0.5 cm. Posteriormente, en cada capa de forraje se agregaron 9.1 mL de cada uno de los tratamientos; esta cantidad representó ≈0.5 L m^{-2}. El forraje se depositó en microsilos de PVC (6” × 40 cm, con tapa fija en un extremo), se compactaron y se sellaron con una capa de polietileno fijada con cinta adhesiva para ductos. Los microsilos se almacenaron y trascurridos 90 días se abrieron y se obtuvieron muestras para analizarlas.

Se determinó la densidad (kg m^{-3}) de forraje ensilado en materia verde (MV) y contenido de materia seca (MS; %). Para determinar el pH del ensilado se utilizó una muestra de 25 g de cada microsilo y se depositó en un vaso de precipitado de 500 mL, después se le agregaron 250 mL de agua destilada y se agitó cada 2 min durante 10 min y se tomó la lectura mediante un potenciómetro (HI98130, Hanna Instruments®). El contenido (g kg^{-1}) de proteína cruda se determinó mediante la metodología descrita por la AOAC (2019). Las variables se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (2004) en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó que en los 10 tratamientos evaluados con diferentes niveles de melaza se obtuvo la misma densidad ($p>0.05$) en materia verde y contenido de materia seca, la cual osciló entre 508 y 546 kg m^{-3} y entre 21 y 23 %, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables evaluadas en ensilados de forraje de soya adicionado con diferentes niveles de melaza.

Nivel de Melaza	Capas (cm)	Densidad MV (kg m^{-3})		MS (%)		pH		PC (g kg^{-1})	
0%*	10 cm	546	a	21	a	5.1	a	148	f
	20 cm	532	a	21	a	5.0	a	150	f
25 %	10 cm	511	a	22	a	5.0	a	154	e
	20 cm	510	a	22	a	5.0	a	152	ef
33 %	10 cm	509	a	23	a	4.9	a	163	dc
	20 cm	510	a	22	a	5.0	a	162	d
50 %	10 cm	508	a	23	a	4.7	b	168	abc
	20 cm	515	a	23	a	4.8	b	168	bc
66 %	10 cm	527	a	22	a	3.8	c	173	a
	20 cm	538	a	22	a	4.0	c	170	ab

*: Solo agua (testigo); MV: Materia Verde; MS: materia seca. pH: potencial de Hidrógeno; ^{abcdef} Las letras diferentes entre las filas indican diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Se encontró que los niveles de melaza 25, 33 y 50 % fueron similares en cuanto a pH ($p>0.05$), cuyos valores oscilaron entre 4.7 y 5.1. El ensilado con mayor nivel de melaza, 66 % ($p<0.05$), presentó los valores más bajos de pH (3.8-4.0), los cuales fueron similares ($p>0.05$) entre las aplicaciones entre las capas de forraje (Cuadro 2). Esto indicó que el proceso de ensilaje fue adecuado, ya que las bacterias productoras de ácido láctico, tales como *Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp. y *Streptococcus* spp., se desarrollan en pH con valores de 3.8 a 5.0 (Garcés *et al*., 2004). Los ensilados con melaza al 50 y 66 % presentaron el mayor contenido de proteína cruda, cuyos valores oscilaron entre 168 y 173 g kg^{-1}, y no hubo diferencia entre la aplicación por capas. En este sentido, se ha reportado que para que los microorganismos del rumen tengan una adecuada actividad y puedan digerir la fibra, el contenido de proteína cruda en el forraje

debe ser >70 g kg^{-1} (Lazzarini *et al*., 2009). Por lo cual, el ensilado de soya adicionado con melaza podría ser un suplemento alimenticio para la alimentación de rumiantes, sobre todo durante la época seca, donde la proteína es el nutriente más deficiente en la dieta de los animales en pastoreo (Wassie *et al*., 2019; Bautista-Martínez *et al*., 2020).

CONCLUSIONES

Para una adecuada conservación del forraje de soya mediante el ensilado y preservar los contenidos de proteína cruda (≈170 g kg^{-1}), se debe aplicar melaza al 66 %, ya sea en capas de 10 o 20 cm; y con esto se asegura el adecuado proceso de fermentación (estabilidad del ensilado: pH 3.8-4.0).

REFERENCIAS

AOAC. 2019. *Official Methods of Analysis of AOAC International.* 21st ed. Association of Official Analytical Chemists: Montgomery, Maryland, USA.

Ávila, J.M. 2013. Producción de semilla de los pastos Angleton y Medio Bluestem. 1ra Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 18p.

Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., Joaquín-Cancino, S., Ruiz-Albarrán, M., Garay-Martínez, J.R., Infante-Rodríguez, F., Granados-Rivera, L.D. 2020. Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova Scientia,* 12(25): 1-21. https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2117

Daniel, J.L.P., Bernardes, T.F., Jobim, C.C., Schmidt, P., Nussio, yL.G. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. Grass and Forage Science, 74(2): 188-200. https://doi.org/10.1111/gfs.12417

Garay-Martínez, J.R., Maldonado-Moreno, N., Ascencio-Luciano, G., Joaquín Cancino, S., Bautista-Martínez, Y., Granados-Rivera, L.D. 2021. Potencial forrajero de líneas experimentales de soya (Glycine max). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, Num. Esp. II: e2932. https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2932

Garcés, A.M., Berrio, L., Ruiz S., Serna, J.G., Andrés, B.A. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación, 1(1): 66-71.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía- Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.

Lazzarini, I., Detmann, E., Batista, C., Fonseca, M., Valadares, S.C., Augusto, M., Albani, F. 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(10): 2021–2030. https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024

Maldonado, N. 2017. Soya de temporal y riego para el sur de Tamaulipas, ciclo P-V. En: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (ed). Agenda Técnica Agrícola de Tamaulipas. Ciudad de México, México. pp: 92-105.

Martínez-González, J.C., Castillo-Rodríguez, S.P., Villalobos-Cortés A., Hernández-Meléndez, J. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. Ciencia Agropecuaria, 26:132-152.

SAS Institute Inc. (2004). SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.

Wassie, S.H., Ali, A.I.M., Korir, D., Butterbach-Bahl, K., Goopy, J., Merbold, L., Schlecht, E., Dickhoefer, U. 2019. Effects of feed intake level on efficiency of microbial protein synthesis and nitrogen balance in Boran steers consuming tropical poor-quality forage. Archives of Animal Nutrition, 73(2): 140-157. https://doi.org/10.1080/1745039x.2019.1572343

INCLUSIÓN DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA DURANTE LA PRE-CONCEPCIÓN SOBRE EL PESO Y TAMAÑO AL NACIMIENTO DE LA PROGENIE

Gemma Martínez-Lara[1], Juan M. Vázquez-García[1], Luisa E.S. Hernández-Arteaga[1], Fabiola Villegas-Rodriguez[1], Venancio Cuevas-Reyes[2], Manuel J. Flores-Najera[3], César A. Rosales-Nieto[1,4]*

[1]*Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México*

[2]*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, Texcoco, Ciudad de México, México.*

[3]*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México.*

[4]*Department of Agricultural Sciences, Texas State University, San Marcos 78666, USA*

*Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (nieto_cesar@hotmail.com)

RESUMEN

La mayoría de los caprinos manejados extensivamente enfrentan desafíos nutricionales durante la pre-concepción y concepción. Alimentación deficiente durante la pre-concepción puede reducir la calidad de la línea germinal y consecuentemente el desarrollo fetal y postnatal de la progenie. Es necesario desarrollar estrategias simples de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales y reducir costos de operación. Una opción es incluir residuos de panadería en la dieta de los animales. Se utilizaron cabras adultas multíparas (n=67) y su progenie (n=118) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP para determinar el impacto de la inclusión de residuos de panadería sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento e índice de masa corporal al nacimiento. Durante el empadre, las hembras fueron separadas en dos tratamientos y recibieron la suplementación por 42 días (T-BP: n=33; recibieron 300 gr de concentrado basado en residuos de panadería de manera individual o T-CTL: n=34; recibieron 300 gr de concentrado comercial [Nu3®]). Durante la gestación, las cabras fueron alimentadas con heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz. Al nacimiento de la progenie se determinó el peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), tipo de parto y sexo. El peso al nacimiento no difirió entre tratamientos (T-BP: 3.5±0.1 kg; T-CTL: 3.5±0.7 kg; $P > 0.05$).

El índice de masa corporal al nacimiento no difirió entre tratamientos (T-BP: 0.44±0.1 units; T-CTL: 0.43±0.1 units; P > 0.05). Se concluye que la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante el empadre no afecta negativamente el desarrollo fetal, ni el peso al nacimiento ni el índice de masa corporal. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, desarrollo postnatal de la progenie y análisis económico.

ABSTRACT

Most extensively managed goats face nutritional challenges during pre-conception and conception. Poor feeding during pre-conception can reduce the quality of the germ line and, consequently, the fetal and postnatal development of the progeny. It is necessary to develop simple, low-cost strategies that allow goat breeders to increase the productivity of their animals and reduce operating costs. One option is to include bakery waste in the animals' diet. Adult multiparous goats (n=67) and their progeny (n=118) from the Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP were used to determine the impact of the inclusion of bakery residues on fetal development, weight at birth and body mass index at birth. During mating, the females were separated into two treatments and received supplementation for 42 days (T-BP: n=33; they received 300 g of concentrate based on bakery waste individually or T-CTL: n=34; they received 300 gr of commercial concentrate [Nu3®]). During pregnancy, the goats were fed oat hay, alfalfa, and corn silage. At the birth of the progeny, birth weight, body mass index (BMI), litter size, and sex were determined. Birth weight did not differ between treatments (T-BP: 3.5±0.1 kg; T-CTL: 3.5±0.7 kg; P > 0.05). Body mass index at birth did not differ between treatments (T-BP: 0.44±0.1 units; T-CTL: 0.43±0.1 units; P > 0.05). It is concluded that including a concentrate based on bakery waste during mating does not negatively affect fetal development, birth weight, or body mass index. More studies are necessary to determine the impact of the consumption of concentrate based on bakery residues on the animal's metabolism, the composition of the milk, postnatal development of the progeny, and economic analysis.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, las cabras se distribuyen en diversas zonas geográficas y agroecológicas y el 95% de ellas se crían en países en desarrollo (Miller y Lu, 2019). En particular, las cabras son importantes para la producción de leche y carne y suelen ser la principal fuente de ingresos en los sistemas agrícolas de bajos insumos (González-Bulnes et al., 2011). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruza genética, distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos (SIAP, 2022). Los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021) a consecuencia del cambio climático que ha ocasionado seguías más prolongadas, incremento en temperaturas extremas y cambio en la vegetación disponible (Ciscar et al., 2018; Kuraz et al., 2021). En este tipo de sistemas, generalmente, los animales no reciben ningún suplemento (Cuevas-Reyes y Rosales-Nieto, 2018), y consecuentemente, la eficiencia reproductiva materna es reducida, con un alto porcentaje de abortos e incrementada mortalidad perinatal (Mellado et al., 2020).

Este panorama es recurrente en las condiciones en donde la mayoría de los caprinos son manejados en México. Se ha demostrado que cuando los requerimientos nutricionales maternos no son cubiertos durante la gestación repercuten negativamente sobre el crecimiento fetal y el desarrollo postnatal del recién nacido (Fowden et al., 2009; Sferruzzi-Perri et al., 2013). Evidencia nueva, indica que cuando la desnutrición inicia durante el proceso de la pre-concepción puede afectar directamente la línea germinal materna (Jungheim et al., 2010; Tsoulis et al., 2016). Lo cual puede afectar la eficiencia reproductiva materna y el desarrollo fetal y postnatal de la progenie (Daly et al., 2022; Fowden et al., 2022). Adicionalmente, es posible que durante la vida adulta de la progenie se afecte la eficiencia reproductiva (Copping et al., 2018).

Bajo este panorama poco alentador, es necesario desarrollar estrategias con métodos simples y de menor costo que permita a los productores de cabras reducir el impacto negativo de la falta de alimento durante la pre-concepción y concepción y poder incrementar la productividad de sus animales. Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo, ya que alcanzan su límite de vida de anaquel y son desechados. Estos productos presentan un alto contenido de grasa y que pudiera ser aprovechado por el animal para incrementar la energía circulante y que impacte directamente los parámetros productivos y reproductivos (Rosales-Nieto et al., 2021). Sin embargo, hasta al momento la

información es limitada sobre la inclusión de residuos de panadería en la dieta materna. Resultados positivos se han reportado sobre parámetros lácteos (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Kaltenegger et al., 2020; 2021). Sin embargo, es posible que el consumo afecte el metabolismo del animal (Kaltenegger et al., 2020; 2021). De tal manera que el presente experimento pretende determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento e índice de masa corporal de la progenie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ética animal

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny et al., 2010).

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51’ 40.49’’ O y 22° 13’ 56.63’’ N).

Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron cabras adultas multíparas (n=67) y su progenie (n=118) para determinar el impacto de la inclusión de residuos de panadería sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento e índice de masa corporal al nacimiento. Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios por hembra de concentrado en base a residuos de panadería (48.9±1.1 kg; Cuadro 1) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (48.4±1.4 kg; Cuadro 1). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 59 repeticiones cada uno. La dieta basal durante la gestación estuvo a base de heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz (Cuadro 2). Al nacimiento de la progenie se determinó el peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), tipo de parto y sexo. El índice de masa corporal se determinó de acuerdo a lo previamente reportado (Rosales-Nieto et al., 2020; 2021).

Cuadro 1. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería y comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería				**Nu3®**	
Composición	**%**	**Análisis Calculado**		**Análisis Reportado**	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Cuadro 2. Aporte nutricional de la dieta base ofrecida durante el experimento a cabras multíparas durante el empadre.

Dieta	**Parámetro / Aporte**	
Ingredientes (en dieta)	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al nacimiento e índice de masa corporal (IMC) se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue el tratamiento. El tipo de parto y sexo de las crías se agregaron como co-variables.

RESULTADOS

Peso al Nacimiento

El peso promedio al nacimiento fue de 3.5±0.1 kg para la progenie T-BP y 3.5±0.7 kg para la progenie T-CTL (P > 0.05). Los machos (3.6±0.1) fueron más pesadas que las hembras (3.4±0.07; P < 0.05; cuadro 3). Las crías de parto sencillo (3.6±0.2) fueron similares a las crías de parto doble (3.6±0.07), pero más pesadas que las crías de parto triple (3.2±0.1; P < 0.001; cuadro 3).

Índice de Masa Corporal al Nacimiento (IMC)

El IMC al nacimiento de la progenie fue de 0.44±0.1 unidades para la progenie T-BP y 0.43±0.1 unidades para la progenie T-CTL (P > 0.05). Los machos (0.45±0.1) fueron más grandes que las hembras (0.42±0.1; P < 0.05; cuadro 3). Las crías de parto sencillo (0.45±0.1) fueron similares a las crías de parto doble (0.45±0.01), pero más grandes que las crías de parto triple (0.40±0.01; P = 0.08; cuadro 3).

Cuadro 3. Peso e índice de masa corporal al nacimiento, y desarrollo postnatal de la progenie de hembras multíparas adultas que recibieron suplemento a base de residuos de panadería o comercial por un periodo de 42 días pre-concepción y concepción. La variable genotipo combina el sexo y el tipo de parto de la progenie. La variable sexo combina el genotipo y el tipo de parto de la progenie. La variable tipo de parto combina el genotipo y el sexo de la progenie.

TRT	**n**	**Peso Nacimiento (kg)**	**Índice Masa Corporal (unidades)**
T-BP	59	3.5±0.1	0.44±0.01
T-CTL	59	3.5±0.07	0.43±0.01
Valor p		0.74	0.59
Sexo			
Hembras	63	3.4±0.07	0.42±0.01
Machos	55	3.6±0.09	0.45±0.01
Valor p		0.04	0.05
Tipo Parto			
Sencillo	14	3.6±0.20	0.45±0.03

Gemelo	74	3.6±0.07	0.45±0.01
Triple	30	3.2±0.10	0.40±0.01
Valor p		0.001	0.08

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería ofrecido durante el periodo pre-concepción y concepción sobre el desarrollo fetal, peso al nacimiento y tamaño al nacimiento. Los resultados son interesantes dado que demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no afecta negativamente las variables al nacimiento obtenidas. Esto abre la oportunidad para investigar más a detalle la inclusión del concentrado a base de residuos de panadería durante las diferentes etapas fisiológicas de las hembras caprinas, particularmente sobre el metabolismo y el bienestar animal.

Se ha establecido que la manipulación de la dieta materna durante el periodo pre-concepción puede afectar negativamente la línea germinal materna (Jungheim et al., 2010; Tsoulis et al., 2016) y como consecuencia un reducido desarrollo fetal y peso al nacimiento (Daly et al., 2022; Fowden et al., 2022). Nuestros resultados indican que el peso y tamaño al nacimiento no se vieron afectados por los tratamientos a pesar que la dieta ofrecida durante la gestación no cubrió los requerimientos para una hembra gestante. Es importante destacar que el concentrado a base de residuos de panadería tiene un contenido mayor de grasa que el concentrado comercial ofrecido al T-CTL. De tal manera que es necesario determinar el desarrollo postnatal de las crías y la eficiencia reproductiva en un futuro.

Al momento, la información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Sin embargo, este grupo de investigación ha reportado que el uso de este concentrado no afecta negativamente la respuesta reproductiva de hembras multíparas (datos por publicar en esta reunión), la producción o la calidad de la leche y disminución de los costos de producción (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Cuevas-Reyes et al., 2022). Un detalle interesante que observamos fue la proporción de hembras:machos. Resulta interesante dado que generalmente la proporción de hembras y machos era 1:1; sin embargo, en el presente experimento observamos una mayor proporción de hembras que de machos (15%; 63:55). Este tipo de observaciones se tienen que analizar con detalle dado que en los ungulados con gestaciones de múltiples fetos hace difícil la interpretación. Sin embargo,

es posible que la teoría de Trivers-Willard haya aplicado y que el estado metabólico de la madre al momento de la concepción haya influido la proporción de hembras y machos (Trivers y Willard, 1973). Esto resalta, dado que se publicó que la inclusión de residuos de panadería en la dieta de vacas Simental tuvo un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021).

Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el metabolismo, composición de leche, y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

CONCLUSIÓN

Se concluye que la inclusión de residuos de panadería a una dosis de 300 gr diarios por animal no influye negativamente el peso y tamaño al nacimiento. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, el cambio de peso, desarrollo de progenie y análisis económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Cuevas-Reyes, V., Rosales-Nieto, C., 2018. Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest Mexico: producers, resources and problematic. Revista MVZ Córdoba 23, 6448-6460.

Cuevas-Reyes V, Hernández-Arteaga LES, Flores-Nájera MJ, Vázquez-García JM, Villareal Rostro DM, Ballesteros Rodea G, Rosales-Nieto CA. 2022. Análisis beneficio costo sobre el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre eficiencia láctea en cabras. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México

Ciscar J-C, Fisher-Vanden Kand LobellDB 2018 Synthesis and review: an inter-method comparison of climate change impacts on agriculture Environ. Res. Lett. 13

Copping KJ, Ruiz-Diaz MD, Rutland CS, Mongan NP, Callaghan MJ, McMillen IC, Rodgers RJ, Perry VEA. Peri-conception and first trimester diet modifies reproductive development in bulls. Reproduction, Fertility and Development 2018;30:703-720

Daly M, Kipping RR, Tinner LE, Sanders J, White James W. Preconception exposures and adverse pregnancy, birth and postpartum outcomes: Umbrella review of systematic reviews. Paediatric and Perinatal Epidemiology 2022;36:288-299

García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. Journal of Arid Environments 186, 104429.

Fowden AL, Sferruzzi-Perri AN, Coan PM, Constancia M, Burton GJ. Placental efficiency and adaptation: Endocrine regulation. The Journal of Physiology 2009;587:3459-3472.

Fowden AL, Vaughan OR, Murray AJ, Forhead AJ. Metabolic consequences of glucocorticoid exposure before birth. Nutrients 2022;14:2304.

Gonzalez-Bulnes, A., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60. ISBN: 978-1-61761-541-2.

Jungheim ES, Schoeller EL, Marquard KL, Louden ED, Schaffer JE, Moley KH. Diet-induced obesity model: Abnormal oocytes and persistent growth abnormalities in the offspring. Endocrinology 2010;151:4039-4046

Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. J Dairy Sci 103, 10122-10135.

Kaltenegger, A., Humer, E., Pacífico, C., Zebeli, Q., 2021. Feeding dairy cows bakery by-products enhanced nutrient digestibility, but affected fecal microbial composition and pH in a dose-dependent manner. Journal of Dairy Science 104, 7781-7793.

Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. PLOS Biology 2010;8:e1000412

Kuraz, Belete, Mulugeta Tesfaye, and Sharew Mekonenn. "Climate Change Impacts on Animal Production and Contribution of Animal Production Sector to Global Climate Change: A Review." Agricultural Science Digest 41, no. 4 (December 2021): 523–30. doi:10.18805/ag.D-344

Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. Tropical Animal Health and Production 52, 2737-2741.

Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. Tropical Animal Health and Production 54, 193.

Miller, B.A., Lu, C.D., 2019. Current status of global dairy goat production: an overview. Asian-Australasian journal of animal sciences 32, 1219-1232.

Rosales Nieto CA, Mantey A, Makela B, Byrem T, Ehrhardt R, Veiga-Lopez A. Shearing during late pregnancy increases size at birth but does not alter placental endocrine responses in sheep. animal 2020;14:799-806

Rosales-Nieto, C.A., Ehrhardt, R., Mantey, A., Makela, B., Byrem, Veiga-Lopez, A., 2021. Preconceptional diet manipulation and fetus number can influence placenta endocrine function in sheep. Domestic Animal Endocrinology 74, 106577.

SAS Institute, 2010. SAS/Stat user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Sferruzzi-Perri AN, Vaughan OR, Forhead AJ, Fowden AL. Hormonal and nutritional drivers of intrauterine growth. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care 2013;16:298-309.

SIAP. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Población Ganadera Caprino 2022. Available https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/ (accessed on July 26, 2023).

Trivers RL, Willard DE. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. Science. 1973 Jan 5;179(4068):90-2.

Tsoulis MW, Chang PE, Moore CJ, Chan KA, Gohir W, Petrik JJ, Vickers MH, Connor KL, Sloboda DM. Maternal high-fat diet-induced loss of fetal oocytes is associated with compromised follicle growth in adult rat offspring1. Biology of Reproduction 2016;94

Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Flores-Nájera, M., Herrera-Corredor C.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022a. Suplementación de concentrado a base de residuos de panadería durante la lactancia tardía sobre la calidad de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.

Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Cuevas-Reyes, V., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022b. Consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el cambio de peso y producción de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.

ÍNDICE DE FERTILIDAD EN VAQUILLAS HOLSTEIN INSEMINADAS CON SEMEN SEXADO

Guerrero Cervantes Maribel[1], Reveles Saucedo Fanny Olivia[1], Pinzón Díaz Carmen Elisa[1] Malacara Sánchez Fátima del Milagro[1], Gallegos de la Hoya Mayela Patricia[1*]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. Durango – Mezquital km 11.5 CP 34197. Durango, Dgo., México

*[1]mayelapat@yahoo.com.mx

RESUMEN

Para evaluar los índices de fertilidad en vaquillas Holstein inseminadas con semen sexado, en un establo lechero de la Laguna, Durango durante los meses de mayo, junio y julio de 2021; se incluyeron 666 vaquillas con un peso promedio de 362.20 ± 9.24 kg, edad de 15.16 ± 1.38 meses y condición corporal de 2.7 ±.06. Se inseminaron con semen sexado y el diagnóstico de gestación se realizó a los 40 días después. Los animales que retornaron al estro, recibieron una segunda dosis de semen sexado. El tercer servicio se proporcionó con semen convencional. El índice de fertilidad al 1er servicio fue de 52.2% en promedio, no hubo diferencia ($P > 0.5$) entre los meses evaluados. Mientras que al 2do servicio se registró 29.1% de fertilidad. El índice de repetidoras (tres servicios o más) fue de 19.4%. Las vaquillas que quedaron gestantes al primer y segundo servicio (65% 438/666), tendrían su primer parto dentro de la edad recomendada de acuerdo a la raza (24.1 ± 1.4 meses de edad). El peso, edad y condición corporal al primer servicio de las vaquillas Holstein, fueron los indicados para la raza. El índice de fertilidad obtenido al primer y segundo servicio, fue bajo respecto al obtenido con semen convencional.

Palabras clave: vaquillas Holstein, semen sexado, índice de fertilidad

ABSTRACT

To evaluate the fertility rates in Holstein heifers inseminated with sexed semen in a dairy herd in La Laguna, Durango, 666 heifers with an average weight of 362.2 ± 9.2 kg, age of 15.1 ± 1.3 months and body condition of 2.7 ±.06 were included. They were inseminated with sexed semen and the pregnancy diagnosis was made 40 days later. The animals that

returned to estrus received a second dose of sexed semen. The third service was provided with conventional semen. The fertility index at the first service was 52.2% on average, there was no difference (P>0.05) between the months evaluated. While at the second service, 29.1% fertility was registered. The rate of repeaters (three services or more) was 19.4%. The heifers that became pregnant at the first and second service (65%), would have their first calving within the recommended age according to the breed (24.1 ± 1.4 months of age). The weight, age and body condition at first service of the Holstein heifers were indicated for the breed. The fertility index obtained at the first and second service was low compared to that obtained with conventional semen.

Key words: Holstein heifers, sexed semen, fertility index

INTRODUCCIÓN

La fertilidad del ganado bovino productor de leche, ha disminuido de 1990 a la fecha, lo que ha impactado en la vida productiva de estos animales; que ahora es inferior a tres partos por vaca. En los últimos 20 años, el índice de gestación en vacas Holstein ha descendido del 80 al 40% y se ha incrementado hasta un 30% el desecho involuntario en los hatos (Ruiz, 2017). En México, la crianza de las vaquillas de reemplazo en las explotaciones ha cobrado importancia por rentabilidad y sanidad (Waterman *et al*., 2012; Holden and Butler, 2018); estos animales, reemplazan a las vacas que son eliminadas por diversas causas (Radke *et al*., 2005). La edad al primer parto y el índice de reemplazo del hato, son los factores más importantes que influyen en los costos de las vaquillas (Tozer and Heinrichs, 2001); estas hembras deben alcanzar el 55 % del peso adulto a los 14-15 meses de edad, para que puedan gestar a los 15-16 meses y parir a los 24-25 meses de edad. La gestación a los 14 meses reduce la edad del primer parto de 1 a 1,5 meses, lo que incrementa los ingresos por concepto de leche (Whitlock and Amaral-Phillips, 2020). El uso de semen sexado, es la técnica que ha permitido incrementar el número de hembras disponibles, disminuir la incidencia de machos y de distocia por desproporción feto pélvica (Quelhas *et a*l., 2021; Balzani *et al*., 2021). El índice de preñez al primer servicio en vaquillas inseminadas con semen convencional es de 60 a 70% y de 45 a 50% con semen sexado (DeJarnette *et al*., 2009); lo anterior puede ser por algún problema en los gametos (espermatozoides u óvulos); la baja concentración de las pajillas, producción de progesterona, ambiente uterino, etc. La mortalidad embrionaria temprana es causa de infertilidad. La técnica del semen sexado ha ido mejorando en los últimos años y cabe la

posibilidad que con el tiempo sea más efectiva y se mejore el índice de concepción (Schenk *et al*., 2009; Healy *et al*., 2013) y se reduzcan los costos en comparación con el semen convencional (Seidel, 2007). Reese *et al*., (2021), encontraron que con el semen sexado el índice de preñez se reduce en un 23% y de parto en un 24%; destacan que es el impacto de la clasificación sexual de los espermatozoides, en el proceso de fertilización y el desarrollo embrionario temprano. En vacas Holstein, el porcentaje de concepción al primer servicio posparto, no es mayor de 30%. Ruiz, (2017) reporta un índice de gestación de 34.6 *vs* 35.7% (P>0.05) en vaquillas Holstein inseminadas con semen sexado y aplicación de GnRH el día 5 y 12 después del servicio. Las razones de la reducción de la capacidad de fertilización de los espermatozoides sexados, solo se conocen en parte (Bharati and Gupta, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un establo de la Comarca Lagunera, entre los estados de Durango y Coahuila en los meridianos 102° 03' 09" y 104° 46' 12" de longitud oeste y los paralelos 24° 22' 21" y 26° 52' 54" latitud norte y 1,139 msnm (Google Earth, 2018). La temperatura media anual es de 20 °C, la máxima extrema de 45 °C en el verano y la mínima extrema de -7 °C durante el invierno. El clima es árido caliente y desértico, con una precipitación media anual de 220 mm, presentándose el período de lluvias durante el verano y el otoño (INEGI, 2010). En promedio en el establo hay 3,000 vaquillas preñadas de la raza Holstein Friesian. Las vaquillas se inseminan a los 14 meses de edad, con un peso de 350 kilos y Condición Corporal (CC) de 3.0 a 3.5. En este trabajo, se incluyeron 666 vaquillas que fueron inseminadas durante los meses de mayo (n = 198) junio (n = 221) y julio (n = 247) de 2022. El primer y segundo servicio se proporcionó con semen sexado y el tercer servicio fue con semen convencional y estro sincronizado. El diagnóstico de gestación se realizó a los 40 días después del último servicio en todos los casos. Las vaquillas con segundo servicio y que se encontraron vacías, entraron al protocolo 1721 (Figura 1) utilizando GnRH (Acetato de Gonadorelina 50 mcg) y $PGF_2\alpha$ (Prostaglandina $F_2\alpha$, Cloprostenol sódico, 25 mg).

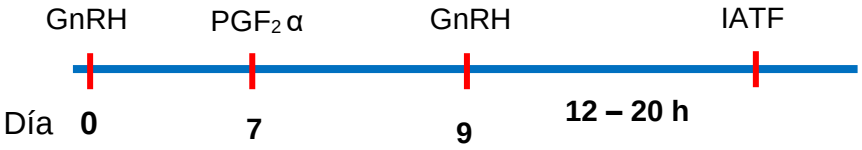


Figura 1. Protocolo 1721 para la Sincronización del Estro y la Ovulación en vaquillas Holstein, en la Comarca Lagunera, México.

Las vaquillas que resultaron negativas (vacías) al primer servicio, fueron monitoreadas para un segundo servicio y en su caso posterior sincronización de estros y ovulación para un tercer servicio con semen convencional (Figura 1). Se midió el peso al primer servicio (kg), edad al primer servicio (meses), condición corporal (1-5), índice de fertilidad al 1er servicio (%), índice de retorno al estro (%), índice de fertilidad al 2do servicio (%), índice de fertilidad al 3er servicio (%), índice de fertilidad con semen sexado y semen convencional (%), servicios por concepción (No.), edad al primer parto (meses). Los datos se analizaron mediante un ANOVA. Para la comparación de medias, se usó una prueba Duncan (SPSS ver 19).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso promedio de las vaquillas al primer servicio fue de 362.20 ± 9.24 kg (Tabla 1); y fue igual entre meses (P > 0.05), el mínimo fue de 359 kg y el máximo de 389 kg.

Tabla 1. Peso, Edad y Condición Corporal (CC) en vaquillas Holstein al primer servicio, en un establo de la Laguna, Durango.

	Media ± DE			
	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Peso (kg)	359.6 ± 9.2	361.4 ± 9.2	364.9 ± 9.2	362.2 ± 9.2
Edad (meses)	15.0 ± 1.0	15.3 ± 1.6	15.0 ± 1.3	15.1 ± 1.3
CC (1-5)	2.7 ± .09	2.7 ± .05	2.7 ± .01	2.7 ± .06

DE = Desviación Estándar

En ganado bovino productor de leche como la raza Holstein, el peso ideal al primer servicio y gestación debe ser entre el 55-60% del peso adulto (340-350 kg). Una vaquilla debe gestar a los 14-15 meses (Tozer and Heinrichs, 2001) y el primer parto ocurrir a los 23-25 meses de edad para que sea rentable (Bailey and Currin, 1999). En este caso, el índice de fertilidad

fue igual (P > 0.05) entre los meses evaluados (Tabla 2); aunque en junio hubo mayor número de vaquillas gestantes. El índice de fertilidad fue bajo comparado con el que se obtiene con semen convencional; y similar a algunos reportes con semen sexado. Abdalla et al., (2014) reportan 62 y 34% de fertilidad en novillas Holstein con semen convencional y sexado; índice de partos de 51 y 29% e índice de abortos de 11 y 8%, respectivamente. En tanto que An et al., (2010) obtuvieron un 58 y 53% de fertilidad con semen convencional y sexado. Respecto a la fertilidad en vaquillas y vacas, Reese et al., (2021), reportan diferencias significativas con semen sexado. Por su mayor costo y menor índice de fertilidad, el semen sexado está recomendado en vaquillas para la primer y quizá segundo servicio.

Tabla 2. Índice de fertilidad, retorno al estro y edad al parto en vaquillas Holstein al 1er, 2do y 3er servicio, en un establo de la Laguna, Durango.

	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Fertilidad 1er Servicio (%)	44.4	57.9	51.8	52.2
Retorno al estro post 1er servicio (%)	55.6	42.1	48.2	47.8
Fertilidad 2do Servicio (%)	37.8	22.17	27.5	29.1
Retorno al estro y 3er Servicio (%)	17.8	19.9	20.7	19.4
Edad al 1er parto (meses)	24.1 ± 1.0	24.3 ± 1.6	24.0 ± 1.5	24.1 ± 1.4

En este caso, el índice de fertilidad al segundo servicio fue de 65%; 228 vaquillas se fueron al tercer servicio y de estas, solo el 19.4% quedó gestante; el índice de desecho por infertilidad fue de 15.6%. Reese et al., (2021) encontraron que el índice de preñez se reduce en un 23% y de partos en un 24% en bovinos lecheros. En vacas Holstein, el porcentaje de concepción en la primera inseminación posparto no es mayor de 30%. Ruiz, (2017) reporta 34.6 vs 35.7% (P > 0.05) de gestación en vaquillas Holstein inseminadas con semen sexado y aplicación de GnRH el día 5 y 12 después del servicio. Abdalla et al., (2014) reportan un índice de gestación de 62 y 34% en novillas Holstein con semen convencional y sexado; índice de parto de 51 y 29%, abortos de 11 y 8%, respectivamente. An et al., (2010), obtuvieron un 58 y 53% de fertilidad con semen convencional y sexado.

Respecto a la fertilidad en vaquillas y vacas, Reese et al., (2021), comentan que hay diferencias significativas con el uso de semen sexado. En la figura 3, se observa el número de servicios por concepción de las vaquillas Holstein. Las vaquillas que quedaron gestantes al 1er y 2do servicio (65%), parieron a la edad recomendada de acuerdo a la raza (Tabla 3).

Se encontró que el 65% de las vaquillas parieron a los 24 meses, 13.04% a los 25 meses, y 18.1% a los 26 meses de edad, lo que es aceptable de acuerdo a los patrones de crianza de las hembras de reemplazo en esta especie. El índice de desecho por infertilidad es alto (15.6%). Los bajos índices de gestación con el uso de semen sexado se traduce en un mayor período de servicio y mayor edad al primer parto. El costo de criar novillas hasta la edad reproductiva es de $ 2/día con un rango de $ 1.31 a $ 2.93. El uso de semen sexado generalmente aumenta el costo de crianza de la vaquilla y retrasa la entrada al hato productor por los índices de gestación menores que con el semen convencional (Kohlman et al., 2008). El efecto de la edad al primer parto sobre el desempeño como vaca lactante, siempre hay que considerarlo. Las vaquillas que paren demasiado jóvenes producen menos leche y una fertilidad reducida en la primera lactancia, y las vaquillas más viejas pueden experimentar más distocia. Sin embargo, el efecto de la edad al primer parto, depende en gran medida de las tasas de crecimiento o factores nutricionales o sanitarios.

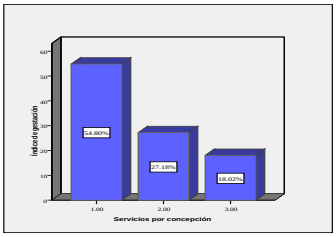


Figura 3. Servicios por concepción e índice de fertilidad al primer, segundo y tercer servicio, en vaquillas Holstein en la Laguna, Durango.

CONCLUSIONES

El índice de fertilidad obtenido al segundo servicio fue bajo. Sin embargo, es similar a otros estudios usando semen sexado. El intervalo entre servicios no corresponde a la longitud del ciclo estral, lo que indica que es posible que haya otras causas por las que no quedó gestante el animal (tal como pérdida embrionaria, estros silenciosos, ambiente endocrino inadecuado, etc.). La edad y la condición corporal de las vaquillas al primer servicio, indica que el aspecto nutricional, es adecuado. La edad al primer parto de las vaquillas que quedaron gestantes con el semen sexado, es la indicada de acuerdo a la raza. Las vaquillas que se fueron a tercer servicio, estarán dentro del límite superior aceptable (25 – 26 meses). Un beneficio del semen sexado, es el menor peso al nacimiento de las crías y disminución

de las distocias, lo que es importante cuando se planea incrementar los hatos, o bien realizar presión de selección para mejoramiento genético.

REFERENCIAS

Abdalla Hany, Moamed ABD El-Latif Ali, Mahmoud Salah El-Tarabany. 2014. Fertility of Commercial Sexed Semen and the Economics Analyses of its Application in Hostein Heifers. Adv. Anim. Vet. Sci. 2 (9): 535 -542.

An L, Z-H Wu, Y-F Wu, X-L Zhang, V Liu, Y-B Zhu, W-M Cheng, H-M Gao, J-H Tian. 2010. Fertility in Single-ovulation and Superovulated Dairy Heifers after Insemiation with Low Dose Sex-sorted Sperm. Rep. In Dom. Anim. 45:344-350

Balzani Agnese, Cintia Aparacida Vas do Amaral, Alison Hanlon. 2021. A Perspective on the Use of Sexed Semen to Reduce the Number of Surplus Male Dairy Calves in Ireland: A Pilot Study. Frontiers in Veterinary Science. Volumen 7 Article 623128

Quelhas Joana, Joana Santiago, Bárbara Matos, António Rocha, Graca Lopes, Margarida Fardilha. 2021. Bovine sems sexing: Sperm membrane proteómica as candidates for inmunological selection of X and Y chromosome-bearing sperm. Vet. Med. Sci. 7:1633-1641

Radke, B. R., J.W, Lloyda., J.R, Black., S, Harsh. 2005. The value of genetic information in selecting dairy replacements. Prev.Vet.Med.71(1-2) :71 - 81.

Reese, S., Pirez, M.C., Steele, H. y Kölle, S. 2021. The reproductive success of bovine sperm after sex-sorting: a meta-analysis. Sci. Rep. 11(1), 17366 doi.org/10.1038/s41598-021-96834-2

Ruiz Solís Roberto Carlos. 2017. Fertilidad de Vaquillas Holstein Inseminadas con Semen Sexado Tratadas con GnRH en los Días 5 y 12 Después de la Inseminación. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UNAM. Cd. Universitaria Cd. Mx., Mexico.

Seidel, G.E. 2007. Overview of sexing sperm. Theriogenology 68:443-446

Schenk, J. L., D. G. Cran, R. W. Everett, and G. E. Seidel Jr. 2009. Pregnancy rates in heifers and cows with cryopreserved, sexed sperm: Effects sperm numbers per inseminate, sorting pressure and sperm storage before sorting. Theriogenology 71:717–728.

Tozer, P.R., and A.J,Heinrichs. 2001. What Affects the Costs of Raising Replacement Dairy Heifers: A Multiple-Component Analysis. J. Dairy Sci.84:1836 – 1844.

Waterman, R.C., T.W, Geary., J.A, Paterson., R.J, Lipsey. 2012. Early weaning in Northern Great Plains beef cattle production system: II. Development of replacement heifers weaned at 80 or 215 of age. Livest.Prod.Sci.148: 36 – 45.

Whitlock Casey y Donna Amaral-Phillips. 2020. Heifer Replacement Programs. American Dairymen. Kentucky University. Extension Service.

NIVELES DE PROTEÍNA SÉRICA TOTAL EN BECERRAS ALIMENTADAS CON CALOSTRO EN EL ÁREA DE PARTOS VS EL ÁREA DE CRIANZA

TOTAL SERUM PROTEIN LEVELS IN CALVES FED WITH COLOSTRUM IN THE CALVING AREA VS THE REARING AREA

Ramirez-Uranga Karla Quetzalli[1], González-Avalos Ramiro[1*], Peña-Revuelta, Blanca Patricia[1], Ávila-Cisneros, Rafael[1], Macias-Ortiz, Edgar Jesus[2].

[1] Profesor Investigador – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México.

[2] Estudiante de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón Coahuila México.

[*]Autor de correspondencia:jaliscorga@gmail.com

RESUMEN

Con el paso del tiempo, la industria lechera ha experimentado un crecimiento exponencial, siempre con un objetivo muy definido: alcanzar una producción sostenible y rentable a largo plazo. En este sentido, la clave del éxito radica en el área de crianza, donde un manejo, salud y bienestar apropiados de los animales durante esta etapa, les permitirá alcanzar su máximo potencial genético y productivo. En este periodo las becerras se enfrentan un entorno muy desafiante, lo que hace que el consumo de calostro sea esencial para protegerlas ante diversos agentes patógenos. El calostro es una fuente rica en nutrientes, pero sobre todo en diversos componentes inmunológicos que proporcionan inmunidad pasiva al neonato. Cabe destacar que, al realizar la administración de calostro, existen diversos estándares a cumplir para poder lograr que las crías obtengan una transferencia de inmunidad pasiva (TIP) exitosa. Con relación a esto, uno de los estándares clave a cumplir es que la cría reciba su primera toma de calostro durante la primera hora de vida. En diversas explotaciones se ha buscado cumplir con este estándar puntualmente, y con ello las estrategias de manejo se han ido perfeccionando a lo largo del tiempo, es por ello que el objetivo de este estudio fue analizar la concentración de proteína sérica total (PST) en becerras alimentadas con calostro en el área de partos vs el área de crianza. Se seleccionaron 40 becerras, para el T1 la administración de calostro se realizó en el área de

partos, por otro lado, en el T2 la administración de calostro se realizó en el área de crianza, cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando cada becerra como una unidad experimental. Se encontró diferencia estadística significatova entre tratamientos, en cuanto a la variable de tiempo en recibir la primera toma de calostro. Por otro lado, no se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en cuanto al peso, calidad, volumen de calostro y niveles de PST, los últimos fueron de 6.23 g/dL para el T1 y 6.55 g/dL para el T2, los niveles reportados en este estudio se relacionan a una TIP exitosa en ambas áreas, lo cual se traduce en una adecuada protección inmune para las crías frente a diversos agentes patógenos.

Palabras clave: calostro, inmunoglobulinas, proteína sérica, parto, crianza.

ABSTRACT

Over time, the dairy industry has experienced exponential growth, always with a very defined objective: to achieve sustainable and profitable production in the long term. In this sense, the key to success lies in the breeding area, where proper management, health and welfare of the animals during this stage will allow them to reach their maximum genetic and productive potential. During this period, calves face a very challenging environment, which makes colostrum consumption essential to protect them from various pathogens. Colostrum is a rich source of nutrients, but especially of various immunological components that provide passive immunity to the neonate. It should be noted that, when administering colostrum, there are several standards to be met in order to achieve a successful transfer of passive immunity (TPI) to the calves. In this regard, one of the key standards to meet is that the calf receives its first feeding of colostrum within the first hour of life. Several farms have sought to meet this standard in a timely manner, and management strategies have been refined over time, so the objective of this study was to analyze the concentration of total serum protein (TSP) in calves fed colostrum in the calving area vs. the rearing area. Forty calves were selected; for T1, colostrum administration was carried out in the calving area; on the other hand, in T2, colostrum administration was carried out in the rearing area; each treatment consisted of 20 replicates, considering each calf as an experimental unit. A statistical difference was found between treatments, regarding the variable of time to receive the first colostrum feeding. No statistical difference was observed between treatments in terms of weight, quality, colostrum volume and TSP levels, the latter were 6.23 g/dL for T1 and 6.55 g/dL for T2, the levels reported in this study are related to a successful TPI in both

areas, which translates into adequate immune protection for the calves against various pathogens.

Key words: colostrum, immunoglobulins, serum protein, calving, breeding.

INTRODUCCIÓN

La crianza de reemplazos en una explotación lechera es de suma importancia, ya que, al garantizar un manejo y bienestar adecuado durante esta etapa, se asegura el éxito y la sostenibilidad futura del hato. Existen aspectos que se han reconocido como factores de manejo importantes para determinar la salud y supervivencia de los becerros recién nacidos como lo son la ingesta temprana y adecuada de calostro de alta calidad (McGuirk & Collins, 2004).

En vacas, la disposición de la placenta es de tipo epiteliocorial, la cual impide la TIP al neonato durante el periodo de gestación, en este sentido, nacen agamaglobulinémicos y la primera protección ante cualquier agente patógeno depende casi por completo de la transferencia de componentes inmunitarios a través del primer calostro ingerido (Robbers *et al.,* 2021).

Existen diversos puntos que contribuyen a una TIP exitosa entre los cuales destacan, un volumen adecuado, con al menos 150 mg de IgG, la ingesta de calostro de alta calidad con una concentración de Ig >50 mg/mL de IgG, tiempo de ingesta del mismo, así como el minimizar la contaminación bacteriana (Godden, 2008; Godden *et al.,* 2019).

Además, el calostro representa la primera fuente de nutrición después del nacimiento y contiene una gran cantidad de Ig, las cuales juegan un papel fundamental en la TIP a los becerros recién nacidos. Entre las Ig más importantes se encuentran la IgG, IgA e IgM, las cuales representan aproximadamente entre el 85%, 90% y 5% del total de Ig del calostro (Larson *et al.,* 1980; Pagnoncelli *et al.,* 2017).

Entre las funciones de la IgG destacan el actuar inactivando o reduciendo diversos agentes patógenos bacterianos mediante la unión a sitios específicos de la superficie celular microbiana (Gapper *et al.,* 2007). Así también la IgA impide la adhesión de bacterias enteropatógenas a las células epiteliales de la mucosa, aglutinando antígenos y neutralizando virus y toxinas bacterianas (Mehra *et al.,* 2006). Por otro lado, la IgM es muy

importante en la respuesta inmune primaria, la fijación del complemento y como anticuerpo aglutinante del suero (Butler, 1969).

Es importante que el calostro se administre inmediatamente después del nacimiento, de manera que se dé una absorción eficaz de Ig para lograr una TIP exitosa. Estas Ig del calostro son absorbidas a través del intestino delgado, pero es importante mencionar que el cierre de la permeabilidad a estas proteínas se acelera a medida que la edad del becerro supera las 12 h de vida y la permeabilidad cesa por completo a las 24 h posparto (Stott *et al.,* 1979).

Se define como falla de TIP cuando la concentración de IgG en suero es inferior a 10 g/L cuando se toman muestras entre las 24 y 48 h posteriores a la toma del calostro (Beam *et al.,* 2009). Es bien conocido que la falla de TIP está asociada a tasas de morbilidad y mortalidad mayores, así como también una menor tasa de desarrollo en becerros (Cuttance *et al.,* 2018).

Por otro lado, las concentraciones de PST, proporcionan una estimación muy aproximada de la cantidad de IgG y son muy útiles para conocer si existe una falla de TIP. En diversas unidades de producción, se han optimizado diversas estrategias como la administración de calostro, con lo anterior, se ha optado por brindar el mismo inmediatamente en el área de partos para agilizar el tiempo en que la cría reciba el mismo durante la primera hora de vida, es por ello que el objetivo de este estudio fue analizar peso al nacimiento, calidad de calostro, volumen de calostro, tiempo de suministro y cantidad de proteína sérica total en becerras alimentadas con calostro en el área de partos vs el área de crianza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo del 01 de diciembre del 2021 al 30 de enero del 2022, en un establo del municipio de Matamoros, en el estado de Coahuila de Zaragoza, localizado a una altura de 1110 msnm, entre los paralelos 26° 17’ y 26° 38’ de latitud norte y los meridianos 103° 18’ y 103° 10’ de longitud oeste (INEGI, 2009). Para este estudio se seleccionaron 40 becerras Holstein Friesian, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento, alojadas de manera aleatoria e individual en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos fueron los siguientes: T1 = administración de calostro en el área de partos y T2 = administración de calostro en el área de crianza, donde cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando a cada becerra como una unidad

experimental. Se utilizó calostro de primer ordeño dentro de las primeras 24 h después del parto, donde inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad utilizando un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA®), a una temperatura de 22 °C al momento de la medición, el calostro con densidad ≥50 mg/mL-1de Ig se combinó hasta acumular la cantidad de 40 L (1 lote). Una vez pasteurizado a una temperatura de 60° por 60 min en un pasteurizador comercial (Dairytech, Inc., Windsor, Colorado USA®), el calostro se colocó en biberones (2 L por biberón) y se congeló a -20 °C hasta el suministro a las becerras. El peso de las becerras fue medido en una báscula ganadera (PG-2000, Torrey®), para analizar los niveles de PST se obtuvieron muestras de sangre de la vena yugular entre 24 y 48 h respectivamente después del nacimiento en tubos Vacutainer®, la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura del suero se realizó en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc. ®), donde se empleó como variable la PST para medir la TIP hacia las becerras. El análisis estadístico para estimar el peso al nacimiento, calidad de calostro, volumen de calostro, tiempo de suministro y cantidad de proteína sérica total, se realizó mediante un análisis de medias por t-student en el programa estadístico SYSTAT 12. Se utilizó el valor de ($P<0.05$) para considerar diferencia estadística significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran promedios de peso, calidad, volumen, tiempo de administración de calostro y niveles de proteína sérica total en becerras alimentadas con calostro en área de partos vs área de crianza, no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P>0.05$) en cuanto al peso, calidad y volumen, cabe resaltar que las crías de ambos tratamientos recibieron calostro de alta calidad según lo descrito por Godden et al. (2019), ya que indican que el calostro de alta calidad suele contener una concentración de >50 g/L de IgG, mientras que las concentraciones menores a lo mencionado indican un calostro de baja calidad. En cuanto al calostro de alta calidad, se ha reportado que ayuda al neonato a establecer su propio mecanismo de defensa inmunológico y antioxidante, así como también a reducir efectos de los microorganismos patógenos y con ello promover el desarrollo intestinal (Yang *et al.,* 2015). Se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P<0.05$), en cuanto a la variable de tiempo en recibir la primera toma de calostro, en este sentido, Godden (2008), menciona que es necesario alimentar a los becerros con una cantidad de calostro del 10 al 12% de

su peso corporal entre la primera y segunda hora de vida para asegurar una TIP adecuada, esto último, coincide con lo realizado en el presente estudio, donde el T1 tardó un promedio de 27.3 min y el T2 un promedio de 40.3 min para recibir su primera toma de calostro, el T2 obtuvo un tiempo ligeramente mayor debido a que hubo una demora en el traslado de las crías debido a la distancia entre la ubicación del área de partos y el área de crianza.

Cuadro 1. Promedio de peso, calidad, volumen, tiempo de administración de calostro y niveles de proteína sérica total en becerras alimentadas con calostro en área de partos vs área de crianza.

	T1	T2
Peso al nacimiento (kg)	36[a]	37[a]
Calidad de calostro ingerido (g/L)	85.5[a]	87.5[a]
Volumen de calostro ingerido (L)	3.3[a]	3.4[a]
Tiempo en recibir primera toma de calostro (min)	27.3[a]	40.3[b]
Proteína sérica total (g/dL)	6.23[a]	6.55[a]

Diferentes letras superíndice entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos (P<0.05).

En general, es bien conocido que un parto distócico resulta en un evento que puede inferir con la vitalidad de becerros recién nacidos, Murray & Leslie (2013), mencionan que si se identifican animales con baja vitalidad después del parto, es necesario utilizar sonda esofágica para alimentarlos, además de analgésico y supervisión de la termorregulación para mejorar la absorción de Ig del calostro, esto debido a que la respuesta inflamatoria y la hipoxia pudieran inhibir la transferencia pasiva incluso si la cantidad y calidad del calostro administrado es la adecuada. Asimismo, diversos estudios indican que la sonda esofágica es un método muy eficiente en términos de tiempo, pero la absorción de IgG puede llegar a retrasarse hasta 3h, debido a que el calostro ingresa a rumen cuando se alimenta por medio de esta (Kaske *et al.,* 2005; Desjardins-Morrissette *et al.,* 2018). Es necesario mencionar que la alimentación con biberón es un método de alimentación más natural debido a que se promueve la activación de la gotera esofágica, cabe destacar que es necesario contar con el personal de partos y crianza capacitado para administrar el calostro mediante el método más adecuado.

En cuanto a los niveles de PST de crías a las que se les administró calostro en área de partos vs área de crianza, no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos (P>0.05), el T1 reflejó 6.23 g/dL y el T2 = 6.55 g/dL. Sin embargo, los resultados indican que en promedio las crías tuvieron una TIP exitosa, esto con base en lo reportado por Lombard et al. (2020), ya que mencionan que los niveles de PST que se encuentran en la categoría de TIP excelente son de 6.2 g/dL de PST, por otro lado, para una TIP buena los valores deben ser de 6,1 g/dL de PST y regular 5,1 y 5,7 g/dL de PST.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados de este estudio se pudo observar que, independientemente de si el calostro fue administrado en el área de partos o en el área de crianza, ambos enfoques resultaron exitosos en garantizar una adecuada inmunidad pasiva en las crías, esto debido a que la rutina de administración de calostro se realizó de una manera apropiada, cuidando los diversos puntos críticos al momento de la alimentación. Asimismo, estos resultados recalcan la importancia de brindar un calostro de calidad, debido a que este sienta las bases para un crecimiento y desarrollo óptimos. Con lo anterior, cabe destacar que, existen diversos factores que determinan la salud y bienestar de un animal durante esta etapa e impactan en la productividad futura, en este sentido, es necesario realizar estudios complementarios que le den seguimiento al rendimiento de las crías hasta la etapa de producción.

REFERENCIAS

Beam, A. L., Lombard, J. E., Kopral, C. A., Garber, L. P., Winter, A. L., Hicks, J. A., & Schlater, J. L. (2009). Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. Journal of Dairy Science, 92(8), 3973–3980. doi:10.3168/jds.2009-2225.

Butler, J. E. (1969). Bovine Immunoglobulins: A Review. Journal of Dairy Science, 52(12), 1895–1909. doi:10.3168/jds.s0022-0302(69)86871-2.

Cuttance, E. L., Mason, W. A., Laven, R. A., & Phyn, C. V. C. (2018). The relationship between failure of passive transfer and mortality, farmer-recorded animal health events and body weights of calves from birth until 12 months of age on pasture-based, seasonal calving dairy farms in New Zealand. The Veterinary Journal, 236, 4–11. doi:10.1016/j.tvjl.2018.04.005.

Desjardins-Morrissette, M., van Niekerk, J. K., Haines, D., Sugino, T., Oba, M., & Steele, M. A. (2018). The effect of tube versus bottle feeding colostrum on immunoglobulin G absorption, abomasal emptying, and plasma hormone concentrations in newborn calves. Journal of Dairy Science, 101(5), 4168–4179. doi:10.3168/jds.2017-13904.

Gapper, L. W., Copestake, D. E. J., Otter, D. E., & Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 389(1), 93–109. doi:10.1007/s00216-007-1391-z.

Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 24(1), 19–39. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.005.

Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 35(3), 535–556. doi:10.1016/j.cvfa.2019.07.005.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05009.

Kaske, M., Werner, A., Schuberth, H.-J., Rehage, J., & Kehler, W. (2005). Colostrum management in calves: effects of drenching vs. bottle feeding. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 89(3-6), 151–157. doi:10.1111/j.1439-0396.2005.00535.x.

Larson, B. L., Heary, H. L., & Devery, J. E. (1980). Immunoglobulin Production and Transport by the Mammary Gland. Journal of Dairy Science, 63(4), 665–671. doi:10.3168/jds.s0022-0302(80)82988-2.

McGuirk, S. M., & Collins, M. (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 20(3), 593–603. doi:10.1016/j.cvfa.2004.06.005.

Mehra, R., Marnila, P., & Korhonen, H. (2006). Milk immunoglobulins for health promotion. International Dairy Journal, 16(11), 1262–1271. doi:10.1016/j.idairyj.2006.06.003.

Murray, C. F., & Leslie, K. E. (2013). Newborn calf vitality: Risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement. The Veterinary Journal, 198(2), 322–328. doi:10.1016/j.tvjl.2013.06.007.

Pagnoncelli, M. G. B., de Melo Pereira, G. V., Fernandes, M. J., Tanobe, V. O. A., & Soccol, C. R. (2017). Milk Immunoglobulins and Their Implications for Health Promotion. Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease, 87-96.

Robbers, L., Jorritsma, R., Nielen, M., & Koets, A. (2021). A Scoping Review of On-Farm Colostrum Management Practices for Optimal Transfer of Immunity in Dairy Calves. Frontiers in Veterinary Science, 8, doi:10.3389/fvets.2021.668639.

Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., & Nightengale, G. T. (1979). Colostral Immunoglobulin Transfer in Calves I. Period of Absorption. Journal of Dairy Science, 62(10), 1632–1638. doi:10.3168/jds.s0022-0302(79)83472-4.

Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., & Cao, Z. J. (2015). Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. Journal of Dairy Science, 98(10), 7153–7163. doi:10.3168/jds.2014-9238.

PORCENTAJE DE OVULACION, PREÑEZ y TAMAÑO DEL EMBRIÓN DE CABRAS TRATADAS CON SELENIO MÁS VITAMINA B12

Daniel Padrón-Segura[*1], Francisco G. Véliz-Deras[2], Ma. Guadalupe Calderón-Leyva[3], Fernando Arellano-Rodríguez[3], Oscar Ángel-García[2]

[1]Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, UAAAN UL

[2]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL

[3]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL

***Autor para correspondencia: m.v.z.padron.segura@gmail.com**

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de la administración de selenio más vitamina B12 sobre la tasa de ovulación, preñez y tamaño del embrión en cabras bajo condiciones de pastoreo extensivo. El estudio se llevó a cabo durante los meses de enero a marzo de 2023. Se utilizaron 80 cabras multíparas multirraciales durante época reproductiva, con un peso vivo (PV= 44.5±0.2 kg) y una condición corporal (CC= 2.3 ±0.1). Las cabras fueron seleccionadas y asignadas bajo un diseño completamente al azar. Un primer grupo (Tratado; n=40) se les aplicó 2.5 mL (10 mg de selenato de sodio más 5000 mμ de B12). Mientras que a un segundo grupo (Control; n=40) se les aplicó 1.5 mL de solución salina fisiológica para inducir el efecto placebo. Se realizaron cuatro aplicaciones con intervalos de 15 días, comenzando a partir del empadre (día 0 al día 60) del periodo de estudio. El porcentaje de ovulación general fue de 96%, y el de preñez del 88% para ambos grupos ($P>0.05$), mientras que el tamaño del embrión (15.3mm vs 12.7mm; $P<0.05$) fue mayor en el grupo tratado. Los resultados del presente estudio demuestran que las hembras tratadas con Selenio más vitamina B12 tuvieron un mayor tamaño del embrión. En conclusión, la aplicación de selenio más vitamina B12 aumenta el tamaño del embrión en cabras bajo condiciones de pastoreo extensivo.

Palabras clave: Selenio, vitamina B12, pastoreo

ABSTRACT

The present study evaluated the effect of selenium plus vitamin B12 administration on ovulation rate, pregnancy and embryo size in goats under extensive grazing conditions. The study was conducted during the months of January to March 2023. Eighty multiparous multiracial goats were used during reproductive season, with live weight (BW= 44.5±0.2 kg) and body condition (BW= 2.3 ±0.1). The goats were selected and assigned under a completely randomized design. A first group (Treated; n=40) was given 2.5 mL (10 mg sodium selenate plus 5000 mμ B12). While a second group (Control; n=40) was given 1.5 mL of physiological saline to induce the placebo effect. Four applications were made at 15-day intervals, starting from mating (day 0 to day 60) of the study period. Overall ovulation percentage was 96%, and pregnancy percentage was 88% for both groups (P>0.05), while embryo size (15.3mm vs. 12.7mm; P<0.05) was higher in the treated group. The results of the present study demonstrate that females treated with selenium plus vitamin B12 had larger embryo size. In conclusion, the application of selenium plus vitamin B12 increases embryo size in goats under extensive grazing conditions.

Key words: Selenium, vitamin B12, grazin.

INTRODUCCION

En los sistemas de producción animal en condiciones de pastoreo existe una ausencia de un suministro continuo de alimentos a lo largo del año, lo que limita su eficiencia productiva de los animales (Mellado et al. 2012).

En México, como en otras latitudes, la caprinocultura se considera una práctica pecuaria relacionada con productores de bajos recursos que obtienen un ingreso económico a partir de la venta de leche, carne y cabrito. Por ejemplo, la Comarca Lagunera, región agroecológica ubicada en el norte árido de México, destaca en la producción caprina a nivel nacional y posee un inventario de 392,407 cabezas (SIAP 2020).

Es necesario reforzar aún más los protocolos actuales de sincronización con sustancias que podrían modular la función ovárica (Soni et al., 2018). Oligoelementos como el selenio se encuentran en gran medida para regular las células de la granulosa ovárica, contribuyendo con la Síntesis de estradiol y comportamiento estral en rumiantes (Yao et al., 2018). La aplicación de selenio incrementa significativamente el crecimiento folicular

(Vázquez-Hernández et al., 2017), respuesta al estro (Wani et al., 2016) y la tasa de concepción (Musa et al., 2018) debido a que es un modulador de la función reproductiva en rumiantes. (Tej, et al., 2022). Múltiples administraciones parenterales de selenio y vitaminas pueden mejorar la fertilidad mediante un efecto antioxidante directo sobre el desarrollo folicular y embrionario (Baldi, et al., 2000; Ren, et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

Localización del área de estudio

El experimento se realizó en un hato caprino manejado bajo condiciones extensivas en época reproductiva, perteneciente a la Comarca Lagunera en el norte de México (25°42'47"N - 102°47'36"O), la cual se encuentra a 1,094 msnm. El clima de la región es semidesértico, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. Durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. Durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015), el estudio se realizara en el periodo de enero a marzo 2023.

Manejo y alimentación de los animales

Se usarán 80 cabras multíparas multirraciales (cruzas de diferentes razas) anovulatorias y fueron divididas en 2 grupos (n=40 c/u) homogéneas en cuanto a peso vivo (PV= 44.5±0.2 kg) y condición corporal (CC= 2.3 ±0.1), su alimentación se basada en pastoreo extensivo, principalmente en los pastizales, y ocasionalmente en residuos de cultivos como maíz, sorgo y algodón, y además estas cabras son llevadas a diferentes sitios de pastoreo cada día, caminando aproximadamente 3 a 5 km diarios desde sus corrales hasta los pastizales. Antes del inicio del periodo experimental las cabras fueron vacunadas y desparasitadas.

Tratamiento de las hembras

Las cabras fueron seleccionadas y asignadas bajo un diseño completamente al azar. Un primer grupo, tratado (Tratado; n= 40) se le administró 2.5mL (10 mg de selenato de sodio más 5000 mμ de Hidroxicianocobalamina B12), mientras que un segundo grupo (Control;

n=40) se les administró 1.5 mL de solución salina fisiológica para inducir el efecto placebo. Cada grupo fue sometido a 4 aplicaciones de selenio con un intervalo de 14 día postsincronización durante el periodo de estudio.

Variables evaluadas

Porcentaje de ovulación, preñez y tamaño del embrión

Se realizaron ultrasonidos el día 17 postsincronización para determinar tasa ovulatoria (número de cuerpos lúteos y/o folículos), y el día 25 se determinó la tasa embrionaria (número de embriones) y el día 53 diagnóstico de preñez (número de productos). Se uso un ultrasonido (Chison ECO2) con un transductor de 7,5 MHz.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante programa estadístico MYSTAT- Versión estudiante. Las medias obtenidas para tamaño del embrión comparadas usando una prueba de t-studen. Mientras que el porcentaje de ovulación y preñez se compararon por medio de una Chi-cuadrada. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran (Cuadro 1) que las hembras tratadas con Selenio más vitamina B12 tuvieron un mayor tamaño del embrión.

Cuadro 1. Porcentaje de ovulación, tasa de preñez y tamaño del embrión de cabras multirraciales tratadas con selenio más vitamina B12 (Tratado) o solución salina fisiológica (Control) durante época reproductiva (enero, 25°N).

Variables	Tratado (n=40)	Control (n=40)
Ovulación (%)	97 (39/40)	95 (38/40)
Preñez (%)	90 (36/40)	87 (35/40)
Tamaño del embrión (mm)	15.3±1.8[a]	12.7±1.3[b]

[a,b] Literales desiguales entre columnas difieren a P ≤0.05

Los resultados del presente estudio demuestran que el porcentaje de ovulación y preñez fue similar en ambos grupos. Es probable que nuestros resultados en cuanto al porcentaje de ovulación y preñez se deban a que estos animales no carecían de deficiencia de minerales. En efecto, el selenio tiene funciones biológicas asociadas a hormonas metabólicas que regulan la reproducción y el estado de salud del animal (Ziaei, 2015).

En cuanto al tamaño del embrión las hembras del grupo tratado tuvieron mostraron un mejor tamaño del embrión, nuestros resultados están de acuerdo con los reportados por Moustafa *et al*. (2003) que mencionan que el selenio es un cofactor de la enzima glutatión peroxidasa que juega un papel importante en el metabolismo de los aminoácidos y provoca un efecto sobre el crecimiento normal y desarrollo embrionario. En efecto, se conoce que el selenio tiene un efecto directo sobre la implantación del embrión en ovejas y cabras (Vázquez-Armijo *et al*. 2001). Por otra parte, existe evidencia científica obtenida hasta ahora sobre minerales la nutrición y sus efectos sobre el desempeño reproductivos en ovejas y cabras pueden ser controvertidos y poco concluyentes; sin embargo, se debe poner más atención en la dieta, ya que se muestran importantes para el desempeño reproductivo de estos animales (Ziaei, 2015).

CONCLUSIÓN

La administración de selenio más B12 mejoró el tamaño del embrión en cabras multirraciales bajo condiciones de pastoreo extensivo.

REFERENCIAS

Baldi, A., Savoini, G., Pinotti, L., Monfardini E, Cheli F. and Orto VD. (2000). Effects of vitamin E and different energy sources on vitamin E status, milk quality and reproduction in transition cows. J Vet Med Asoc, 47(1), 599-608.

FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed. Federation Animal Science Society, Savoy, IL, USA. ISBN: 978- 956-14-2161-5.

Mellado, M., Rodríguez, A., Lozano, E. A., Dueñez, J., Aguilar, C. N., & Arévalo, J. R. (2012). The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush (Atriplex canescens) cover. Journal of Arid Environments, 84, 91-96.

Moustafa M.E., Kumaraswamy E., Zhong N., Rao M., Carlson B.A. and Hatfield D.L. (2003). Models for assessing the role of selenoproteins in health. J. Nutr. 133, 2494-2496.

Musa, S.I., Bitto, I.I., Ayoade, J.A., Oyedipe, O.E. (2018). Effects of vitamin E and selenium on fertility and lamb performance of yankasa sheep. Open Journal of Veterinary Medicine. 8(09): 167.

NAM. 2002. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0.

Ren, SQ., Wang, JW., Chen, HY., Xu, MQ., Jiang, H. & Gao, Y. (2016). Effect of vitamin E on bovine granulosa cells apoptosis and proliferation through cx43. China Anim Husb Vet Med, 43(1), 615-621.

Russel A (1984) Body condition scoring of sheep. In Practice; 6:91-93.

SIAP,(2020) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera gob.com.mx

Soni, R.K., Gupta, P.S.P., Nandi, S., Mondal, S., Ippala, J.R., Mor, A., Mishra, A., Tripathi, S.K. (2018). Effect of in vitro copper supplementation on granulosa cell estradiol synthesis and associated genes. Indian Journal of Animal Research. 52(5)

Tej, J.N.K., Johnson, P., Kaushik, K., Krishna, K., Tripathi, S.K., Gupta, PSP., Nandi, S. and Mondal, S. (2022). Efficiency of Copper and Selenium during Estrus Synchronization on Estrus Behaviour, Estradiol and Progesterone Concentration in Salem Black Goats. Indian Journal of Animal Research. DOI: 10.18805/IJAR.B-4515

Vázquez-Hernández, S.D., Miranda-Jiménez, L., Segura-León, O., Quero-Carrillo, A.R. (2017). Goats' follicle and corpora lutea development as a response to selenium supply. Agroproductividad. 10(2): 15-18.

Wani, M.A., Razzaque, W.A., Sharma, U. (2016). Effect of vitaminE and selenium supplementation on oxidative stress parameters in postpartum anestrus Buffaloes. Journal of Animal Research. 6(4): 629.

Yao, X., Ei-Samahy, M.A., Fan, L., Zheng, L., Jin, Y., Zhang, G., Liu, Z., Wang, F. (2018). In vitro influence of selenium on the proliferation of and steroidogenesis in goat luteinized granulosa cells. Theriogenology. 114: 70-80.

Ziaei, N. (2015). Effect of selenium and vitamin E supplementation on reproductive indices and biochemical metabolites in Raieni goats. *Journal of Applied Animal Research*, *43*(4), 426-430.

PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO Y SÍNTESIS DE PROTEÍNA MICROBIANA DE ESPECIES NATIVAS DEL NORTE DE MÉXICO

IN VITRO GAS PRODUCTION AND MICROBIAL PROTEIN SYNTHESIS OF NATIVE SPECIES OF NORTHERN MEXICO

Araiza-Ponce Karina[1], Murillo-Ortiz Manuel[2], Cervantes-Guerrero Maribel[2], Bujdud-León Aixa[1]

[1]Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango. karii_araiza@hotmail.com

[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de gas *in vitro* y la síntesis de proteína microbiana cuatro especies vegetales: Mezquite (*Prosopis juliflora*), Encino blanco (*Quercus rugosa Née*), Hojasen (*Flourencia cernua*) y Chamizo (*Atriplex canescens*) y compararlas con el heno alfalfa (*Medicago sativa*). Se realizó una fermentación ruminal *in vitro* en jeringas de vidrio con capacidad de 100 mL. Las jeringas se mantuvieron a 39°C en un baño maría durante 24 horas. La producción de gas entre especies fue diferente ($p<0.05$) Se observó un efecto negativo, entre la cantidad de taninos condensados y la producción de gas. La producción de metano fue distinta entre especies ($p<0.05$). La menor producción de metano la obtuvo Encino blanco, que reportó una disminución del 30% respecto al heno de alfalfa. La cantidad de proteína microbiana mostró diferencias entre especies ($p<0.05$). El tratamiento con la menor cantidad de proteína microbiana reportada es el Encino blanco, este resultado se puede atribuir a los contenidos de taninos condensados. Finalmente, el factor de partición mostró diferencias entre especies ($p<0.05$), el heno de alfalfa registró el factor de partición más bajo, respecto a las cuatro especies vegetales. En conclusión, los forrajes nativos tienen característica fermentativas comparables con los forrajes convencionales, por lo cual pueden ser aprovechados para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado.

Palabras clave: metano, dióxido de carbono, factor de partición, materia orgánica fermentable.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the *in vitro* gas production and microbial protein synthesis of mesquite (*Prosopis juliflora*), white oak (*Quercus rugosa Née*), hojasen (*Florencia cernualos*) and chamizo (*Atriplex canescens*) and compare them with alfalfa hay. (*Medicago sativa*). *In vitro* ruminal fermentation was carried out in glass syringes with a capacity of 100 mL. The syringes were kept at 39°C in a water bath for 24 hours. The gas production of the treatments was different ($p<0.05$), a negative effect was observed between the amount of condensed tannins and the gas production. Methane production was different between treatments ($p<0.05$). The lowest methane production was obtained by white oak, which reported a 30% decrease compared to alfalfa. The amount of microbial protein showed differences between treatments ($p<0.05$). The treatment with the least amount of microbial protein reported is white oak; this result can be attributed to the content of condensed tannins. Finally, the partition factor showed differences between treatments ($p<0.05$), alfalfa hay registered the lowest partition factor, compared to mesquite, white oak, hojasen and chamizo. In conclusion, native forages have fermentative characteristics comparable to conventional forages, so they can be used to cover the nutritional requirements of cattle, while the presence of secondary compounds reduces methane production.

Keywords: methane, carbon dioxide, partition factor, fermentable organic matter.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes a resolver en la ganadería del país es la baja disponibilidad de forraje de calidad y barato que demanda el ganado en agostadero. Para hacer frente a estos problemas, es necesario utilizar adecuadamente recursos forrajeros que ofrece el agostadero (Boga y Asayan *et al*., 2022). En las zonas áridas y semiáridas el follaje de los árboles y arbustos como una fuente de alimento para el ganado, es una opción relevante para implementar,

ya que no compiten con la alimentación humana y además pueden proporcionar nutrientes de buena calidad durante todo el año (Fernández, 2017). Un beneficio adicional de estas plantas es el aporte de metabolitos secundarios que pueden modificar la fermentación ruminal, mejorar la utilización de las proteínas y reducir las emisiones de metano (Canul-Solis *et al*., 2020). Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las producción de gas *in vitro* y la síntesis de proteína microbiana del Mezquite (*Prosopis juliflora*), Encino blanco (*Quercus rugosa Née*), Hojasen (*Flourencia cernua*) y Chamizo (Atriplex canescens) y compararlas con alfalfa (Medicago sativa).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se recolectaron muestras de alfalfa (Medicago sativa), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Encino blanco (*Quercus rugosa Née*), Hojasen (*Flourencia cernua*) y Chamizo (*Atriplex canescens*). Las plantas se colectaron al azar en la sierra de Canatlán, Durango, durante el mes de junio de 2023, se retiró el follaje manualmente, se secaron y molieron.

Composición química y nutricional: Cada especie se evaluó por triplicado y se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) (AOAC, 2005), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina (Goering y Van Soest, 1970). Además, de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, materia orgánica (ANKOM®, 2008), y el contenido de taninos condensados (Porter *et al*., 1986).

Tabla 1. Composición química del heno alfalfa (*Medicago sativa*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Encino blanco (*Quercus rugosa Née*), Hojasen (*Flourencia cernua*) y Chamizo (*Atriplex canescens*).

	Heno de Alfalfa	Mezquite	Encino blanco	Hojasen	Chamizo
Proteína cruda (%)	16.8	15.3	8.2	14.6	12.4
FDN (%)	45.0	54.2	61.4	31.9	35.1
FDA (%)	27.6	40.1	53.1	19.9	10.7
Lignina (%)	8.1	12.3	9.2	7.7	3.0
DIVMS (%/gMS)	55.8	50.9	20.3	89.0	93.0
DIVMO (%/gMS)	50.1	49.0	19.1	89.0	94.0
TC (mgEAG/gMS)	0.56	1.9	5.8	2.3	2.5

FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; TC= Taninos condensados.

Producción de gas y metano *in vitro*: Se realizó una fermentación en jeringas de vidrio con capacidad de 100 mL. Se colocó en cada jeringa 0.5 g de muestra por triplicado y se agregaron dos jeringas sin muestra (blancos). Para preparar el inoculo ruminal se preparó una mezcla compuesta por liquido ruminal y saliva artificial (1:2) saturada con CO_2 (Theodorou *et al.* 1994) y se colocaron 40 ml de inoculo en cada jeringa. Las jeringas se mantuvieron a temperatura constante (39°C) en un baño maría durante 24 horas. Al finalizar las 24 horas se registró la producción de gas y se cuantifico la cantidad de metano y dióxido de carbono presente en el gas acumulado (Fievez *et al.* 2005).

Cálculos adicionales: Se estimaron las siguientes variables:

La materia orgánica fermentable (MOF), se determinó de acuerdo con la ecuación propuesta por Gosselink *et al.* (2004):

MOF = 2.815 (PG24h) + 0.418 (PC)

Donde: MOF= Materia orgánica fermentable (mg/gMS); PG24h= Producción de gas *in vitro* a las 24 horas de fermentación (ml/gMS); PC= Proteína cruda (bMS). La proteína microbiana (PMO) de cada una de las especies se estimó a partir de la ecuación propuesta por Blümmel *et al.* (1997):

PMO = DMS24h – (PG24h * 2.2)

Donde: PMO= Proteína microbiana (mg/gMOD); DMS= Degradabilidad de la materia seca a las 24 h (mg/gMS); PG24h= Producción de gas a las 24 horas de fermentación ruminal in vitro (ml/gMS) y 2.2 (mg/ml) es el factor estiquiométrico que expresa los mg de carbono, hidrógeno y oxígeno requeridos para la producción de gas a partir de los ácidos grasos de cadena corta asociados con la producción de un mol de gas.

Para el cálculo del factor de partición (FP) se utilizó la ecuación propuesta por Blümmel *et al.* (1997):

FP = DMS24h / PG24h,

DMS24h = (PG24h + 11.3) /0.29

Donde: FP = Factor de partición a las 24 h; DMS24 = Degradabilidad de la materia seca a las 24 h (mg/gMS); PG24 = Producción de gas *in vitro* a las 24 h de fermentación (ml/gMS).

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño completamente al azar y para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Producción de gas y metano *in vitro*

La producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro* de cada una de la especies se muestra en la Tabla 2. La producción de gas entre especies fue diferente ($p<0.05$), la mayor producción de gas la registró el heno de alfalfa, respecto al Mezquite, Encino, Hojasen y Chamizo. Estos resultados coinciden con los reportados por Vazquez-Mendoza *et al.* (2023), quienes evaluaron el volumen de gas producido por el heno de alfalfa. Por otra parte, la variación en la producción de gas se puede atribuir a presencia de taninos condensados, ya que se observó un efecto negativo, entre la cantidad de taninos condensados y la producción de gas, ya que estos forman complejos con las bacterias ruminales y reducen la fermentación (Min *et al.*, 2003).

Tabla 2. Producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro* del heno alfalfa (*Medicago sativa*), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa Née*), hojasen (*Flourencia cernua*) y chamizo (*Atriplex canescens*).

	Heno de Alfalfa	Mezquite	Encino	Hojasen	Chamizo	EEM
PG_{24h} (mL/gMS)	237.7 ± 2.28[a]	138.6 ± 2.42[c]	79.9 ± 1.12[d]	160.4 ± 4.37[b]	165.8 ± 5.00[b]	3.35
CH_4 (mL/gMS)	22.0 ± 1.15[b]	19.0 ± 1.00[bc]	15.3 ± 0.66[c]	17.3 ± 0.66[c]	28.0 ± 1.15[a]	0.95
CO_2 (mL/gMS)	215 ± 3.43[a]	119.6 ± 3.20[c]	84.6 ± 0.63[d]	143.2 ± 3.71[b]	137.9 ± 6.00[b]	3.79
CO_2:CH_4	9.9 ± 0.66[a]	6.3 ± 0.52[bc]	5.5 ± 0.18[c]	8.2 ± 0.12[ab]	4.9 ± 0.42[cd]	0.43

[ab] Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$); PG_{24h}= Producción de gas al tiempo t (24h); CH_4=Producción de metano a las 24h de incubación; CO_2= Producción de dióxido de carbono a las 24h de incubación; CO_2:CH_4= Relación dióxido de carbono: metano. EEM=Error estándar de la media.

La producción de metano fue distinta entre especies ($p<0.05$). La menor producción de metano la obtuvo el Encino blanco, que reportó una disminución del 30% respecto al heno de alfalfa. Estos resultados coinciden con los reportados por Berça *et al*. (2023) quienes encontraron que la inclusión de *Quercus* y al contenido de taninos condensados en la dieta, disminuyó la producción de metano *in vitro* y en *in vivo*, además de otros beneficios como el aumento en la proporción molar de propionato, butirato y AGV totales.

La relación dióxido de carbono: metano mostró diferencias significativas entre especies ($p<0.05$) La relación más alta la registró en el heno alfalfa y Hojasen, valores más altos en esta relación indican que la ruta de producción de metano es interrumpida y que probablemente los iones hidrogeno se desvían a producir otros compuestos y no metano (Murillo *et al*., 2018).

Materia orgánica fermentable, factor de partición y proteína microbiana

La cantidad de materia orgánica fermentable entre especies fue diferente ($p<0.05$), el heno de alfalfa obtuvo el valor más alto, respecto a Mezquite, Encino, Hojasen y Chamizo. Esta variable expresa la cantidad de sustrato disponible para la

producción de proteína microbiana (Tamminga *et al.,* 2007). La variación en la cantidad de MOF se puede atribuir al contenido de fibra detergente neutra, ya que los forrajes fibrosos tardan más tiempo en ser fermentados y tienen menos carbohidratos solubles disponibles (Babayemi, 2007)

Tabla 3. Materia orgánica fermentable, factor de partición y proteína microbiana obtenidas de la fermentación *in vitro* del heno de alfalfa (*Medicago sativa*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Encino blanco (Quercus rugosa Née), Hojasen (Flourencia cernua) y Chamizo (Atriplex canescens).

	Alfalfa	Mezquite	Encino	Hojasen	Chamizo	EEM
MOF (mg/gMS)	669.3 ± 6.40[a]	392.4 ± 6.09[c]	225.0 ± 3.23[d]	451.8 ± 2.27[b]	466.9 ± 1.09[b]	9.30
PM (mg/gMS)	335.7 ± 2.85[a]	211.9 ± 3.02[c]	138.7 ± 1.41[d]	239.3 ± 5.46[b]	246.0 ± 6.24[b]	4.19
FP	3.6 ± 0.31[c]	3.7 ± 0.11[b]	3.9 ± 0.25[a]	3.7 ± 0.63[b]	3.7 ± 0.47[b]	0.03

[ab] Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$); MOF= Materia orgánica fermentable, PM= proteína microbiana; FP= factor de partición.

La cantidad de proteína microbiana mostró diferencias entre especies ($p<0.05$). Esta variable indica los gramos de proteína microbiana producida por cada kilogramo de materia orgánica digerida en el rumen (Hoover y Stokes, 1991). El tratamiento con la menor cantidad de proteína microbiana reportada fue el Encino blanco, este resultado se puede atribuir a los al contenido de taninos condensados, ya que se sabe que estos compuestos crean complejos con las proteínas de alimento y con las bacterias ruminales, lo que limita la liberación de los aminoácidos y la utilización de estos para el crecimiento microbiano (Jenko *et al.,* 2018).

El factor de partición mostró diferencias entre especiess ($p<0.05$). Este indica la proporción del sustrato fermentado que se transformó en proteína microbiana (Rodríguez, 2008). Según Makkar (2004), los valores óptimos de FP oscilan entre 2.74 y 4.41 mg MOD/ml de gas producido. El valor obtenido en el presente estudio sugiere que las condiciones de fermentación favorecen la producción de proteína microbiana. Sin embargo, es necesario destacar que el heno alfalfa registró el factor

de partición más bajo, respecto al Mezquite, Encino blanco, Hojasen y Chamizo. Estos resultados coinciden con los reportados por Parmar *et al.* (2022) quienes concluyen que los forrajes nativos tienen característica fermentativas comparables o mejores que los forrajes convencionales, por lo cual pueden ser aprovechados para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado.

CONCLUSIONES

La inclusión de Mezquite, Encino blanco, Hojasen y Chamizo en la dieta del ganado en agostadero, son una alternativa viable para asegurar el suministro de forraje durante todo el año, sus características nutricionales y de fermentación son comparables con los forrajes convencionales y la presencia de compuestos secundarios reduce la producción de metano. Es necesario continuar con investigaciones para establecer los niveles de inclusión óptimos en suplementos para el ganado en agostadero.

REFERENCIA

Boga, M., & Ayasan, T. (2022). Determination of Nutritional Value of Alfalfa Varieties and Lines by Using the In Vitro Method and Gas Production Technique. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 73(1), 3613–3620. https://doi.org/10.12681/jhvms.24674.

Mut, Z., Köse, Ö. D. E., & Akay, H. (2017). Bazı ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.

Fernandez Mayer, A. (2017). Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles: aprovechamiento de especies arbóreas, arbustivas y forrajeras (gramíneas y leguminosas perennes) de clima templado-frío, tropical y subtropical. Ediciones INTA.

Tamminga, S., Brandsma, G. G., Van Duinkerken, G., Van Vuuren, A. M., & Blok, M. C. (2007). Protein evaluation for ruminants: the DVE/OEB 2007-system (No. 53). Wageningen University.

Babayemi, O. J. (2007). In vitro fermentation characteristics and acceptability by West African dwarf goats of some dry season forages. African Journal of biotechnology, 6(10).

Parmar, A. B., Patel, V. R., Choubey, M., Desai, D. N., Patel, N. M., & Baishya, A. (2022). Evaluation of tropical top feed species for their nutritional properties, in vitro rumen digestibility, gas production potential and polyphenolic profile. *Range Management and Agroforestry*, *43*(1), 146-153.

Berça, A. S., Tedeschi, L. O., da Silva Cardoso, A., & Reis, R. A. (2023). Meta-analysis of the relationship between dietary condensed tannins and methane emissions by cattle. *Animal Feed Science and Technology*, *298*, 115564.

Al-Masri, M. R. (2003). An in vitro evaluation of some unconventional ruminant feeds in terms of the organic matter digestibility, energy, and microbial biomass. Tropical Animal Health and Production, 35(2), 155-167.

Jenko, C., Bonato, P., Fabre, R., Perlo, F., Tisocco, O., & Teira, G. (2018). Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne. Ciencia, docencia y tecnología, (56), 224-241.

Canul-Solis J, Campos-Navarrete M, Piñeiro-Vázquez A, Casanova-Lugo F, Barros-Rodríguez M, Chay-Canul A, Cárdenas-Medina J. & Castillo-Sánchez L. (2020). Mitigation of rumen methane emissions with foliage and pods of tropical trees. Animals, 10(5): 843.

AOAC. (2005). Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1930.

Theodorou, M. K., Williams B. A, Dhanoa M. S., McAllan A. B., France J. (1994). A simple gas production method a pressuposad are transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 48: 185-197.

Goering, H. K., Van Soest. (1970). Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Applications). USDA-ARS Agricultural Handbook 379. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

ANKOM. Technology. (2008). Procedures for Fiber and in vitro Analysis. https://www.ankom.com/dietary-fiber-analisis.

Porter L. J., Hrstich L. N., Chan B. G. (1986). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochemistry, 25: 223-230.

Fievez, V., Babayemi, O. J., Demeyer, D. (2005). Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. Animal Feed Science and Technology, 123, 197-210.

Gosselink J., Dulphy J., Poncet C., Jailler M., Tamminga S., Cone J. (2004). Prediction of forage digestibility in ruminants using in situ and in vitro techniques. Animal Feed Science and Technology, 115: 227-246.

Blümmel M., Makkar H. P. S., Becker K. (1997). In vitro gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77 (1-5): 24-34.

Vazquez-Mendoza, Oscar Vicente, Veronica Andrade-Yucailla, Mona Mohamed Mohamed Yasseen Elghandour, Diego Armando Masaquiza-Moposita, Jorge Adalberto Cayetano-De-Jesús, Edwin Rafael Alvarado-Ramírez, Moyosore Joseph Adegbeye, Marcos Barros-Rodríguez, and Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem. (2023). Effect of Dietary Guanidinoacetic Acid

Levels on the Mitigation of Greenhouse Gas Production and the Rumen Fermentation Profile of Alfalfa-Based Diets. Animals, 13 (11): 1719.

Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., & McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. Animal feed science and technology, 106(1-4), 3-19.

Murillo-Ortiz M., Carrillo-Herrera J., Pámanes-Carrasco G., Muro-Reyes A., Herrera-Torres E. 2018. Patterns of ruminal fermentation in response to addition of glucogenic precursor to the diet of feedlot steers. Agroproductividad, 11 (9): 155-159.

Makkar H. P. S. (2004). Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. In: Assessing Quality and Safety of the Animal Feeds. FAO Animal Production and Health Series 160. FAO: Roma, 55-88.

Hoover W. H. & Stokes S. R. (1991). Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. Journal of Animal Science, 74: 3630.

RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS MULTIPARAS AL INCLUIR RESIDUOS DE PANADERÍA EN DIETA

Mario Hernández-Padilla[1], Juan M. Vázquez-García[1], Luisa E.S. Hernández-Arteaga[1], Fabiola Villegas-Rodriguez[1], Manuel J. Flores-Najera[2], Venancio Cuevas-Reyes[3], César A. Rosales-Nieto[1,4]*

[1]*Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México.*

[2]*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México.*

[3]*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, Texcoco, Ciudad de México, México*

[4]*Department of Agricultural Sciences, Texas State University, San Marcos 78666, USA*

*Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (nieto_cesar@hotmail.com)

RESUMEN

La demanda por productos de origen animal, impulsada por una población humana en constante aumento, deja claro que es necesario mejorar la eficiencia de la producción. Es necesario desarrollar estrategias simples de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales y reducir costos de operación. Una opción es incluir residuos de panadería en la dieta de los animales. Se utilizaron 67 cabras adultas multíparas de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Durante el empadre, las hembras fueron separadas en dos tratamientos. T-BP (n=33; recibieron 300 gr de concentrado basado en residuos de panadería de manera individual) o T-CTL (n=34; recibieron 300 gr de concentrado comercial [Nu3®]). Adicionalmente, las cabras fueron alimentadas con heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz. La tasa de fertilidad (T-BP: 91%; T-CTL: 94%), prolificidad (T-BP: 80%; T-CTL: 75%), y reproductiva (T-BP: 182%; T-CTL: 176%) no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso vivo al inicio del empadre no influyó positivamente la respuesta reproductiva ($P > 0.05$). Se concluye que la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante el empadre no afecta negativamente la respuesta reproductiva de cabras multiparas. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, desarrollo fetal, desarrollo postnatal de la progenie y análisis económico.

ABSTRACT

The demand for animal products, driven by an ever-increasing human population, makes it clear that there is a need to improve production efficiency. It is necessary to develop simple low-cost strategies that allow goat breeders to increase the productivity of their animals and reduce operating costs. One option is to include bakery waste in the animals' diet. We used 67 multiparous adult goats from the Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. During mating, the females were separated into two treatments. T-BP (n=33; received 300 g of concentrate based on bakery waste individually) or T-CTL (n=34; received 300 g of commercial concentrate [Nu3®]). Additionally, the goats were fed oat hay, alfalfa, and corn silage. The fertility rate (T-BP: 91%; T-CTL: 94%), prolificacy (T-BP: 80%; T-CTL: 75%), and reproductive (T-BP: 182%; T-CTL: 176%) did not differ between treatments ($P > 0.05$). The live weight at the beginning of mating did not positively influence the reproductive response ($P > 0.05$). It is concluded that the inclusion of a concentrate based on bakery residues during mating does not negatively affect the reproductive response of multiparous goats. More studies are necessary to determine the impact of the consumption of concentrate based on bakery residues on the metabolism of the animal, the composition of the milk, fetal development, postnatal development of the progeny and economic analysis.

INTRODUCCIÓN

En México se cuenta con 8.8 millones de cabras distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos (SIAP, 2022). En 2020, las cabras aportaron a la economía mexicana cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2022). Sin embargo, la producción registrada en las estadísticas mostradas no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Esto es debido a que los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021). Es posible que sea a consecuencia de dos factores, incremento en el número de animales que pastorean las áreas o a consecuencia del cambio climático que ha ocasionado seguías más prolongadas, incremento en temperaturas extremas y cambio en la vegetación disponible (Ciscar et al., 2018; Kuraz et al., 2021). Consecuentemente, se ha demostrado que la vegetación disponible no alcanzar a cubrir los requerimientos nutricionales de animales en los diferentes estados fisiológicos

lo cual repercute negativamente en la fertilidad de las hembras y mortalidad perinatal de la progenie (Mellado et al., 2020; 2022; García-Monjaras et al., 2021).

Generalmente, los animales manejados extensivamente no reciben ningún suplemento (Cuevas-Reyes y Rosales-Nieto, 2018). Por otro lado, se ha demostrado que cuando las cabras que son manejadas extensivamente reciben algún tipo de suplemento incrementan su eficiencia productiva y reproductiva (Mellado et al., 2020; 2022); sin embargo, su costo puede ser elevado y alejado de las condiciones del productor. Considerando esta situación, es necesario desarrollar nuevas estrategias con métodos simples y de menor costo que permita a los productores de cabras poder incrementar la productividad de sus animales. Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo y pueden incrementar los parámetros productivos. Los productos de panadería que alcanzan su límite de vida de anaquel son desechados. Estos productos presentan un alto contenido de grasa y que pudiera ser aprovechado por el animal para incrementar la energía circulante y que impacte directamente los parámetros productivos y reproductivos (Rosales-Nieto et al., 2021).

La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Nuestro grupo de investigación reportó que la inclusión de residuos de panadería durante la lactación tardía en cabras estabuladas no afecto la composición química de la leche (Vázquez-García et al., 2022a), ni la ganancia de peso diaria de las hembras (Vázquez-García et al., 2022b), pero redujo los precios de producción e incremento el ingreso (Cuevas-Reyes et al., 2022). Sin embargo, en ganado Simmental se reportó un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021). Los parámetros reproductivos pueden ser afectados negativamente por el metabolismo y la homeostasis (Scaramuzzi et al., 2006)

Sin embargo, no hay suficiente información disponible actualmente sobre el uso de concentrados a base de residuos de panadería durante los parámetros reproductivos durante la época de empadre o sobre la tasa de sobrevivencia durante la etapa perinatal y el bienestar del neonatal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ética animal

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con

las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny et al., 2010).

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49'' O y 22° 13' 56.63'' N).

Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron 67 hembras multíparas durante el empadre para determinar el impacto de la inclusión de residuos de panadería durante el empadre sobre variables reproductivas (fertilidad, prolificidad y tasa reproductiva). Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios por hembra de concentrado en base a residuos de panadería (48.9±1.1 kg; Cuadro 1) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (48.4±1.4 kg; Cuadro 1). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 33 repeticiones cada uno. La dieta basal estuvo a base de heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz (Cuadro 2). Previo al empadre las hembras fueron expuestas a machos vasectomizados, durante un periodo de 30 días, posteriormente se utilizaron machos enteros para el empadre, durante un periodo de 42 días. Las hembras se pesaron al inicio del empadre con una báscula digital (TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg.

Cuadro 1. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería y comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería				**Nu3®**	
Composición	**%**	**Análisis Calculado**		**Análisis Reportado**	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Cuadro 2. Aporte nutricional de la dieta base ofrecida durante el experimento a cabras multíparas durante el empadre.

Dieta	**Parámetro / Aporte**	
Ingredientes (en dieta)	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al inicio del empadre se analizó mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). La tasa de fertilidad y prolificidad se analizaron mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución binomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). La tasa reproductiva se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución multinomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). El efecto fijo fue raza. El peso al inicio del empadre se agregaro como co-variables.

RESULTADOS

Tasa de Fertilidad

El 91% de las hembras del T-BP quedaron gestantes (30 de 33). El 94% de las hembras del T-CTL quedaron gestantes (32 de 34). La tasa de fertilidad no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyo la tasa de fertilidad ($P > 0.05$).

Tasa de Prolificidad

El 80% de las hembras gestantes del T-BP estaban gestantes con múltiples (24 de 30). El 75% de las hembras gestantes del T-CTL quedaron gestantes con múltiples (24 de 32). La tasa de prolificidad no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyo la tasa de prolificidad.

Tasa Reproductiva

La tasa reproductiva fue 182% del T-BP, en donde el 60% (18 de 30) gestantes con gemelos y 20% (6 de 30) con triples. La tasa reproductiva fue 176% del T-CTL, en donde el 62.5%

(20 de 32) gestantes con gemelos y 12.5% (4 de 32) con triples. La tasa reproductiva no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso al inicio del empadre no influyó la tasa reproductiva ($P > 0.05$).

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante el empadre sobre la tasa de fertilidad, tasa de prolificidad y tasa reproductiva en hembras multíparas. Los resultados son interesantes dado que demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no afecta negativamente la respuesta reproductiva de hembras caprinas. Esto abre la oportunidad para investigar más a detalle la inclusión del concentrado a base de residuos de panadería durante las diferentes etapas fisiológicas de las hembras caprinas.

La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Recientemente, nuestro grupo de investigación reportó que la inclusión de residuos de panadería durante la lactación tardía en hembras multíparas no afecta negativamente la producción o la calidad de la leche; pero si disminuye los costos de producción (Vázquez-García et al., 2022a; Vázquez-García et al., 2022b; Cuevas-Reyes et al., 2022). Interesante, en vacas Simental, a pesar que los autores reportan un efecto positivo sobre la inclusión de residuos de panadería en la composición química de la leche, reportan un efecto negativo en el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020; 2021). Al momento, los autores del presente trabajo no tienen conocimiento de información publicada sobre el uso de un concentrado a base de residuos de panadería en parámetros reproductivos en cabras. Los resultados que mostramos son interesantes.

La tasa reproductiva de las hembras era esperada dado que la eficiencia reproductiva incrementa linealmente con edad y peso al inicio del empadre (Haldar et al., 2014; Pan et al., 2015). Se ha reportado que un balance energético positivo incrementa la respuesta metabólica y el eje hipofisario-pituitario-gonadal responde positivamente (Scaramuzzi et al., 2006); por lo que hembras más pesadas al momento del empadre son más fértiles y más prolíficas (Rosales-Nieto et al., 2014; 2021). El concentrado a base de residuos de panadería contiene una mayor cantidad de grasa en comparación con el concentrado comercial (Nu3®), por lo que es posible que el concentrado a base de residuos de panadería haya incrementado la circulación de metabolitos y hormonas metabólicas que resultaron en un incremento en la tasa reproductiva. Falta detallar si la respuesta

reproductiva del T-BP tenga alguna repercusión negativa metabólica sobre el bienestar animal.

Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el metabolismo, composición de leche, y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

CONCLUSIÓN

Se concluye que la inclusión de residuos de panadería a una dosis de 300 gr diarios por animal resulta en una respuesta reproductiva favorable de hembras multíparas caprinas. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, el cambio de peso, desarrollo de progenie y análisis económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Cuevas-Reyes, V., Rosales-Nieto, C., 2018. Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest Mexico: producers, resources and problematic. Revista MVZ Córdoba 23, 6448-6460.

Cuevas-Reyes V, Hernández-Arteaga LES, Flores-Nájera MJ, Vázquez-García JM, Villareal Rostro DM, Ballesteros Rodea G, Rosales-Nieto CA. 2022. Análisis beneficio costo sobre el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre eficiencia láctea en cabras. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México

Ciscar J-C, Fisher-Vanden Kand LobellDB 2018 Synthesis and review: an inter-method comparison of climate change impacts on agriculture Environ. Res. Lett. 13

García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. Journal of Arid Environments 186, 104429.

Haldar, A., Pal, P., Datta, M., Paul, R., Pal, S.K., Majumdar, D., Biswas, C.K., & Pan, S., 2014. Prolificacy and its relationship with age, body weight, parity, previous litter size and body linear type traits in meat-type goats. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 27, 628-634.

Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. Improving bioscience research reporting: The arrive guidelines for reporting animal research. PLOS Biology 2010;8:e1000412

Kuraz, Belete, Mulugeta Tesfaye, and Sharew Mekonenn. "Climate Change Impacts on Animal Production and Contribution of Animal Production Sector to Global Climate Change: A Review." Agricultural Science Digest 41, no. 4 (December 2021): 523–30. doi:10.18805/ag.D-344

Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. Tropical Animal Health and Production 52, 2737-2741.

Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. Tropical Animal Health and Production 54, 193.

Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. J Dairy Sci 103, 10122-10135.

Kaltenegger, A., Humer, E., Pacífico, C., Zebeli, Q., 2021. Feeding dairy cows bakery by-products enhanced nutrient digestibility, but affected fecal microbial composition and pH in a dose-dependent manner. Journal of Dairy Science 104, 7781-7793.

Pan, S., Biswas, C.K., Majumdar, D., Sengupta, D., Patra, A., Ghosh, S., Haldar, A., 2015. Influence of age, body weight, parity and morphometric traits on litter size in prolific Black Bengal goats. Journal of Applied Animal Research 43, 104-111.

Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Available online: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/ (accessed on July 26, 2023).

Rosales Nieto CA, Thompson AN, Macleay CA, Briegel JR, Hedger MP, Ferguson MB, Martin GB. Relationships among body composition, circulating concentrations of leptin and follistatin, and the onset of puberty and fertility in young female sheep. Animal Reproduction Science 2014;151:148-156.

Rosales-Nieto, C.A., Ehrhardt, R., Mantey, A., Makela, B., Byrem, Veiga-Lopez, A., 2021. Preconceptional diet manipulation and fetus number can influence placenta endocrine function in sheep. Domestic Animal Endocrinology 74, 106577.

SAS Institute, 2010. SAS/Stat user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendall NR, Khalid M, Muñoz-Gutiérrez M, Somchit A. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. Reprod Nutr Dev 2006;46:339-354

SIAP. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Población Ganadera Caprino 2022. Available https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/ (accessed on July 26, 2023).

Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Flores-Nájera, M., Herrera-Corredor C.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022a. Suplementación de concentrado a base de residuos de panadería durante la lactancia tardía sobre la calidad de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.

Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Cuevas-Reyes, V., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022b. Consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el cambio de peso y producción de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.

SALUD DE BECERRAS LECHERAS LACTANTES SUPLEMENTADAS CON *BACILLUS SUBTILLIS* PB6

Blanca Patricia Peña-Revuelta[1*], Reyna Roxana Guillén-Enríquez[1], Pablo Preciado-Rangel[1], Melisa Hermosillo-Alba[1], Ramiro González-Avalos[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: Blanca8989@hotmail.com

RESUMEN

Los probióticos, como el *Bacillus subtilis* PB6, emergen como una herramienta valiosa para mejorar la salud y productividad animal, con aplicaciones en medicamentos, alimentos y suplementos dietéticos. Este estudio se centró en la salud de becerras Holstein lactantes tras ser suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Se evaluaron 40 becerras recién nacidas, distribuidas aleatoriamente en dos grupos: T1 (control) y T2 (suplementadas con 10 g/becerra/día, iniciando 20 min tras nacer). Ambos grupos consumieron 432 L de leche entera pasteurizada en dos tomas diarias durante 60 días. El probiótico se agregó directamente en la leche antes de su administración. Cada becerra recibió dos tomas de calostro post-nacimiento: la primera dentro de 2 horas y la segunda 6 horas después. Durante el estudio, se monitorizaron casos de diarreas y neumonías hasta los 60 días de vida de las becerras. Se concluye que la inclusión de *Bacillus subtilis* PB6 en la dieta puede reducir enfermedades y mortalidad en becerras Holstein.

Palabras clave: Alimentación; Inmunidad; Leche

ABSTRACT

Probiotics, such as *Bacillus subtilis* PB6, are emerging as a valuable tool for improving animal health and productivity, with applications in drugs, feeds and dietary supplements. This study focused on the health of lactating Holstein calves after supplementation with *Bacillus subtilis* PB6. Forty newborn calves were evaluated, randomly distributed into two groups: T1 (control) and T2 (supplemented with 10 g/calf/day, starting 20 min after birth).

Both groups consumed 432 L of pasteurized whole milk in two daily feedings for 60 days. The probiotic was added directly into the milk prior to administration. Each calf received two intakes of colostrum post-birth: the first within 2 hours and the second 6 hours later. During the study, cases of diarrhea and pneumonia were monitored until the calves were 60 days old. It is concluded that the inclusion of *Bacillus subtilis* PB6 in the diet can reduce disease and mortality in Holstein calves.

Key words: Food; Immunity; Milk

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera de México, la ganadería lechera juega un rol clave en la economía (Renta-Sánchez et al., 2015). Aunque produce cerca de 10 millones de toneladas de leche anualmente, constituyendo el 20% de la producción nacional (García-Muñíz et al., 2015), la mortalidad temprana de las becerras conlleva una pérdida de hembras sustitutas, afectando negativamente la producción lechera (Mushtaq et al., 2013).

La formación adecuada de reemplazos es esencial en sistemas de producción, puesto que las becerras eventualmente tomarán el lugar de las vacas que salen del ciclo productivo (Ponche-Pérez, 2021). El desarrollo óptimo de las becerras se sustenta en aspectos como salud, manejo y nutrición (Mogollón-García, 2020). Es vital prestar especial cuidado durante la lactancia; en esta fase, que cubre los primeros dos meses de vida, las becerras se basan en alimentación líquida y comienzan con sólidos. Sin embargo, aún no cuentan con mecanismos digestivos para carbohidratos estructurales y enfrentan riesgos por un sistema inmunológico no desarrollado. Estos factores, junto con el estrés, pueden aumentar la probabilidad de enfermedades digestivas y respiratorias, incrementando morbilidad y mortalidad (Gore et al., 2021).

Para reducir la morbilidad y mortalidad en becerras en crecimiento, es esencial implementar prácticas como un calostreo temprano, vacunación para fortalecer la inmunidad, minimizar el estrés y ofrecer una dieta adaptada a sus necesidades (Cieslicka et al., 2022). Además, la incorporación de agentes como probióticos, prebióticos e inmunoestimulantes es recomendada. Recientemente, se ha destacado el uso de compuestos naturales con propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes que refuerzan la inmunidad no específica y el funcionamiento celular óptimo (Eslamian et al., 2019). Los agentes de exclusión competitiva (CE) y los probióticos se están convirtiendo en foco de interés en la ganadería,

al ser vistos como una solución eficiente para controlar enfermedades y mejorar la producción (Kober et al., 2022)

Los probióticos son mezclas de microorganismos beneficiosos, como lactobacilos, estreptococos y bacilos (Barreto et al., 2021). Aunque su mecanismo exacto no está completamente definido, se piensa que impactan el microbiota intestinal mediante CE y la inhibición de bacterias perjudiciales (Guo et al., 2023). Por todo lo anteriormente mencionado, el propósito de este estudio fue analizar la salud de becerras Holstein lactantes al ser suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló del 01 de agosto al 15 de diciembre de 2020, en un establo del municipio de Matamoros en el Estado de Coahuila; éste se localiza a una altura de 1100 msnm. Entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' 103° 10' de longitud oeste (INEGI, 2009).

Calostro

Se utilizó el calostro de primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto, utilizando un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA ®), a una temperatura de 22°C al momento de la medición. El calostro se colocó en bolsas de plástico Ziploc ® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congelo a -20°C hasta el suministro a las becerras.

Tratamientos y diseño experimental

Para observar el efecto del *Bacillus subtilis* PB6 sobre el desarrollo, salud, transferencia de inmunidad y consumo de alimento se seleccionaron dos grupos de manera aleatoria cada uno con 20 becerras, se separaron de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos serán: T1=testigo, T2=10 g de *Bacillus subtilis* PB6 respectivamente. La suplementación del producto se realizó durante la alimentación de los animales (dentro de la tina de la leche) los primeros 60 días de vida de las crías. En ambos grupos se les suministró la primera toma de calostro

dentro de la primera hora de nacida la cría y la segunda seis horas posteriores a la primera toma.

Variables evaluadas

Las variables que se consideraron para evaluar la salud: diarreas, problemas respiratorios y muertes, las cuales se registraron desde el nacimiento hasta que se realizó el destete. El registro fue a partir del nacimiento hasta los 60 días de vida, la clasificación de las crías con diarrea se realizó mediante la observación de la consistencia de las heces, heces normales corresponde a crías sanas y becerras con heces semi-pastosas a líquidas se catalogaron como crías enfermas. En relación a la clasificación de los problemas respiratorios las crías con secreción nasal, lagrimeo, tos y elevación de la temperatura superior a 39,5 °C se consideraron enfermas, si no presentaron lo anterior serán crías sanas. El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro 1 muestra los índices de morbilidad y mortalidad relacionados con enfermedades en becerras Holstein durante su lactancia. Según los datos, el 77.5% de estos animales presentaron enfermedades. Reyes (2019) señaló una morbilidad del 88.23% en un conjunto de 510 becerras Holstein lactantes. La frecuencia y manifestación clínica de estas enfermedades están determinadas por factores como el método de crianza, la dieta proporcionada, las condiciones higiénicas, las intervenciones preventivas y terapéuticas aplicadas, la ingesta adecuada de calostro, la historia clínica de la madre y las circunstancias del nacimiento, todos estos pueden influir en la intensidad y evolución de las enfermedades (Godden, 2008).

Cuadro 1. Morbilidad y mortalidad con evento de enfermedad en becerras Holstein en lactancia.

Salud

En cuanto a la salud, la principal causa de fallecimiento en becerras jóvenes es la diarrea. Al evaluar los episodios de diarrea en becerras tratadas con *Bacillus subtilis* PB6 (ver Cuadro 2), se registró un 80% (16/20) de animales afectados, en contraste con el grupo control.

Eventos	Testigo	T2	Total
Total de becerras con evento de diarrea	13	16	29
Mortalidad	1	0	1
Promedio de días en tratamiento	7	5	
Mínimo de días en tratamiento	3	3	
Máximo de días en tratamiento	11	8	

Cuadro 2. Morbilidad y mortalidad con evento de diarrea en becerras Holstein en lactancia.

Total Becerras	40	100%
Becerras con evento de diarrea	29	72.5%
Becerras con evento de neumonía	0	0%
Becerras con evento de diarrea + neumonía	2	5%
Becerras con otros problemas de enfermedad	0	0%
Total de becerras enfermas	31	77.5%

Reyes (2019) reportó índices menores con un 40.3% (206/510) de becerras afectadas por diarrea en un estudio con 510 becerras Holstein lactantes. En esta investigación, no se detectó morbilidad ni mortalidad asociada a neumonía en los tratamientos evaluados (ver Cuadro 3). Es relevante mencionar que el síndrome respiratorio bovino es causante del 50,4% de los decesos en esta etapa, mientras que durante la lactancia representa el 21,3% de las pérdidas (USDA, 2008).

Cuadro 3. Morbilidad y mortalidad con evento de neumonía en becerras Holstein en lactancia.

Eventos	Testigo	Clostat	Total
Total de becerras con evento de neumonía	0	0	0
Mortalidad	0	0	0
Promedio de días en tratamiento	0	0	
Mínimo de días en tratamiento	0	0	
Máximo de días en tratamiento	0	0	

En lo que respecta a morbilidad y mortalidad por eventos combinados de diarrea y neumonía (ver Cuadro 4), se registró una tasa de morbilidad del 5% en el grupo control (T1) en contraste con el 0% en el tratamiento (T2). Dada la limitada capacidad inmunológica de las crías cerca del momento de nacimiento, son más propensas a infecciones. Factores adicionales, como una ingesta inadecuada de calostro, falta de higiene, cambios climáticos o cualquier situación estresante, pueden debilitar su sistema inmunológico, aumentando la susceptibilidad a enteropatógenos y, consecuentemente, a infecciones concurrentes (Muktar et al., 2015).

Cuadro 4. Morbilidad y mortalidad con evento de diarrea + neumonía en becerras Holstein en lactancia.

Eventos	Testigo	T2	Total
Total de becerras con evento de diarrea + neumonía	2	0	2
Mortalidad	0	0	
Promedio de días en tratamiento	11	0	
Mínimo de días en tratamiento	8	0	
Máximo de días en tratamiento	14	0	

En un estudio llevado a cabo con 501 becerras Holstein en la etapa de lactancia, Reyes (2019) documentó tasas del 8.4% (43 de 510) y 28% (12 de 43) en morbilidad y mortalidad, respectivamente, para casos de diarrea combinada con neumonía. La mortalidad en becerras representa una significativa preocupación económica y de bienestar en establos lecheros globalmente (Mee, 2008). Dada esta problemática, se ha intensificado el interés

en identificar la prevalencia y los factores de riesgo vinculados a la mortalidad de becerras con el fin de idear estrategias que la minimicen (Cuttance et al., 2017).

CONCLUSIONES

Según los datos recopilados en este estudio, al suplementar con *Bacillus subtilis PB6*, se observa una reducción del 25% en la morbilidad y mortalidad por diarrea en comparación con el grupo testigo, además de una disminución en la mortalidad y días de tratamiento en el grupo suplementado. En cuanto a neumonía, ninguno de los dos grupos presentó casos. Sin embargo, en el caso de diarrea combinada con neumonía, las becerras alimentadas con leche enriquecida con *Bacillus subtilis PB6* no mostraron signos de enfermedad. La incorporación de *Bacillus subtilis PB6* en la dieta de las becerras Holstein en lactancia podría ser beneficioso para reducir la incidencia de enfermedades, el periodo de tratamiento y la mortalidad.

REFERENCIAS

Barreto, M. O., Soust, M., Moore, R. J., Olchowy, T. W., & Alawneh, J. I. (2021). Systematic review and meta-analysis of probiotic use on inflammatory biomarkers and disease prevention in cattle. Prev. Vet. Med., 194, 105433.

Cieślicka, M., Ostapiuk-Karolczuk, J., Buttar, H. S., Dziewiecka, H., Kasperska, A., & Skarpańska-Stejnborn, A. (2022). Effects of long-term supplementation of bovine colostrum on iron homeostasis, oxidative stress, and inflammation in female athletes: A placebo-controlled clinical trial. Nutrients, 15(1), 186.

Cuttance, E. L., Mason, W. A., McDermott, J., Laven, R. A., McDougall, S., Phyn, C. V. C. (2017). Calf and replacement heifer mortality from birth until weaning in pasture-based dairy herds in New Zealand. J. Dairy Sci. 100:8347-8357.

Eslamian, G., Ardehali, S. H., Baghestani, A. R., & Shariatpanahi, Z. V. (2019). Effects of early enteral bovine colostrum supplementation on intestinal permeability in critically ill patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. Nutrition, 60, 106-111.

García-Muñiz, J. G., Herrera-Monsalvo, C. D., Lara-Bueno, A., López-Ordaz, R., Jaimes-Jaimes J., Ramírez-Valverde, R. 2015. Effects of Drinking Water Desalination On Several Traits of Dairy Cows In A Mexican Semiarid Environment. Life Sci. J. 12(2), 87-93.

Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 24(1),19-39.

Gore, A. M., Satyaraj, E., Labuda, J., Engler, R., Sun, P., Kerr, W., & Conboy-Schmidt, L. (2021). Supplementation of diets with bovine colostrum influences immune and gut function in kittens. Front. Vet. Sci., 8, 675712.

Guo, W., Liu, S., Khan, M. Z., Wang, J., Chen, T., Alugongo, G. M.,... & Cao, Z. (2023). Bovine Milk Microbiota: Key Players, Origins, and Potential Contributions to Early-Life Gut Development. J. Adv. Res.

Jaimes J., Ramírez-Valverde, R. (2015). Effects of Drinking Water Desalination On Several

Kober, A. H., Saha, S., Islam, M. A., Rajoka, M. S. R., Fukuyama, K., Aso, H., ... & Kitazawa, H. (2022). Immunomodulatory Effects of Probiotics: A Novel Preventive Approach for the Control of Bovine Mastitis. Microorganisms, 10(11), 2255.

Mee JF. (2008). Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. Vet. J. 176:93-101

Mogollón García, F. S., Becerra Rojas, L. D., & Adolfo Ancajima Mauriola, J. S. (2020). Estilos de vida saludables en estudiantes de pregrado. Conrado, 16(75), 69-75.

Muktar, Y., Mamo, G., Tesfaye, B., Belina, D. (2015). A review on major bacterial causes of calf di arrhea and its diagnostic method. J. Vet. Med. Anim. Health. 7(5),173-185.

Mushtaq, H. M., Saleem, M. N., Ayyub, M. R., Khat tak, I. (2013). Challenges due to early calf mortality in dairy industry of Pakistan and strategies for improvement. Veterinaria. 1:13-17.

Ponce Pérez, Ó. (2021). Efecto de una fórmula poliherbal promotora de la función gastrointestinal sobre parámetros productivos y salud en becerras Holstein.

Reta-Sánchez, D.G., Figueroa-Viramontes, U., Serrato-Corona, J. S., Quiroga-Garza, H. M., Gaytán-Mascorro, A., Cueto-Wong, J. A. (2015). Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 6(2),153-170.

Reyes, R. A. (2019). Morbilidad de diarreas en becerras lecheras y su efecto en su desarrollo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

USO DE AMINOÁCIDOS PROMOTORES DE LA GANANCIA DE PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS EN CORDEROS DORPER.

Atlahua-Temoxtle Milagros [1]*, Meza-Herrera César Alberto [2], Rodríguez-Sánchez Andrés [3], Calderón-Leyva Ma. Guadalupe [3], Ángel-García Óscar [3].

[1]Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo.
[2]Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.
[3]Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

*Autor para correspondencia: mila1702@outlook.es

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el uso de aminoácidos promotores de la ganancia de peso vivo, condición corporal (CC) y parámetros hematológicos de corderos Dorper. El estudio se llevó a cabo durante los meses de mayo a agosto de 2023 en el norte de México (25° LN). Se utilizaron 40 corderos con edad promedio de 3 meses, homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 16.02 ± 2.44 kg) y condición corporal (CC; 1.7 ± .2) y se dividieron en dos grupos (n=20 c/u). A un primer grupo (Tratado) se les administró 10 mg de aminoácidos promotores. Mientras que a un segundo grupo (Control) se les aplico 0.5 de solución salina fisiológica como efecto placebo. El tratamiento fue aplicado en dosis única. Se registró el PV y CC, además se determinaron los niveles de glóbulos blancos (GB) y rojos (GR) al inicio y al final del periodo de estudio. El promedio general de PV (26.0 ± 6.0) y CC (2.4 ± 0.1) final no mostró diferencia (P>0.05), al igual, que los GB (113.8 ± 22.0) y GR (3.53 ± 1.0). Los resultados demuestran que no hubo un efecto sobre la ganancia de peso, condición corporal y los niveles de glóbulos blanco y rojos. En conclusión, la administración de una dosis única de 10 mg de aminoácidos no promovió la ganancia de peso, condición corporal y los niveles de glóbulos blancos y rojos en corderos Dorper.

Palabras clave: Aminoácidos promotores, parámetros hematológicos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the use of amino acid promoters on liveweight gain, body condition (BW) and haematological parameters of Dorper lambs. The study was conducted from May to August 2023 in northern Mexico (25° LN). Forty lambs with an average age of 3 months, homogeneous in live weight (BW; 16.02 ± 2.44 kg) and body condition (BW; 1.7 ± .2) were used and divided into two groups (n=20 each). A first group (Treated) was administered 10 mg of promoter amino acids. A second group (Control) was given 0.5 of physiological saline as a placebo effect. The treatment was applied as a single dose. PV and CC were recorded and white blood cell (WBC) and red blood cell (RBC) levels were determined at baseline and at the end of the study period. The overall mean PV (26.0 ± 6.0) and final CC (2.4 ± 0.1) showed no difference (P>0.05), as did WBC (113.8 ± 22.0) and RBC (3.53 ± 1.0). The results show that there was no effect on weight gain, body condition and WBC and RBC levels. In conclusion, administration of a single dose of 10 mg of amino acids did not promote weight gain, body condition and WBC and RBC levels in Dorper lambs.

Key words: Amino acid promoters, hamatological parameters.

INTRODUCCIÓN

La presencia de ovinos en la región semiárida brinda una opción de proteína para los habitantes de la zona, los pequeños rumiantes son una opción de ganado para productores pequeños y sistemas intensivos que buscan aprovechar al máximo los recursos vegetales disponibles por las condiciones medio ambientales de la región; encaminado a esto las suplementaciones con productos eficientes brindará la posibilidad de mejorar la economía de los productores. Sin embargo, aunque la incorporación de aminoácidos en la dieta de ovinos bajo condiciones de sistemas intensivos es esencial para mejorar la ganancia de peso con miras a incrementar la producción de carne, no se realiza de forma frecuente, debido a que en general los alimentos proteicos y los aditivos de aminoácidos suelen ser costosos (Liu y Masters, 2003).

Actualmente existen pocas opciones económicamente viables que puedan ser incorporadas por los pequeños productores, a pesar de las escasas opciones, en los animales de granja de la región estudiada, uno de los propósitos principales del manejo integral del ganado debe basarse en la nutrición de aminoácidos y enfocarse en hacer

coincidir el perfil de los aminoácidos esenciales que requiere el ganado, con el perfil de aminoácidos de los productos comerciales disponibles en el mercado (Cao *et al*., 2021).
Por lo que, la relevancia del interés de este estudio es imprescindible para evaluar e identificar posibles opciones de nutrición de aminoácidos debido a la escasez de investigación de corderos y cabritos en crecimiento en comparación con los animales monogástricos. Podría ser que la tasa de crecimiento sea un factor económico menor para los rumiantes en condiciones de pastoreo que para los animales monogástricos en sistemas intensivos de interior (Liao *et al.,* 2015).

La administración de aminoácidos promotores puede contribuir a un mejor aprovechamiento de los nutrientes presentes en la alimentación con el propósito de aumentar la ganancia de peso vivo, condición corporal y fortalecimiento del sistema inmune y de igual forma presentar una opción de suplementación accesible y de fácil aplicación a corderos a través de la exposición de resultados dirigida a productores para incrementar la productividad de ovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

Localización del área de estudio

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila (norte de México) durante los meses mayo a agosto de 2023. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero. La humedad relativa varía entre 26.1% y 60.6%, y la duración del día es de 13h 41min durante el solsticio de verano (junio) y de 10h 19min durante el invierno (diciembre) (CONAGUA, 2015).

Manejo de animales

Durante el período experimental, que duró del 13 de mayo al 05 de agosto (84 días), los carneros fueron alimentados con residuos de alimentos de una unidad de vacas lecheras Holstein. Su ración estuvo compuesta principalmente de heno de alfalfa, ensilaje de maíz y

grano de maíz. Los carneros fueron alimentados dos veces al día (1200 y 1800 h) y tuvieron libre acceso al agua limpia y sales minerales.

Tratamiento de los corderos

Se utilizaron 40 corderos Dorper con edad promedio de 3 meses, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 2 grupos (n=20 c/u): con un peso inicial promedio de 16.02 ± 2.44 kg. A un primer grupo (Tratado) se les administró 10 mg de aminoácidos promotores. Mientras que a un segundo grupo (Control) se les aplico 0.5 mL de solución salina fisiológica como efecto placebo. El tratamiento fue aplicado en dosis única.

Variables evaluadas

Peso y condición corporal

A lo largo del estudio, se midió el peso vivo y condición corporal (CC). El peso vivo corporal fue determinado por la mañana (8:00 a 10:00 am) antes de que los machos consumieran alimento. Se empleo una báscula digital con una capacidad de 400 kg marca Torrey (EQM-400/800). La CC se evaluó mediante la estimación de la masa muscular y grasa de la región lumbar bajo la técnica descrita por (Walkden-Brown *et al*., 1997), esta actividad fue evaluada por un mismo técnico durante todo el período experimental. El pesaje y evaluación de la CC se llevó a cabo cada 14 días durante el período de 84 días.

Análisis de metabolitos sanguíneos

Fueron evaluadas las muestras de sangre para determinaron los niveles de glóbulos blancos (GB) y rojos (GR) al inicio y al final del periodo de estudio. Para el análisis hematológico se empleó un analizador hematológico HEMALIZER (2000) para evaluar las cantidades de glóbulos blancos y rojos. La extracción de muestras de sangre se realizó por las mañanas, antes de alimentarlos; cada 14 días durante 84 días.

Análisis estadístico

Se calculó la desviación estándar de las medias del peso vivo, la condición corporal, proteína sérica y la cantidad de glóbulos blancos y rojos en el programa Excel, con la finalidad de detectar diferencias entre los grupos mediante la obtención de los porcentajes de tasas de incremento. La estimación del p-valor para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, fue desarrollada en el paquete estadístico

Rstudio, a través de la aplicación de las funciones *qqnorm* se determinó la normalidad de los parámetros, mientras que la función *t.test* fue aplicada con un nivel de confianza del 95%. Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1. Se muestran los resultados para peso vivo, condición corporal y cantidad de glóbulos blancos y rojos. No se encontró diferencia para el PV y CC. (P>0.05). El porcentaje de glóbulos blancos.

Cuadro 1. Promedio (±DSM) para peso vivo, condición corporal y parámetros hematológicos de corderos Dorper tratado con una dosis única de 10 mg de aminoácidos promotores (Tratado) o corderos no tratados (Control).

	Inicio		Final	
Variables	Tratado (n=20)	Control (n=20)	Tratado (n=20)	Control (n=20)
Peso vivo (kg)	16.0 ± 2.4	16.0 ± 2.4	27.3 ± 6.6	26 ± 5.8
CC (1-5)	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.2	2.5 ± 0	2.4 ± 0.2
GB (x10^9/L)	86.0 ± 21.5	92.7 ± 28.2	107.4 ± 19	120.2 ± 26.7
GR (x10^12/L)	2.7 ± 0.9	2.7 ± 1.1	2.9 ± 0.9	3.2 ± 0.9

GB: glóbulos blancos y GR: glóbulos rojos.

Se utilizó la T de Sudent en el análisis de comparación de medias, debido a que la distribución de los parámetros tiene una tendencia clara hacia la normalidad. T de Student ha representado una solución al problema que se presenta cuando los parámetros de las distribuciones son típicamente desconocidos. La prueba se realizó en el paquete estadístico Rstudio, y la estimación arrojo un valor de p= 0.492 con un nivel de significancia del 95%. Por lo que fue aceptada la hipótesis nula, debido a que no existe diferencia significativa en la aplicación del tratamiento.

CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados bajo las condiciones de este estudio demuestran que una dosis única de 10 mg de aminoácidos no promovió la ganancia de peso, condición corporal, así como los niveles de glóbulos blancos rojos en corderos Dorper. Por lo tanto, se recomienda que en futuros trabajos se analice el efecto de múltiples dosis y frecuencia de aplicación.

REFERENCIAS

Cao, Y., Yao, J., Sun, X., Liu, S., Martin, GB (2021). Aminoácidos en la Nutrición y Producción de Ovinos y Caprinos. En: Wu, G. (eds) Amino Acids in Nutrition and Health. Avances en Medicina Experimental y Biología, vol 1285. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978030-54462-1_5

FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed. Federation Animal Science Society, Savoy, IL, USA. ISBN: 978- 956-14-2161-5.

NAM. 2002. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0.

Liao SF, Wang T, Regmi N (2015) Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. Springerplus 4:147

Liu, SM y Masters, DG (2003) 'Utilización de aminoácidos para la producción de lana', CABI Books. CABI Internacional. doi: 10.1079/9780851996547.0309.

Walkden-Brown, S.W, Restall, B.J, Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., Blackberry, M.A. 1997. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. Small Ruminant Research. 26:239-252.

USO DEL SELENIO MÁS VITAMINA E PARA MEJORAR LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN CARNEROS DORPER

Ángel-García Oscar [1]*, Calderón-Leyva Ma. Guadalupe [2], Alvarado-Espino Alan Sebastián [2], Ordoñez-Morales Julieta Ziomara [2], Meza-Herrera Cesar Alberto [3].

[1]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

[2]Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

[3]Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la administración de selenio (Se) más vitamina E (Vit.E) sobre la calidad seminal de carneros Dorper. Carneros adultos, homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 61.3 ± 2.1 kg) y condición corporal (CC; 2.6 ± 0.2) se sometieron a los siguientes tratamientos: 1) administración de 1mg de selenito de sodio más 70 UI de Vit.E por Kg de PV (Se+Vit.E) y 2) administración de 0.5 mL de solución salina fisiológica (GC). Los tratamientos fueron aplicados vía IM cada 3 d x 28 d. La calidad seminal no mostro diferencia (P>0.05). Los resultados demuestran que bajo las condiciones de este estudio la administración de Selenio más vitamina E no mejoró la calidad seminal de los carneros. En conclusión, la administración de Se más Vit.E por 28 días no mejoró los parámetros de calidad seminal en carneros de la raza Dorper.

Palabras clave: Semen, vitamina E, selenio, carneros.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the administration of selenium (Se) plus vitamin E (Vit.E) on the seminal quality of Dorper rams. Adult rams, homogeneous in terms of live weight (LW; 61.3 ± 2.1 kg) and body condition (CC; 2.6 ± 0.2) underwent the following treatments: 1) administration of 1mg of sodium selenite plus 70 IU of Vit.E per Kg of LW (Se+Vit.E) and 2) administration of 0.5 mL of physiological saline solution (GC). The treatments were applied via IM every 3 d x 28 d. The semen quality did not show a difference (P>0.05). The results demonstrate that under the conditions of this study the administration of Selenium plus vitamin E did not improve the seminal quality of the rams. In conclusion,

the administration of Se plus Vit.E for 28 days did not improve the seminal quality parameters in Dorper breed rams.

Key words: Semen, vitamin E, selenium, rams.

INTRODUCCION

La fertilidad en el macho juega un papel importante desde el punto de vista económico, ya que podemos lograr conseguir altos índices de gestación un periodo mucho más corto. Sin embargo, esto no sucede si el desempeño reproductivo del macho se ve afectada (Almeida *et al*., 2007; Singh *et al*., 2018). La eficiencia reproductiva en las explotaciones ganaderas es fundamental para aumentar la eficiencia reproductiva y productiva en los diferentes sistemas de producción animal (Almeida *et al*., 2007).

Un gran número de literatura describe la función biológica algunas vitaminas (A, D y E), en especial de la vitamina E (Vit-E) y sus aplicaciones sobre el desempeño reproductivo en los animales domésticos (Talib Ali *et al*., 2009; Liu *et al*., 2014). Muchos trabajos han revisado las funciones químicas y biológicas que juegan las vitaminas (Debier 2005), al igual que los efectos de suplementación en rumiantes con Vit. E (McDowell *et al*. 1996). En este sentido, en cuanto al papel de la Vit.E sobre la reproducción en el macho, es conocida como vitamina anti-esterilidad, y se conoce que su deficiencia conduce a la degeneración de los espermatozoides, testículos y túbulos seminíferos (Majid *et al*., 2015).

Recientemente varios trabajos se han enfocado sobre los efectos potenciales de la deficiencia de Vit-E sobre el desempeño reproductivo de los rumiantes (Liu *et al*., 2014, Zubair, 2017). Por lo anterior, el desempeño reproductivo en el macho se puede mejorar a través de la suplementación de vitaminas y minerales, ya sean solas o combinadas. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el efecto de la administración de selenio más vitamina E sobre la calidad seminal en carneros de la raza Dorper.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

Localización del área de estudio

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila (norte de México) durante los meses octubre y noviembre del 2019. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero. La humedad relativa varía entre 26.1% y 60.6%, y la duración del día es de 13h 41min durante el solsticio de verano (junio) y de 10h 19 min durante el invierno (diciembre) (CONAGUA, 2015).

Manejo de animales

Durante el período experimental, que duró de octubre a noviembre, los carneros fueron alimentados con residuos de alimentos de una unidad de vacas lecheras Holstein. Su ración estaba compuesta principalmente de heno de alfalfa, ensilaje de maíz y grano de maíz. Los carneros fueron alimentados dos veces al día (1200 y 1800 h) y tenía acceso ilimitado a agua limpia, sales minerales y sombras

Tratamiento de los machos

Se utilizaron 10 carneros adultos de la raza Dorper, los cuales fueron distribuidos en 2 grupos (n=5 c/u): 1), machos tratados (Se+Vit-E) con Selenio más vitamina E (1mg de selenito de sodio, 70 UI de vit.E x cada 10 kg de PV) y 2), machos control (GC)se le adminitró .5 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 28 d.

Variables evaluadas

Recolección y procesamiento del semen

Al final del periodo experimental se realizaron dos extracciones de semen, que consistió en recolectar el semen por la mañana (8:00 a 10:00 am), se usó como estímulo para la extracción de semen una hembra en estro. El semen fue recolectado con una vagina artificial estándar para ovinos y caprinos (Minitüb, Tiefenbach, Germany), mantenida a una temperatura de 38 °C. Después de cada extracción la muestra de semen fue sumergido inmediatamente en baño maría a 37 °C para su posterior análisis macroscópico y microscópico durante los siguientes 10 minutos.

Latencia a la eyaculado (s). La hembra en celo permaneció fija y los machos se expusieron con un tiempo no mayor a 301 s para hacer la extracción. Los machos que no eyacularon durante ese lapso se retiraron y se les consideró como rechazo a la eyaculación.

Volumen del eyaculado (mL). Se determinó con un tubo cónico de vidrio de 15 mL graduado a 0.1 mL. La

Concentración espermática (10^6/mL). Se determinó utilizando un fotómetro SDM1 (SpermaCue, Minitüb, Tiefenbach, Germany), la cual consistió en depositar 10 µg de la muestra del semen a través una microcubeta para fotómetro SDM 1 y después es fijada exactamente en la posición correcta de medición al fotómetro para hacer el análisis. La concentración espermática se expresó en células espermáticas/mL.

Motilidad masal (1-5). Se evaluó con el uso de una placa térmica para laboratorio con temperatura ajustada a 37°C, colocando una gota de semen puro (20 µl) sobre una lámina portaobjetos en el microscopio óptico con objetivo de 10x, y de acuerdo con el movimiento observado se asignó un puntaje de escala arbitraria de 1 a 5, donde 1 = 25%, y 5 = 100% de espermatozoides móviles.

Motilidad individual (%). La motilidad individual, se determinó en porcentaje, en base a la proporción de espermatozoides progresivamente móviles, para ello, se colocó una gota (10µL) de semen sobre una lámina portaobjetos y fue cubierta con una laminilla cubreobjetos; posteriormente se observó al microscopio con objetivo de 40x.

Viabilidad espermática (%). La viabilidad espermática, se evaluó mediante el uso de la técnica de tinción con eosina-nigrosina (Solomon y Maxwell, 200), se observaron al menos 200 espermatozoides por muestra mediante microscopio óptico, utilizando el objetivo de 100X, y se calculó el porcentaje de células vivas (sin teñir) y de células muertas (teñidas de color rosa). Todas las evaluaciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador calificado.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros seminales fueron comparadas usando una prueba de t. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico

SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1. Medias (±eem) para los parámetros de evaluados de calidad seminal en carneros de la raza Dorper. Los parámetros para la calidad seminal de ambos grupos no mostraron diferencia significativa entre grupos (P>0.05).

Cuadro 1. Medias (±eem) para la calidad seminal de carneros de la raza Dorper tratados (cada 3d x 28d) con selenio más vitamina E (Se+Vit.E), o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN).

Variables	Se+Vit.E	GC	EEM
Latencia al eyaculado (s)	151[a]	215[a]	57
Volumen del eyaculado (mL)	0.4[a]	0.4[a]	0.2
Concentración espermática (x10^6/mL)	2882[a]	1766[a]	1046
Motilidad masal (escala, 1-5)	2.5[a]	1.4[a]	1.0
Espermatozoides por mL (x10^6)	2108[a]	1681[a]	1116
Motilidad individual (%)	29[a]	20[a]	14
Viabilidad espermática (%)	44[a]	21[a]	18

[a,b] Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística a P≤0.05.

Los tratamientos con Se en combinación con Vit. E han demostrado mejorar la calidad seminal y la libido en carneros. Sin embargo, nuestros resultados son contrarios a los reportados por otros autores (Ali et al., 2009; Mahmoud et al., 2013). Es probable que la época y duración del tratamiento tuvieran un efecto negativo sobre nuestros resultados, debido a que el tratamiento fue aplicado solo por 28 días. En efecto, resultados encontrados por Mahmoud et al. (2013) en carneros Ossimi que confirman que la combinación de Se más Vit. E y aplicadas dos veces por semana (5mg de Se + 450 mg de Vitamina E) por 30 d durante la temporada de reproducción mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo general de los carneros Ossimi

Es probable que lo anterior, se deba a la duración de los tratamientos, ya que se sugiere que los tratamientos combinados con vit.E y Se, ya sea sola o combinada requieren más 90 días para lograr estimular la espermatogénesis. En efecto, el tiempo de tratamiento para estimular la espermatogénesis deben ser a un tiempo mayor a los 60 días, ya el proceso

de espermatogénesis implica la regulación principalmente a través de las células gonadotrópicas de la pituitaria anterior, que estimulan a las células de Leydig a producir testosterona a través de la estimulación de la hormona luteinizante (Toocheck *et al.,* 2016).

Por otra parte, en cuanto a la duración de los tratamientos con Se + Vit.E o vit E sola, resultados indican que los tratamientos aplicados dos veces por semana de vitamina E sola (175 mg/animal) o combinada con selenio (70 mg vit. E + 2800 mg de Se) por 90 días mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo (libido) de los carneros Awassi durante la época de calor (Talib Ali *et al*., 2009). Al igual Baiomy *et al*. (2009) sugiere que los tratamientos por 90 d con 0.5 ppm +50 mg de vit.E mejora significativamente ($p < 0.05$) los parámetros de calidad seminal en ovinos.

Los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto al tiempo de reacción (latencia al eyaculado), no se encontró diferencia entre tratamientos. Es probable, que lo anterior se deba al tiempo de tratamiento de los machos en nuestro estudio. Lo cual está de acuerdo con resultados encontrados por Talib Ali *et al*., (2009) que demostraron que los niveles de testosterona plasmática y corticosterona en ratas macho que recibieron una dieta deficiente en vitamina E durante un periodo de 130 días fueron significativamente más bajos que en ratas que recibieron la misma dieta suplementada con vitamina E.

Lo anterior es debido probablemente a la duración de los tratamientos, no fue suficiente para poder estimular la producción de T4, y lograr una regulación sobre las hormonas implicadas en la espermatogénesis, por lo cual requerían más tiempo de tratamiento y la dosis aplicada. Lo anterior, puede explicar porque nuestros resultados, en cuanto a la calidad seminal no mostraron diferencias significativas entre grupos.

CONCLUSIÓNES

Los resultados del presente estudio bajo las condiciones de este estudio demuestran que el tratamiento con selenio combinado con vitamina E por un periodo de 28 días no mejoró la calidad seminal de los carneros de raza Dorper. Lo anterior, sugiere un mayor tiempo de tratamiento y utilizar dosis más altas para mejorar la calidad seminal.

REFERENCIAS

Almeida, A. M., Schwalbach, L. M. J., Cardoso, L. A., & Greyling, J. P. C. (2007). Scrotal, testicular and semen characteristics of young Boer bucks fed winter veld hay: The effect of nutritional supplementation. *Small Ruminant Research*, *73*(1-3), 216-220.

Calderón-Leyva, M. G., Meza-Herrera, C. A., Arellano-Rodriguez, G., Gaytan-Alemán, L. R., Alvarado-Espino, A. S., Gonzalez-Graciano, E. A., ... & Véliz-Deras, F. G. (2017). Effect of Glutamate Supplementation upon Semen Quality of Young Seasonally Sexual-Inactive Dorper Rams. Journal of Animal Research, 7(3), 419.

Debier, C., & Larondelle, Y. (2005). Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring. *British Journal of Nutrition*, *93*(2), 153-174.

FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed. Federation Animal Science Society, Savoy, IL, USA. ISBN: 978- 956-14-2161-5.

Liu, S., Masters, D., Ferguson, M., & Thompson, A. (2014). Vitamin E status and reproduction in sheep: potential implications for Australian sheep production. Animal Production Science, 54(6), 694-714.

Mahmoud, G. B., Abdel-Raheem, S. M., & Hussein, H. A. (2013). Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. Small Ruminant Research, 113(1), 103-108.

Majid, A., Qureshi, M. S., & Khan, R. U. (2015). In vivo adverse effects of alpha-tocopherol on the semen quality of male bucks. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, *99*(5), 841-846.

Marai, I. F. M., El-Darawany, A. H., Ismail, E., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2009). Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected by selenium dietary supplementation and housing heat radiation effects during winter of the sub-tropical environment of Egypt. Archives Animal Breeding, 52(4), 402-409.

McDowell, L. R., Williams, S. N., Hidiroglou, N., Njeru, C. A., Hill, G. M., Ochoa, L., & Wilkinson, N. S. (1996). Vitamin E supplementation for the ruminant. Animal Feed Science and Technology, 60(3-4), 273-296.

NAM. 2002. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0.

Salamon, S., & Maxwell, W. M. C. (2000). Storage of ram semen. Animal reproduction science, 62(1-3), 77-111.

Singh, A. K., Rajak, S. K., Kumar, P., Kerketta, S., & Yogi, R. K. (2018). Nutrition and bull fertility: A review. *J. Entomol. Zool. Stud*, *6*(6), 635-643.

Talib Ali, A. B., Bomboi, G., & Floris, B. (2009). Does vitamin E or vitamin E plus selenium improve reproductive performance of rams during hot weather?. *Italian Journal of Animal Science*, *8*(4), 743-754

Toocheck, C., Clister, T., Shupe, J., Crum, C., Ravindranathan, P., Lee, T. K., ... & Walker, W. H. (2016). Mouse spermatogenesis requires classical and nonclassical testosterone signaling. Biology of Reproduction, 94(1), 11-1.

Zubair, M. (2017). Effects of dietary vitamin E on male reproductive system. Asian pacific journal of reproduction, 6(4), 145.

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FAZ
Facultad de Agricultura y Zootecnia

XXXV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA





Responsable
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
Director de la FAZ

Informes
Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo
km 32 Venecia, Durango, México
Teléfonos:(871) 7118875 y 7118876

Venecia, Durango, México
http://faz.ujed.mx/siafaz