

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
VENECIA, DURANGO, MÉXICO
<http://faz.ujed.mx>



29

Semana Internacional de Agronomía



4 al 8 de Septiembre del 2017

Centro de Convenciones Posada del Río
Av. Hidalgo No. 1280, Col. Centro, Gómez Palacio, Durango, Méx.



MEMORIA

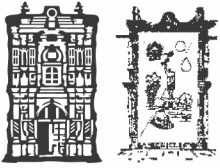
ISSN en trámite

Editores

M. C. José Manuel Vázquez Navarro
M.C. Magali Jeaneth López Calderón
M.C. Roberto Soto González
M.C. Sonia Yasmin Camacho Rodríguez

Facultad de Agricultura y Zootecnia
FAZ
UJED





UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
VENECIA, DURANGO, MÉXICO
<http://faz.ujed.mx>

29

Semana Internacional de Agronomía

4 al 8 de Septiembre del 2017

Centro de Convenciones Posada del Río
Av. Hidalgo No. 1280, Col. Centro, Gómez Palacio, Durango, Méx.



ISSN en trámite

MEMORIA

EDITORES:

M. C. José Manuel Vázquez Navarro
M.C. Magali Jeaneth López Calderón
M.C. Roberto Soto González
M.C. Sonia Yasmin Camacho Rodríguez

Diseño de Memoria:

Lic. Rolando Santana Rodríguez

Artículos de las conferencias y carteles
presentados en el Centro de Convenciones
Posada del Río en Gómez Palacio, Dgo., México
los días 06, 07 y 08 de Septiembre del 2017

Para adquirir ejemplares de este documento dirijase a:

Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED
Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32
Venecia, Durango, México.

Tel. 01(871)711-8876; 711-8875

Correo electrónico: faz.ujed@prodigy.net.mx

<http://faz.ujed.mx/eventos/semana29.html>

Diseño de Portada:

L.D.G. Beatriz Ileana Martínez Román
ileanamartin@yahoo.com



Facultad de Agricultura y Zootecnia
FAZ
UJED

NOTA IMPORTANTE

Para la elaboración de los resúmenes que aquí se presentan se proporcionaron a los autores instrucciones específicas de la extensión, tipo de letra, procesador electrónico y formato en general, todo con la intención de facilitar el manejo de la información y brindar un documento homogéneo. Afortunadamente en la mayoría de los casos se cumplieron las indicaciones; cuando no fue así, los editores acordaron ajustar a un formato y corregir algunos errores, que a juicio de estos ameritaba. Sin embargo la información original jamás se modificó y, aunque puede haberse cometido varios errores tipográficos, el contenido de los resúmenes es responsabilidad exclusiva de los autores. Por otro lado, la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, no avala la efectividad de los productos ni de los accesorios que se mencionan por nombre común o marca comercial en alguno de los trabajos, como tampoco puede respaldar o certificar la validez de los experimentos y resultados que se obtuvieron en estos.

PRESENTACIÓN

Constituye una gran alegría y un orgullo, para la Facultad de Agricultura y Zootecnia, como institución pionera de la educación agrícola superior en la Comarca Lagunera, celebrar un aniversario mas de su fundación mediante la realización de su evento, con 29 años de manera consecutiva, denominado Semana Internacional de Agronomía.

Para llegar a la celebración de nuestro magno evento, se ha requerido el entusiasmo, talento y esfuerzo de toda la comunidad Universitaria de nuestra Facultad, a la gentileza de los conferencistas y participantes externos de la sección de carteles, así como al decidido apoyo de las autoridades centrales de la universidad Juárez de Durango. Esta conjunción de esfuerzos nos hace posible llevar a técnicos, estudiantes, productores, investigadores y público en general temas prioritarios del sector agropecuario y tópicos de actualidad que afectan a nuestra comunidad regional.

En el ciclo de conferencias de este año, reconocidos ponentes regionales, nacionales y del extranjero generosamente comparten sus experiencias con nosotros en temas relativos a aspectos productivos, económicos, recursos naturales e impacto ambiental, entre otros. Generando con ello, un panorama bastante amplio de los diversos aspectos que inciden sobre el desarrollo agropecuario sustentable de nuestra Comarca.

En esta ocasión, la sección de carteles se ve enriquecida con más de ciento cincuenta trabajos de instituciones hermanas y de investigadores de nuestra Facultad, lo que permite acrecentar el panorama que presenta el ciclo de conferencias y lo circunscribe al ámbito regional. Los interesados encontrarán en esta sección trabajos relativos al manejo de recursos naturales, producción agropecuaria y medio ambiente.

Al presentar este documento, estamos seguros que deberá ser una referencia obligada entre los interesados a las Ciencias Agropecuarias y, a la vez, con orgullo podemos aseverar que esta memoria es la evidencia escrita del compromiso de nuestra Facultad con la Comunidad Lagunera y coadyuvar al desarrollo regional mediante la capacitación agropecuaria al más alto nivel.

Ph. D. JUAN JOSÉ MARTÍNEZ RÍOS

Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

ÍNDICE
SECCION CONFERENCIAS

	PÁG.
NORMATIVAS EUROPEAS DEL BIENESTAR ANIMAL	1
Dr. Julio Otaí Salaverri	
INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL EN CABRAS ANÉSTRICAS TRATADAS CON PROGESTERONA MÁS Ecg	7
Santiago Zúñiga García y F. Véliz	
EVOLUCIÓN DEL USO DE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES COMO HERRAMIENTA PARA LA MEJORA GENÉTICA EN GANADO BOVINO: <i>PRIMEROS PASOS HASTA LA APLICACIÓN TÉCNICA EN MEXICO</i>	15
Luiz Gustavo Pessoa Rocha	
EXPERIENCIAS EN EL MANEJO Y CONTROL DE LA BRUCELOSIS BOVINA, MÁS ALLÁ DEL DIAGNÓSTICO	21
M.C. Jehfcet Espinosa Utrera	
USO DE ÍNDICES ESPECTRALES Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>)	28
López Calderón, Magali Jeaneth	
OPORTUNIDADES DE CONTROL BIOLÓGICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO (<i>Melanaphis sacchari</i>)	36
J. Refugio Lomeli-Flores; Esteban Rodríguez-Leyva, Héctor González-Hernández y Juan M. Vanegas-Rico	
PASADO, PRESENTE Y FUTURO, SOBRE EL MANEJO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE NUEZ PECANERA.	44
Dr. Angel Lagarda Murrieta	

**ÍNDICE
SECCIÓN CARTELES**

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

	PÁG
PRODUCCIÓN DE SORGO GRANO DE LA VARIEDAD NK – 180 BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN	49
Rafael Avila-Cisneros, Juan Leonardo Rocha-Valdez, Anselmo González-Torres, Alfredo Ogaz y Ramiro González –Avalos	
COMPORTAMIENTO DE LA ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.) DE PRIMER AÑO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA vs FERTILIZACIÓN SINTÉTICA	57
Alejandro Moreno-Reséndez, Jesús Enrique Cantú-Brito, José Luis Reyes Carrillo, Luis Gerardo Yáñez-Chávez y Ramiro Ávalos González	
RENDIMIENTO DE FRIJOL EN TEMPORAL CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES EN DOS LOCALIDADES DE DURANGO	65
Arnulfo Pajarito Ravelero	
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ QPM EN EL ESTADO DE YUCATÁN	73
Genovevo Ramírez Jaramillo, Mónica G. Lozano Contreras, Justo A. Tepal Chalé y Jorge H. Ramírez Silva	
VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE ESTEVIA	80
Genovevo Ramírez Jaramillo, Sergio F. Gongora Gonzalez y Mónica G. Lozano Contreras	
RESULTADOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE PAPA <i>Solanum tuberosum</i> L., DEL CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO.	86
Víctor M. Parga Torres, Juan M. Covarrubias Ramírez, Víctor M. Zamora Villa e Isidro H. Almeyda León.	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TRES VARIEDADES DE AJO (<i>Allium sativum</i> L.) EN EL ESTADO DE DURANGO	91
Maihualy Martínez Fernández, Manuel Reveles Hernández, Juan José Figueroa González, Homero Sarmiento López	
EFFECTO RESIDUAL DE FUENTES Y DOSIS DE FÓSFORO, EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA	98
Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, Manuel Madrid Cruz, Miguel Rivera González	
CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN SURCOS CONVENCIONALES Y ESTRECHOS	103
Oralia Antuna Grijalva, Jonathan Ortega Sánchez, Armando Espinoza Banda, Genny Llaven-Valencia y José Luis Coyac Rodríguez	
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO CON RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS, EN EL CICLO 2015-2016	110
Ivón Alejandra Rosas-Jauregui, Guillermo Fuentes-Dávila, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y Pedro Félix-Valencia	
PREDICCIÓN DE CRUZAS DOBLES Y TRIPLES DE CRUZAS SIMPLES DE MAÍZ	116
Armando Espinoza Banda, Oralia Antuna Grijalva, José Luis Coyac Rodríguez, Genny Llaven Valencia y Aidé Hernández Hernández	
COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE 15 HÍBRIDOS DE MAÍZ DE RIEGO, EN DURANGO, DGO., MÉXICO	122
Adán Castillo Rosales	
COMPLEJO HORMONAL Y MICRONUTRIENTES EN MANDARINA EN DOS	129

CICLOS DE EVALUACIÓN

Ma. Guadalupe Pérez Ovalle, Juan José Galván Luna, Víctor Manuel Reyes Salas, Marco Antonio Bustamante García y Fabiola Aureoles Rodríguez

RENDIMIENTO DE CINCO VARIEDADES DE FRIJOL DE TEMPORAL EN CAMAS A CUATRO HILERAS 136

Esteban Salvador Osuna-Ceja, José Saúl Padilla-Ramírez, Raúl Vidal García Hernández y M.A. Martínez-Gamiño

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE 10 HÍBRIDOS DE MAÍZ (Zea mayz L.) FORRAJERO COMPARADOS CON UN TESTIGO REGIONAL 141

Martínez Agüero, Héctor Javier, Espinoza Banda, Armando, Ángel García, Oscar, Juárez Hernández, Omar Gustavo, Martínez Barraza, Héctor Javier

POTENCIAL GENÉTICO Y DIVERSIDAD DE LÍNEAS DE GIRASOL EN EL PROGRAMA DE FITOMEJORAMIENTO DE LA UAAAN UL 146

José Luis Coyac Rodríguez, Jessica Josefina Huerta Castro, Mariela Olguín Villeda, Armando Espinoza Banda, Oralia Antuna Grijalva

EVALUACION DE GIRASOL (Helianthus annuus L) PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y ACEITE EN EL NORTE DE SINALOA 153

Llaven Valencia Genny, Peinado Fuentes Luis A., Borbón Gracia Alberto, Castillo Torres Nemecio, Coyac Rodríguez José L.

FERTILIZACIÓN FRACCIONADA CON NITRÓGENO EN FERTIRRIEGO DE CHILE MIRASOL 158

Trejo Escareño Héctor Idilio, Rivera Gutiérrez Rubén Guadalupe, Vázquez Vázquez Cirilo, Gallegos Robles Miguel Ángel, Esparza Rivera Juan Ramón

EFFECTO DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y DIFERENTES DOSIS DE UN BIOFERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus) 165

Mario Alberto Niño Castañon, Edmundo Castellanos Pérez, J. Santos Serrato Corona, Héctor Idilio Trejo Escareño

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ Y TRITICALE FORRAJERO 172

Dolores Briones-Reyes

PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y SEMILLA DE 40 GRAMÍNEAS DURANTE TRES AÑOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ALTIPLANO ZACATECANO 178

Rubio Aguirre Francisco Antonio, Villanueva Avalos José Francisco, Sánchez Gutiérrez Ricardo Alonso y Olvera Leal Ivan

EVALUACIÓN EN CAMPO DEL 4to CONSORCIO DE RENDIMIENTO DE TRIGO HARINERO EN FECHA TARDIA, EN EL VALLE DEL YAQUI EN EL CICLO 2016-2017 185

Ivón Alejandra Rosas-Jauregui, Guillermo Fuentes-Dávila, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y Pedro Félix-Valencia

EFFECTOS EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ALGODÓN (Gossypium hirsutum L.) CONVENCIONAL Y TRANSGENICO BAJO DISTINTAS DOSIS DE ESTIERCOL SOLARIZADO 190

Karla Lucero Estrada Arellano, Cirilo Vázquez Vázquez, Héctor Idilio Trejo Escareño, Miguel Ángel Gallegos Robles

COMPONENTES TECNOLOGICOS EN EL MANEJO AGRONÓMICO DEL SORGO ESCOBERO EN LA REGION DE NAZAS, DURANGO 195

José Simón Carrillo Amaya, José Luis Puente Manríquez y Héctor Javier Martínez Agüero

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL TRIGO DE TEMPORAL CICLO OTOÑO-INVIerno EN EL ESTADO DE DURANGO 201

- Alain J. Servín Prieto, Miguel Rivera González, Juan Estrada Avalos, Gerardo Delgado Ramírez, Gerardo Esquivel Arriaga
POTENCIAL PRODUCTIVO DEL TRIGO DE TEMPORAL CICLO PRIMAVERA-VERANO EN EL ESTADO DE DURANGO 208
 Miguel Rivera González, Juan Estrada Avalos, Alain J. Servín Prieto, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Gerardo Delgado Ramírez

PRODUCCIÓN PECUARIA

- CONSUMO DE ALIMENTO EN BECERRAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE ALIMENTACIÓN** 215
 Ramiro González Avalos, Gloria Elena Chaparro Villalobos, Juan Leonardo Rocha Valdéz, Blanca Patricia Peña Revuelta, José González Avalos
- ESTRÉS CALÓRICO EN BECERRAS HOLSTEIN LACTANTES** 220
 Ramiro González Avalos, Luis Jorge López Carvajal, Jesús Enrique Cantú Brito, Blanca Patricia Peña Revuelta, José González Avalos
- EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y TIEMPO DE MEZCLADO DE CINCO SUSTITUTOS LÁCTEOS COMERCIALES** 225
 Ramiro González Avalos, Norma Leticia Corchado Rivas, Rafael Ávila Cisneros, Blanca Patricia Peña Revuelta, José González Avalos
- EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NNP SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO AMONIAICAL Y UREICO EN CABRAS ALIMENTADAS CON SOCA DE SORGO** 231
 Patricia Rivera Salmerón, J. Santos Serrato Corona y Edmundo Castellanos Pérez
- DIGESTIBILIDAD APARENTE DE SOCA DE SORGO EN CABRAS SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES NITRÓGENO NO PROTEICO** 237
 Patricia Rivera Salmerón, J. Santos Serrato Corona y Edmundo Castellanos Pérez
- DETERMINACION DE LOS NIVELES PLASMATICOS DE PROGESTERONA EN CABRAS ALPINO-FRANCES SINCRONIZADAS CON CLOPROSTENOL** 242
 Rivas-Muñoz Raymundo, Carrillo-Castellanos Evaristo, Beltrán-Legaspi Jesús, Salazar-Sosa Enrique, Véliz-Deras Francisco Gerardo
- EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE CALABACILLA LOCA (Cucurbita foetidissima) EN LA PRODUCCIÓN DE METANO RUMINAL IN VITRO** 247
 Pámanes-Carrasco, Gerardo A., Murillo-Ortiz, Manuel, Herrera-Torres, Esperanza, Carrete-Carreón, Francisco Óscar y Reyes-Estrada, Osvaldo
- COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO POSPARTO EN VACAS ALTAMENTE ESPECIALIZADAS EN LA REGIÓN LAGUNA, DURANGO** 254
 Gallegos H.M.P., 1Reveles S.F.O., 1Pinzón D.C.E., 2 Saucedo Q. J.S., 1Toca R.J.A.
- EFFECTO DE DOS ANTIOXIDANTES (TROLOX Y CROCINA), SOBRE LA CONGELACIÓN DE SEMEN OVINO PELIBUEY** 259
 Álvaro Domínguez Rebolledo, Javier G. Cantón Castillo, Itzel Rodríguez Gutiérrez, Alberto Alcaraz Romero, Julio Ramón Ugalde
- EFFECTO DEL AÑO Y LA ESTACIÓN DE PARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA** 264
 Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Glafiro Torres-Hernández, Homero Salinas-González Carlos Miguel Becerril-Pérez, Pablo Díaz-Rivera
- EFFECTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE UNA DIETA INTEGRAL UTILIZADA COMO COMPLEMENTO EN CABRAS LOCALES EN PASTOREO** 269
 Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Lorenzo Danilo Granados-Rivera, Francisco Javier

Pastor-López, Luis Maconetzin Isidro-Requejo, Homero Salinas-González	
PARÁMETROS DE CINÉTICA RUMINAL EN NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES ADITIVOS	274
Manuel Murillo Ortiz, Brenda Hernández Martínez, Gerardo Pámanes Carrasco, Osvaldo Reyes Estrada, Esperanza Herrera Torres	
EFFECTO DEL NIVEL DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA RESPUESTA SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS INDUCIDOS EXÓGENAMENTE A LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA	279
Edgar Daniel Valle Moysén, Leonardo Iván Vélez Monroy, Francisco Gerardo Véliz Deras, Miguel Ángel Mellado Bosque y Ma. De los Ángeles de Santiago Miramontes	
CALIDAD DE LECHE DE CABRA BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DURANTE EL PROCESO DE ORDEÑA EN LA COMARCA LAGUNERA	284
Isidro-Requejo Luis Maconetzn., Maldonado-Jáquez Jorge Alonso, Pastor-López Francisco Javier, Salinas-González Homero	
PRODUCCION DE NITRÓGENO AMONICAL EN NOVILLOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE MARALFALFA (Penisetum spp.)	288
Damián Nájera Blanco, Osvaldo Reyes Estrada, Francisco O. Carrete Carreón	

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NAZAS	293
Aldo Rafael Martínez-Sifuentes, José Villanueva-Díaz, Fátima del Rocío Reyes-Camarillo	
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE CULTIVOS FORRAJEROS MEDIANTE SENSORIA REMOTA	301
Gerardo Delgado Ramírez, Miguel Rivera González, Hilario Macías Rodríguez, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos y Alan J. Servín Prieto	
INFLUENCIA DE ENSO EN LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL SUROESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA	308
Rosalinda Cervantes Martínez, Julián Cerano Paredes, Gerardo Esquivel Arriaga, José Villanueva Díaz y Guillermo Sánchez Martínez	
ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN COAHUILA MEDIANTE UN ÍNDICE MULTIVARIADO	315
Mario P. Narváez Mendoza y Juan M. Covarrubias Ramírez	
PREDICCIÓN DE CARBONO DEL SUELO EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA	321
Pedro Jurado Guerra, Martín Juárez Morales, Rubén Saucedo Terán, Carlos Morales Nieto, Martín Martínez Salvador	
MODELO DE PRODUCCIÓN DEL FRIJOL BAJO DEFICIT DE HUMEDAD EN EL SUELO	328
Marco A. Inzunza Ibarra, Ernesto A. Catalán Valencia, Magdalena Villa Castorena, Rutilo López López y Jesús A. Muñoz Villalobos	
METODOLOGÍA PARA LA INTEGRACIÓN DE UN SIG A NIVEL MÓDULO DE RIEGO MEDIANTE SOFTWARE DE CÓDIGO LIBRE Y TOPOGRAFÍA DE PRECISIÓN	333
Carlos Miguel Ramos Cruz; Juan Estrada Avalos, Gerardo Delgado Ramírez, Enrique Miguel Valle, Alan J. Servín Prieto	
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL EJIDO VICENTE GUERRERO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMI USANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	339

Juan G. Martínez Rodríguez, Antonio Anaya Salgado e Isidro Reyes Juárez EL CARBONO ORGÁNICO E INORGÁNICO DE LOS SUELOS DEL ÁREA AGRÍCOLA DE SAN PEDRO, COAHUILA	345
Miguel Angel Segura-Castruita, Andrés Enrique Ovalle-Madrid, Manuel Fortis-Hernández, Jorge Arnaldo Orozco-Vidal PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA EL PRONÓSTICO DEL RIEGO DE CULTIVOS EN GUANAJUATO	352
Catalán Valencia Ernesto Alonso, Villa Castorena Magdalena, Inzunza Ibarra Marco Antonio, Delgado Ramírez Gerardo EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO NATURAL Y ANTRÓPICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA TORTUGA DE PANTANO KINOSTERNON DURANGOENSE (SERB ET AL., 2001)	359
Adriana Jaime Rosales , Ulises Romero Méndez, Dr. Jorge Luis Becerra López, Luis Ángel Martínez COMPARACIÓN DE LOS ESTIMADORES DE DOS MÉTODOS DE MUESTREO EN POBLACIONES NATURALES DE CANDELILLA (<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc)	365
Adrián Hernández-Ramos, Antonio Cano-Pineda, Celestino Flores-López y Jonathan Hernández-Ramos	

MANEJO DE PLAGAS Y MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA

GERMINACIÓN E INOCULACIÓN CON <i>Trichoderma harzianum</i> DE SEMILLAS DE ALFALFA <i>Medicago sativa</i> L.	373
José Alfredo Samaniego-Gaxiola , Dora Acela Rodríguez Díaz, Yasmín Chew Madinaveitia, Arturo Gaytán Mascorro APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ORÉGANO COMO INHIBIDOR DE CRECIMIENTO IN VITRO DE <i>Xanthomonas campestris</i> y <i>Pseudomonas syringae</i>.	381
Deisy Nayely Rodríguez Sierra , Sonia Valdez Ortega, Ixchel Abby Ortiz Sánchez , Erika Cecilia Gamero Posada y Mirka Maily Acevedo Romero PREVALENCIA DE <i>Fasciola hepatica</i> EN BOVINOS SACRIFICADOS EN EL RASTRO TIF 546 DE LA CIUDAD DE DURANGO, DURANGO	387
Rafael Jiménez Ocampo, Karla Maribel Soto Hinojosa, Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Rigoberto Rosales Serna EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS ORGANICOS Y CONVENCIONALES PARA EL CONTROL DEL SALIVAZO, <i>Clastoptera achatina</i> GERMAR (HEMIPTERA: CLASTOPTERIDAE), EN HUERTAS DE NOGAL DE LA COMARCA LAGUNERA	392
Yescica Manuela Soto-Briceño, Selenne Saraí Favela-Carrillo, Urbano Nava-Camberos, Verónica Ávila-Rodríguez y José Luis García-Hernandez FLUCTUACIÓN POBLACIONAL, DAÑOS Y PARASITISMO DEL GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO EN HUERTAS DE NOGAL CON DIFERENTE MANEJO DE PLAGAS	397
Emigdio Morales Olais, Héctor González Hernández, Urbano Nava-Camberos y Verónica Ávila-Rodríguez EVALUACIÓN DEL EFECTO DE EXTRACTOS DE <i>Syzygium aromaticum</i> SOBRE LA VIABILIDAD DE TIZÓN COMÚN Y TIZÓN DE HALO DE <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	404
Jesús Adrian Ibarra Luna, Martha Isela Núñez Zavala, Erika Cecilia Gamero Posada, Ixchel Abby Ortiz Sánchez, Mirka Maily Acevedo Romero EVALUACION DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE <i>Nolina cespitifera</i> Trel.	412

EN VIVERO

Francisco Castillo Reyes, David Castillo Quiroz, J. Trinidad Sáenz Reyes, Diana Yemilet Avila Flores y Jesús Hipólito Muñoz Flores

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTA DE *Prosopis laevigata* PRODUCIDA EN VIVERO CON LA APLICACIÓN DE *Rhizobium* EN EL SUSTRATO 418

Homero Sarmiento López , Yessica Guzman, José Ángel Sigala Rodríguez, Erickson Basave Villalobos, Maihualy Martínez Fernández

EFFECTO DE LA APLICACION DE EXTRACTOS DE *Cuminum cyminum* sobre el crecimiento *Xanthomonas campestris* Y *Pseudomonas syringae* AISLADAS DE FRIJOL VARIEDAD PINTO SALTILLO 424

Daniela Vitela Reyes, Lizeth Martínez Domínguez, Mirka Maily Acevedo Romero, Erika Cecilia Gamero Posada, Sonia Valdez Ortega

INFLUENCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES DE CACTÁCEAS 431

Rebeca Silvestre Martínez, Francisco Castillo Reyes

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RANGO TÉRMICO DE LA MOSQUITA BLANCA *Bemisia tabaci* EN CHILE *Capsicum annuum*, PARA LOS ESTADOS PRODUCTORES DE CHILE SECO 438

Casas-Flores José Israel, Medina-García Guillermo, Mena-Covarrubias Jaime

CONTROL DE CLAVO (*Pestalotiopsis* sp.) CON EXTRACTOS DE PLANTAS EN HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES 443

Ernesto González Gaona, José Saúl Padilla Ramírez, Candelario Serrano Gómez, Karla Vanessa de Lira Ramos, Roberto Sánchez Lucio

MANEJO DEL CLAVO DE LA GUAYABA (*Pestalotiopsis* SP.) CON *Trichoderma* spp. EN HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES 449

Ernesto González Gaona, José Saúl Padilla Ramírez, Candelario Serrano Gómez, Catarino Perales Segovia, José Cruz Carrillo Rodríguez

BIOENSAYOS DE EXTRACTOS DE PLANTAS CONTRA EL HONGO CAUSANTE DEL CLAVO DE LA GUAYABA (*Pestalotiopsis* sp.) 455

Candelario Serrano Gómez, Ernesto González Gaona, Olga Lidia Rivera Dávila, José Saúl Padilla Ramírez, Roberto Sánchez Lucio

CONTROL DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA. 463

Jasso Argumedo Juan, Wilson Avilés Baeza, Raúl Díaz Plaza

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS COMERCIALES DEL ESTADO DE YUCATÁN 469

Jasso Argumedo Juan, Wilson Avilés Baeza, Raúl Díaz Plaza

REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (*Alternaria* spp.) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2014-2015 475

Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Luis Félix-Fuentes, Miguel Alfonso Camacho-Casas y Gabriela Chávez-Villalba

EFFECTO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE PEPINO (*Cucumis sativus*; L.) CON MANEJO ORGÁNICO EN MALLA SOMBRA 481

Luis Gerardo Espinoza Barajas, David Ovalle Ríos, Homero Sánchez Galván, Jorge Sáenz Mata, Alejandro Espinoza Barajas

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA TIPO BOLA, ADICIONANDO COMPOSTA TIPO BOCASHI Y MICORRIZA *Glomus intraradices* 487

Maihualy Martínez Fernández, Homero Sarmiento López, Marco Antonio Vázquez Mendoza, Saúl Santana Espinoza, Sergio Rosales Mata

VIRUS EN EL CULTIVO DE MELÓN (Cucumis melo L.) EN LA REGIÓN LAGUNERA	494
Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia, Arturo Gaytán-Mascorro y José Alfredo Samaniego-Gaxiola	
EFFECTO DE SEIS SISTEMAS DE PROTECCIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL FRUTO EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MELON EN FECHA TARDÍA EN LA COMARCA LAGUNERA	500
Arturo Gaytán-Mascorro, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia, David G. Reta-Sánchez y José Alfredo Samaniego-Gaxiola	
REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (Tilletia indica) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2014-2015	508
Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Luis Félix-Fuentes, Miguel Alfonso Camacho-Casas y Gabriela Chávez-Villalba	
PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO DE NOPAL FERMENTADO CON Kluyveromyces marxianus	515
Esperanza Herrera Torres, Gerardo Pámanes Carrasco, Osvaldo Reyes Estrada, Manuel Murillo Ortiz	
IDENTIFICACIÓN DE BEGOMOVIRUS EN CUCURBITACEAS Y MALEZAS EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA Y DURANGO, MÉXICO	520
Verónica Ávila Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, María del Carmen Ojeda-	

SUSTENTABILIDAD Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

APLICACIÓN FOLIAR DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD FITOQUÍMICA DE PEPINO	526
Manuel Fortis Hernández, Pablo Preciado Rangel, Radames Trejo Valencia, Ludy Y. Acosta Sánchez, Juan R. Esparza Rivera	
TIPOLOGÍA PRODUCTORES DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO	532
Blanca Isabel Sánchez, Zein Kallas, José María Gil	
EVALUACIÓN SENSORIAL DE TOTOPOS DE FRIJOL EN ZACATECAS	536
Blanca Isabel Sánchez Toledano y Juan José Figueroa González	
EFFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL RANGO TÉRMICO DE CHILE (Capsicum annum L.) EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO	542
Guillermo Medina-García, Jaime Mena-Covarrubias, José Ariel Ruiz Corral, José Israel Casas Flores	
USO DE SEMILLAS DE MORINGA PARA ELABORAR PANQUÉS CON ALTA CALIDAD NUTRICIONAL Y VALOR AGREGADO	549
Raquel Cruz-Bravo, Ana Laura Reyes-Reyes, Gabriela Gutiérrez Dorado	
ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO COMO HERRAMIENTA DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN EL CULTIVO DE FRIJOL	555
Pérez Marroquín Guillermo Jesuita, Del Carmen Bravo Gonzalo, Servín Palestina Miguel, Medina García Guillermo, Espinoza García Gustavo	
RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO EN ABONOS ORGÁNICOS APLICADOS EN EL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA	562
Luis Marco Antonio Alamillo Gallegos, Uriel Figueroa Viramontes, José Antonio Cueto Wong Cirilo Vázquez Vázquez, Miguel Ángel Gallegos Robles	
ANÁLISIS COMPARATIVO DE HUERTAS DE NOGAL PECANERO EN LA COMARCA LAGUNERA	568
Ignacio Orona Castillo, María Gabriela Cervantes Vázquez, José de Jesús Espinoza Arellano Cirilo Vázquez Vázquez y Jesús Humberto Núñez Moreno	

CARACTERIZACION DE TEMPERATURA EN PILAS DE ABONOS ORGANICOS SOLARIZADAS	575
Rebeca Ivonne López Gonzalez, José Dimas López González, José Dimas López Martínez, Jesús Luna Anguiano	
CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE COMPOSTAS ACTIVA Y PASIVA Y DE EXTRACTOS DE COMPOSTA CON FERMENTACIÓN AEROBIA Y ANAEROBIA	582
Alejandro Rodríguez Guillén, Enrique González Pérez, Salvador Villalobos Reyes	
USO Y MANEJO DE AGUA EN CILANTRO – UNA BREVE REVISIÓN	590
Alejandro Rodríguez Guillén, Enrique González Pérez, Salvador Villalobos Reyes	
INFLUENCIA DEL TIEMPO TÉRMICO Y LÁMINA DE RIEGO EN PASTOS CULTIVADOS PARA PRODUCIR FORRAJE EN DURANGO, MÉXICO	599
Rigoberto Rosales Serna, Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Hilario Flores Gallardo, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza	
DESEMPEÑO EN CAMPO DE PLÁNTULAS DE PASTO BANDERITA PRODUCIDAS EN ENVASES DE DIFERENTE TAMAÑO	606
Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Erickson Basave Villalobos, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza	
RENDIMIENTO DE FORRAJE EN MAÍZ CULTIVADO CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD	611
Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Hilario Flores Gallardo, Rafael Jiménez	
SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN CAMPO DE PLÁNTULAS DE PASTO NAVAJITA PRODUCIDAS EN ENVASES DE DIFERENTE TAMAÑO	615
Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Erickson Basave Villalobos, Celi Gloria Calixto Valencia, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza	
APORTE DE MICRONUTRIENTES EN COMPOSTA A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE ENGORDA Y RASTROJO DE MAÍZ	621
Maria del Rosario Jacobo Salcedo, Uriel Figueroa Viramontes, Lourdes Lucia López Romero, Arcadio Muñoz Villalobos	
RENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PINO DE NAVIDAD Y CULTIVOS ANUALES EN DURANGO, MÉXICO	627
Mercedes Borja Bravo, Rigoberto Rosales Serna, Sergio Arellano Arciniega, Miguel Ángel Sigala Rodríguez y Sergio Rosales Mata	
LOS EFECTOS DEL TIPO DE CAMBIO EN LA COMPETITIVIDAD DE LA GUAYABA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO.	634
Mercedes Borja Bravo, Raúl Vidal García Hernández, Silvia Xochilt Almeraya Quintero, Sergio Arellano Arciniega y Lenin Gerardo Guajardo Hernández	
FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA DE DIFERENTE FORMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE <i>Pinus engelmannii</i> EN SISTEMA TECNIFICADO	641
Homero Sarmiento López, Sergio Rosales Mata, Maihualy Martínez Fernández, Erickson Basave Villalobos, Uriel González Arroyo	
UNA PROPUESTA PARA LA CONFORMACION DE JARDINES DE MARIPOSAS EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO	647
José Manuel Vázquez-Navarro, Bertha Alicia Cisneros-Flores, Víctor Manuel Almaraz-Valle y José Javier Carlos-Cabral	
ADAPTACIÓN DE ESPECIES CULTIVADAS EN SISTEMA DE MONTE BAJO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DENDROENERGÉTICA EN DURANGO	653
Rigoberto Rosales Serna, Julio César Ríos Saucedo, José Ángel Sigala Rodríguez, Artemio Carrillo Parra y Rafael Jiménez Ocampo	

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN POBLACIONES NATURALES DE ESPECIES VEGETALES CON POTENCIAL DENDROENERGÉTICO EN DURANGO	660
Rigoberto Rosales Serna, Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Rafael Jiménez Ocampo, Artemio Carrillo Parra y Julio César Ríos Saucedo	
LÍNEAS MEJORADAS DE FRIJOL CON ALTA CALIDAD COMERCIAL ADAPTADAS BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN DURANGO	667
Rigoberto Rosales Serna, Hilario Flores Gallardo, Reynaldo Alfredo Domínguez Gándara, Arely Concepción Estrada Flores y Mauricio Salvador Meza Simental	
MANEJO INTEGRAL DEL RIEGO PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN VARIEDADES DE FRIJOL CULTIVADAS EN DURANGO	674
Rigoberto Rosales Serna, Hilario Flores Gallardo, Juan Carlos López González, Pablo Alfredo Domínguez Martínez e Ixchel Abby Ortiz Sánchez	
FERTILIZACIÓN EXPONENCIAL DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr. EN VIVERO	681
Ramírez-Chairez Edgar José, Prieto Ruíz José Ángel, José Rodolfo Goche Telles, Christian Wehenkel, José Ciro Hernández Díaz	
INFUENCIA DE LA MICORRIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD DE PLANTA DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr. PRODUCIDA EN VIVERO	688
Laura Elena Martínez Nevárez, José Ángel Prieto Ruíz, Erickson Basave Villalobos, Homero Sarmiento López, Jorge Armando Chávez Simental	
PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TRIGO DURO Y TRITICALE, EN DOS CALENDARIOS DE RIEGO EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA	694
Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, Gerardo Zazueta Encinas, Miguel Rivera Gonzalez	
VARIABILIDAD EN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN EN SIEMBRAS ORGÁNICAS DE TRIGO Y TRITICALE EN EL CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG	699
Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, Miguel Rivera Gonzalez	
ANÁLISIS DEL INCREMENTO RADIAL EN CONIFERAS DEL EJIDO TALAYOTES, CHIHUAHUA MEDIANTE TECNICAS DENDROCRONOLOGICAS	704
Gerardo Esquivel Arriaga, Fernando A. Dorantes García, Julián Cerano Paredes, Rosalinda Cervantes Martínez, Jorge Méndez González	
EMERGENCIA Y CRECIMIENTO DE ECOTIPOS DE ZACATE BUFFEL EN CHIHUAHUA	711
Pedro Jurado Guerra, Humberto Lagos Gómez, José Luis García Pérez, José Francisco Villanueva, Jean Hanson	
EVALUACION DE ECOTIPOS DE ZACATE GARRAPATA EN CHIHUAHUA	716
Pedro Jurado Guerra, José Luis García Pérez, Humberto Lagos Gómez, José Francisco Villanueva, Jean Hanson	
EL USO DE MATERIA ORGANICA DIVERSA PARA GENERAR VERMICOMPOSTA	721
Mario A. Domínguez Villaseñor, Juan M. Covarrubias Ramírez	
HETROGENEIDAD QUÍMICA (pH y Ca) EN SUELOS DE ORIGEN CALCÁREO Luvisoles rodicos y Vertisoles DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	727
Ramírez Silva Jorge Humberto, Cano González Alejandro, Tun Dzul José de la Cruz, Canales Cruz Roberto, Aguilar Duarte Yameli	
TASA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA DE <i>Pinus cooperi</i> BLANCO, EN PARCELAS BAJO ENSAYO DE ACLAREOS EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO	734
Juan Manuel López Hernández, José Javier Corral Rivas, Carlos Antonio López Sanchez, Humberto González Rodríguez, Tilo Gustavo Domínguez Gómez	
DISEÑO Y MANEJO DE UNA PILA DE VERMICOMPOSTEO	741
María del R. Jacobo Salcedo, Juan M. Covarrubias Ramírez, José A. Hernández	

Maruri y Víctor M. Parga Torres

DISEÑO DE SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN DE GRANOS PEQUEÑOS PARA SIEMBRA EN CAMAS Y PRACTICAS DE CONSERVACIÓN	746
Raúl Vidal García Hernández, Ernesto Martínez Reyes, Mercedes Borja Bravo, Francisco Garibaldi Márquez y Esteban Salvador Osuna Ceja	
CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ (Coffea arabica L.) EN EL CENTRO DE VERACRUZ MEXICO	753
Sergio Sánchez Hernández, Esteban Escamilla Prado, Raúl Vidal García Hernandez, Nancy Nazario Lezama	
CAÍDA Y DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA DE Pinus cooperi BLANCO, EN PARCELAS BAJO ENSAYO DE ACLAREOS EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO	760
Juan Manuel López Hernández, José Javier Corral Rivas, Carlos Antonio López Sanchez, Humberto González Rodríguez, Tilo Gustavo Domínguez Gómez	
MACRO Y MICRONUTRIENTES EN SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO	767
Ramírez Silva Jorge Humberto, Aguilar Duarte Yameli, Ramírez Jaramillo Genovevo, Oropeza Salím Carlos Mariano, Cano González Alejandro	
EVALUACIÓN DE VARIETADES DE ZACATE BANDERILLA [Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.] BAJO DIFERENTES SUSTRATOS EN CONDICIONES DE VIVERO	773
Ochoa-Rivero Jesús Manuel, García-Pérez José Luis, Sierra Tristán J. Santos, Royo Márquez Mario Humberto y Morales-Nieto Carlos Raúl	
VARIABILIDAD MORFOLÓGICA EN ZARZAMORAS SILVESTRES (Rubus spp L.)	779
Geremias Rodriguez-Bautista, Sergio Segura; José López-Medina	
POLIPLOIDIA EN ESPECIES SILVESTRES DE ZARZAMORA (Rubus spp L.)	784
Geremias Rodriguez-Bautista, Sergio Segura, Tarsicio Corona-Torres, José López-Medina	
CRECIMIENTO DE MEZQUITE (Prosopis glandulosa) Y HUIZACHE (Acacia farnesiana) EN MEZCLAS DE SUSTRATO A BASE DE CORTEZA COMPOSTADA DE PINO, EN VIVERO	791
García-Pérez José Luis, Plácida Lorena González Trevizo, Gabriel Sosa Pérez, Homero Sarmiento López	
MORFOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN TRES PROCEDENCIAS DE Pinus durangensis MART, EN VIVERO	798
José Luis García Pérez, Carlos René Lara Macías, Manuel Alarcón Bustamante	
CRECIMIENTO DE MEZQUITE (Prosopis glandulosa) Y HUIZACHE (Acacia farnesiana) EN DIFERENTES TIPOS DE CONTENEDOR, EN VIVERO	803
García-Pérez José Luis, Plácida Lorena González Trevizo, Gabriel Sosa Pérez, Homero Sarmiento López, Sergio Rosales Mata	
OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA EL CONTROL INICIAL DE INCENDIOS EN EL SURESTE DE COAHUILA	809
Diana Yemilet Avila Flores, David Castillo Quiroz, J. Trinidad Sáenz Reyes, Jesús Hipólito Muñoz Flores	
APROVECHAMIENTO DE LEÑA POR TIPO DE VEGETACIÓN A NIVEL MUNICIPAL EN DURANGO, MEXICO	814
Amir Briceño Contreras y Luis M. Valenzuela Núñez	
CÁLCULO DE EMISIONES A NIVEL MUNICIPAL DE CO₂ POR CONSUMO DE LEÑA EN DURANGO, MEXICO	821
Amir Briceño Contreras y Luis M. Valenzuela Núñez	

CONSUMO DE LEÑA ANUAL A NIVEL MUNICIPAL EN DURANGO	828
Amir Briceño Contreras y Luis M. Valenzuela Núñez	
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DE RENDIMIENTO DE HIGUERILLA (Ricinus communis L.) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN NORTE DE SINALOA	836
Llaven Valencia Genny ¹ , Borbón Gracia Alberto ² , Peinado Fuentes Luis A ¹ , Antuna Grijalva Oralia ³ , Hernández Hernández Aide	
CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS SUBAPROVECHADAS, CON POTENCIAL PARA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN DURANGO, MÉXICO	841
Revels Saucedo Fanny Olivia, Rosales Serna Rigoberto, Carrete Carreón Francisco Oscar, Gallegos de la Hoya Mayela Patricia y Toca Ramírez José A.	
USO DE FOSFITO EN LA PRODUCCIÓN DE MEZQUITE EN VIVERO	848
Erickson Basave-Villalobos, Celi G. Calixto Valencia, Rigoberto Caldera Galindo, Sergio Rosales Mata y Homero Sarmiento López	
AJO (Allium sativum L.): UNA EVALUACIÓN QUÍMICA	853
Juan José Figueroa-González, Manuel Revels-Hernández, Maihualy Martínez-Fernández	
EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS EN LA PRODUCCIÓN DE PANQUÉ DE SORGO ADICIONADO CON GOMA XANTANA	857
Figueroa-González Juan José, Téllez-Luis Simón Josías, Rodríguez-Castillejos Guadalupe Concepción, Palos-Pizarro Isidro, Nieto Mario Efrén	
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE HIGUERILLA EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO	863
Mali Nay Buendía Tamariz, Ricardo Trejo Calzada	
ALTERNATIVAS PARA LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO ZACATECANO.	870
Alfonso Serna Pérez, Francisco G. Echavarría Cháirez	
REÓMETRO PARA DETERMINAR PROPIEDADES VISCOPLÁSTICAS in situ DE SUELOS AGRÍCOLAS	875
Francisco Garibaldi Márquez, Juan José Reyes Ramírez, Ernesto Martínez Reyes, Raúl Vidal García Hernández, Jorge Fernando Carmona Espinoza	
PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y TIEMPO TÉRMICO EN ALFALFA CULTIVADA BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RIEGO EN DURANGO, MÉXICO	882
Rigoberto Rosales Serna, Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Hilario Flores Gallardo, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza	
SUPERVIVENCIA DE UNA PLANTACIÓN DE Pinus engelmannii EN REGOCIO DURANGO, CON PLANTA PROVENIENTE DE DIFERENTES CONDICIONES DE PRECONDICIONAMIENTO	889
Homero Sarmiento López, Sergio Rosales Mata, José Ángel Sigala Rodríguez, Erickson Basave Villalobos, José Ángel Prieto Ruíz	
ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE ZACATE BANDERILLA [Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.], PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA	894
Sierra Tristán J.S., M. H. Royo Márquez y J. Ochoa Rivero	
INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN CÁRTAMO FORRAJERO EN FUNCIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y LA DENSIDAD DE POBLACIÓN	903
David Guadalupe Reta Sánchez, Arturo Gaytán Mascorro, Yasmin Ileana Chew Madinaveitia, Damián Torres Hernández	
ESTUDIO PRELIMINAR DE NUTRICIÓN FOLIAR DEL NOGAL PECANERO EN HUERTAS CON MANEJO CONVENCIONAL Y CON TENDENCIA A MANEJO	910

ORGÁNICO

Elizabeth Santiago López, José Antonio Cueto Wong

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL CONTENIDO DE SOLUTOS ORGÁNICOS EN PLANTAS DE FRIJOL 917

Ma. Magdalena Villa-Castorena, Ernesto Alonso Catalán-Valencia, Marco Antonio Inzunza-Ibarra Daniel Cabrera-Rodarte

RESPUESTA DEL MAÍZ PARA GRANO FERTILIZADO CON ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO 922

Gallegos-Robles Miguel Angel, Vázquez –Vázquez Cirilo, Trejo-Escareño Héctor Idilio, Fortis-Hernández Manuel, García-Hernández José Luis

RELACIÓN MACHO: HEMBRA PARA VENADO COLA BLANCA EN DOS UMA DEL MUNICIPIO DE DURANGO 928

Dania Melissa Vega Hernandez, Isaías Chairez Hernandez, Miguel Angel Soto Cárdenas

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE OLIVO MEDIANTE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO 933

Manuel Antonio Galindo Reyes

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES CON LECHE DE CABRA 937

Damián Torres-Hernández, Luis M. Isidro-Requejo, Francisco J. Pastor-López, Antonio Anaya-Salgado, Homero Salinas-González

PRESENCIA DE ARTROPODOS EN EL ORÉGANO MEXICANO *Lippia graveolens* H.B.K. EN EL ESTADO DE DURANGO, MEXICO 942

María P. González-Castillo, Maricela Esteban Méndez, Sandra C. Chávez Ramírez

INDUCCIÓN DE RAÍZ A TRAVÉS FITOHORMONAS EN LA PROPAGACIÓN DE HIGUERA CON ACODO AÉREO 948

Hilario Macías Rodríguez, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Gerardo Delgado Ramirez, Miguel Rivera González, Ma. Magdalena Villa Castorena

EMISIONES DE METANO EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO LECHE Y SU RELACIÓN CON FACTORES NUTRICIONALES EN LA REGIÓN LAGUNERA. 954Jorge Alberto Granados Niño¹, Gregorio Núñez Hernández¹ y Jesús Granados García¹**UTILIZACIÓN DE FORRAJES EN LAS DIETAS PARA GANADO BOVINO LECHERO EN LA COMARCA LAGUNERA 960**

Jorge Alberto Granados Niño, Gregorio Núñez Hernández y Jesús Granados García

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL ESTRATO HERBÁCEO EN DIFERENTES PREDIOS DE AGOSTADERO DEL ESTADO DE DURANGO 967

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán, Edmundo Castellanos-Pérez, Juan José Martínez-Ríos, J. Santos Serrato-Corona, Amaury Esquivel-Romo

DESEMPEÑO MORFOLÓGICO DE PLANTULAS DE *Pinus engelmannii* CARR. EN RESPUESTA AL PREACONDICIONAMIENTO CON DIFERENTES CONDICIONES DE LUZ EN VIVERO 974

Selma Raquel Claro Ramos, Sergio Rosales Mata, Erickson Basabe Villalobos , Homero Sarmiento López , Rigoberto Caldera Galindo

DESEMPEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus engelmannii* CARR. EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS 980

Sergio Rosales Mata, Erickson Basave Villalobos , Homero Sarmiento López , Maihualy Martínez Fernández , Rigoberto Caldera Galindo

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS DE REMOJO, TEMPERATURA Y ESCARIFICACIÓN EN SEMILLA DE *Agave durangensis* 986

Marco Antonio Ramírez Gurrola, Sergio Rosales Mata, Homero Sarmiento López,

Erickson Basave Villalobos , Rigoberto Caldera Galindo

EROSIÓN DE CAMINOS FORESTALES Y LIBERACIÓN DE SEDIMENTOS A CORRIENTES DE AGUA DESPUÉS DE UN INCENDIO 992

Gabriel Sosa Pérez, Lee H. MacDonald

SUPERVIVENCIA A SIETE AÑOS DE *Pinus arizonica* COMO EFECTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PLANTA EN CHIHUAHUA 997

Gabriel Sosa Pérez, José Luis García Pérez, David Efrain Herмосillo Rojas, José Ángel Sigala Rodríguez

INFLUENCIA DE LA EDAD DE CORTE EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.) 1004

Hernández-Hernández, Aidé; Espinoza-Banda, Armando; Llaven-Valencia, Genny; Antuna-Grijalva, Oralia; Coyac-Rodríguez, José Luis

IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mayz*) FORRAJERO IRRIGADO CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS 1009

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, María del Rosario Jacobo Salcedo, Hilario Macías Rodríguez, Miguel Rivera González, Marco Antonio Inzunza Ibarra

RENDIMIENTO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO 1015

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Hilario Macías Rodríguez, Miguel Rivera González, Gerardo Delgado Ramírez, Ma. Magdalena Villa Castorena

INFLUENCIA DEL BIOCARBÓN SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) 1021

Ernesto Concilco Alberto, Alejandro Moreno Reséndez

MARCO CONSTITUCIONAL DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO 1025

Sandra Cecilia Chávez Ramírez, María Pioquinta González Castillo, Maricela

COMPORTAMIENTO DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN DOS VARIEDADES DE SORGO DE DIFERENTE PROPÓSITO 1033

Anaya S. A., Núñez H. G., Martínez R. J. G., Isidro R. L. M., Torres H. D.

ENSAYO DENDROQUÍMICO CON *Taxodium mucronatum* EN EL RIO SABINAS COAHUILA 1039

Reyes Camarillo-Fatima, Villanueva Díaz José, Aldo Martínez Sifuentes

FITOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE LA GUÁCIMA *Guazuma ulmifolia* 1044

Abelardo Camacho Luis, Maricela Esteban Méndez, Sandra C. Chávez Ramírez

DOS VARIEDADES DE TRITICALE CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y RIEGO POR GOTEO 1051

Cirilo Vázquez Vázquez, María Gabriela Cervantes Vázquez, Héctor Idilio Trejo Escareño, Miguel Ángel Gallegos Robles, Isauraivon Ramírez Quiroz

IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE ENTEROCOCOS EN QUESO DE BOVINO 1057

Esteban Méndez Maricela, Camacho Luis Abelardo, González Castillo María P

RESPUESTA DE PLANTAS DE FRIJOL CULTIVADAS BAJO ESTRÉS HÍDRICO A LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS 1063

Daniel Cabrera-Rodarte, Ma. Magdalena Villa-Castorena, Ernesto Alonso Catalán-Valencia, Marco Antonio Inzunza-Ibarra, Ignacio Orona-Castillo

EFECTO A LARGO PLAZO DE LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOSTA EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMARCA LAGUNERA 1068

Claudia Lizeth Gámez-Puentes, Antonio Zea-Ruiz, Ana Janeth Guerra-Rivera, José Luis González-Barrios, Erika Nava-Reyna¹

INFLUENCIA DE OBRAS HIDROAGRÍCOLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES EN EL RÍO NAZAS, DURANGO	1075
Cardoza Martínez Gabriel Fernando, Alonzo Rojo Fernando y Valenzuela García Ana Alejandra	
FOTOSÍNTESIS Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA DE LA ALFALFA EN LA COMARCA LAGUNERA	1081
Edmundo Castellanos Pérez, Ana I. Maraña Santacruz, Esmirna P. Campos de la Cerda, Ulises N. Gutiérrez Guzmán, Amaury Esquivel Romo	
EVALUACION HIDRAULICA DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO PARA LA PRODUCCION DE HIGUERA EN ALTA POBLACION EN EL ESTADO DE DURANGO	1085
Miguel Rivera González, Gerardo Delgado Ramírez , Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Hilario Macías Rodríguez	
DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE AGUA DE RIEGO EN FRIJOL	1090
Prado Serrano Saúl, Servín Palestina Miguel, Herrera Mayra, Medina García	
PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE GARBANZO EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA. VALLE DEL YAQUI, SONORA	1095
Alma Angélica Ortiz Avalos, Juan Manuel Cortés Jiménez, Gerardo Zazueta Encinas, Miguel Rivera Gonzalez	
EVALUACIÓN DE TRIGO ORGÁNICO EN FECHA DE SIEMBRA TARDÍA Y DOS ROTACIONES DE CULTIVO	1101
Alma Angélica Ortiz Avalos, Juan Manuel Cortés Jiménez, Gerardo Zazueta Encinas, Miguel Rivera Gonzalez	
DESCRIPCIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARBONO ORGÁNICO EN PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN EL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL	1108
Palmira Bueno Hurtado, María del Rosario Jacobo Salcedo, Lourdes Lucía López Romero, Ignacio Sánchez Cohen, Omar Durán Guerra	
ALOMETRÍA EN LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA RADICULAR EN MAÍZ FORRAJERO, HACIA UNA ESTIMACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO EN SUELO	1114
Vicenta Constante García, Erika Nava Reyna, José Luis González Barrios, Guillermo González Cervantes y Arcadio Muñoz Villalobos	
MODIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE ASIGNACIÓN DE BIOMASA Y EFICIENCIA EN EL USO DE LA RADIACIÓN DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PASTO BANDERITA	1121
Erickson Basave-Villalobos, Pablo A. Domínguez-Martínez, Celi G. Calixto Valencia, Rigoberto Caldera Galindo y Sergio Rosales Mata	
ESTUDIO NUMÉRICO DEL EFECTO DEL DESGASTE EN CADENAS DE PLÁSTICO GRADO ALIMENTICIO	1127
Martínez Reyes Ernesto, Swedowicz Wasik Dariusz Slawomir, García Hernández Raúl Vidal y Garibaldi Márquez Francisco	
EVALUACIÓN DE UNA “COLECTA BASE” DE 13 GRAMÍNEAS DURANTE TRES AÑOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ALTIPLANO ZACATECANO	1134
Rubio Aguirre Francisco Antonio, Villanueva Avalos José Francisco, Sánchez Gutiérrez Ricardo Alonso y Olvera Leal Ivan	

SECCIÓN
DE
CONFERENCIAS



NORMATIVAS EUROPEAS DEL BIENESTAR ANIMAL

Dr. Julio Ota Salaverri

Profesor del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria
de la Universidad de Murcia, España



1.- CONCEPTO DE BIENESTAR ANIMAL

Una de las definiciones de bienestar animal más citadas es la de Broom (1986), según la cual “el bienestar de un individuo es el estado en que se encuentra dicho individuo en relación a sus intentos de afrontar su ambiente”. Para Fraser *et al.* (1997) el bienestar animal incluye el funcionamiento adecuado del organismo (animales sanos y bien alimentados), el estado emocional del animal (ausencia de emociones negativas tales como el dolor y el miedo crónico) y la posibilidad de expresar conductas normales propias de la especie.

Brambell en su informe de 1965 en el Reino Unido, publicó el denominado principio de las denominadas Cinco Libertades que hoy día se han considerado los pilares básicos para la definición, valoración y regulación del bienestar animal. Dichas libertades consideran que los animales deben de estar:

- ✓ Libre de hambre, sed y desnutrición;
- ✓ Libre de miedos y angustias;
- ✓ Libre de incomodidades físicas o térmicas;
- ✓ Libre de dolor, lesiones o enfermedades;
- ✓ Libre para expresar las pautas propias de comportamiento.

De acuerdo con estos principios, el bienestar animal tiene como base la salud física, la ausencia de emociones negativas y en la expresión del comportamiento propio de la especie. Según Broom, (2004, 2017) un animal podría encontrarse en tres situaciones distintas: a) Ambiente particularmente difícil para el animal y éste no puede afrontar con éxito las dificultades con que se encuentra. b) ambiente no tan difícil para el animal y pueda adaptarse a él, aunque le resulte difícil y la adaptación tenga un coste para el animal. c) ambiente lo suficientemente adecuado como para que la adaptación al mismo no sea difícil y no suponga ningún coste biológico.

Basado en las consideraciones anteriores, la OIE considera que el término bienestar animal designa el modo en que un animal afronta las condiciones de su entorno. Un animal está en buenas condiciones de bienestar si (según indican pruebas científicas) está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, puede expresar formas innatas de comportamiento y si no padece

sensaciones desagradables de dolor, miedo o desasosiego. Las buenas condiciones de bienestar de los animales exigen que se prevengan sus enfermedades y se les administren tratamientos veterinarios apropiados; que se les proteja, maneje y alimente correctamente y que se les manipule y sacrifique de manera compasiva. El concepto de bienestar animal se refiere al estado del animal. La forma de tratar a un animal se designa con otros términos como cuidado de los animales, cría de animales o trato compasivo (OIE 2017a).

El hombre, ha evolucionado en su relación con los animales pasando de la concepción del animal como “cosa” a la de ser sensible objeto de tutela y creer que merecen un respeto moral procurándoles sistemas de protección y conservación (García, 2016). Partiendo de estas premisas, la tendencia genérica de los marcos jurídicos internacionales y más concretamente los de la Unión Europea es la de un paulatino aumento de la intensidad de la protección jurídica otorgada a los animales. La sociedad protege aquello que considera digno de protección, y a partir de ahí cada uno de los elementos que la sociedad ha decidido proteger se convierte en sí mismo en bien jurídico protegido, el bienestar animal se ha reconocido como valor o interés jurídico, dando lugar a la promulgación de un importante número de directivas y reglamentos.

2.- NORMATIVAS EUROPEAS (UE) DEL BIENESTAR ANIMAL.

Conviene considerar que en la actualidad, no existe más allá del ámbito comunitario ningún documento internacional vinculatorio que obligue a los estados a otorgar a los animales una determinada protección jurídica. Por una parte, *La Declaración Universal de los Derechos del Animal* Fue adoptada el 23 de septiembre de 1977 en Londres por la Liga Internacional de los Derechos del Animal y por las Ligas Nacionales y personas físicas afiliadas, tras la celebración de la tercera reunión sobre los derechos del animal y aprobada por la UNESCO y la ONU, pero carece de valor jurídico para la UE. Por otra parte, *La Declaración Universal sobre el Bienestar Animal* es un proyecto concebido por World Society for the Protection of Animals (WSPA) y fue apoyado por cuatro socios principales: Compassion in World Farming, the American Society for the Prevention of Cruelty to Animals (ASPCA), the Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animal (RSPCA) y the Humane Society of the United States (HSUS), así como varias organizaciones internacionales y Estados (reunión de Manila 2003). Como proyecto de convenio intergubernamental que sí produciría efectos jurídicos, no se ha llegado a consolidar (García, 2016).

En los últimos años se está dando una importancia creciente a las normas sobre bienestar animal debido a la confluencia de varios factores, entre los que podemos destacar por una parte, un mayor conocimiento en distintas disciplinas relacionadas con los animales de renta,

como son el comportamiento animal, la fisiología del estrés o el manejo correcto de los animales. En segundo lugar la relación directa entre estos conocimientos y los niveles de producción estables y competitivos a medio y largo plazo. Y en tercero, una mayor concienciación social sobre las necesidades de los animales y un rechazo hacia abusos que se consideran intolerables, no justificados ni moral ni económicamente MAPAMA (2017).

La normativa existente sobre bienestar de los animales de renta afecta básicamente a las fases de producción, transporte y sacrificio y, en la UE, proceden de tres ámbitos de elaboración: Organización Mundial de Sanidad Animal, Consejo de Europa, Unión Europea y las trasposiciones a las leyes de cada país.

A.- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL

El bienestar animal fue identificado como una de las prioridades del Plan Estratégico de la OIE para el período 2001-2005. Se ha decidido continuar con esta línea de trabajo y se han incluido aspectos específicos de bienestar animal en el Código Sanitario para los Animales Terrestres en los siguientes campos: transporte de animales por vía marítima y por vía terrestres, sacrificio de animales destinados al consumo humano y matanza de animales con fines de control sanitario. En el año 2009 se incluyó un apartado dedicado al control de la población de perros vagabundos (MAPAMA 2017, OIE, 2017b).

El Título 7.1 se dedica a la Introducción a las recomendaciones para el bienestar de los animales, donde se desarrollan a) los Principios básicos en que se funda el bienestar de los animales, b) los Principios científicos en que se fundan las recomendaciones, c) Principios generales para el bienestar de los animales en los sistemas de producción.

Los siguientes capítulos del título 7 de dicho Código Sanitario para los Animales Terrestres se dedican al bienestar de los animales, contemplando:

- El transporte por vía marítima, terrestre y aérea
- El sacrificio con fines de consumo humano y profilácticos
- La utilización de animales con fines científicos y de docencia
- Control de poblaciones de perros vagabundos
- Sistemas de producción de ganado vacuno de carne, de pollos de engorde y de vacuno de leche.

B.- CONSEJO DE EUROPA

Mediante la elaboración de Convenios, Acuerdos y Recomendaciones, el Consejo de Europa contribuye a la creación de un espacio legal común europeo. En muchos casos, estos instrumentos sirven de referente en todo el continente y constituyen la base para la modificación

y armonización de las legislaciones de los diferentes países en las diferentes áreas de trabajo. España entró a formar parte del Consejo de Europa en 1977.

Actualmente hay cinco convenios vinculantes básicos referentes al bienestar animal.

- Convenio para la Protección de los animales en el Transporte Internacional. Realizado en París el 13 de diciembre de 1968. Firmado y ratificado por España. Entró en vigor el 3 de febrero de 1975 (BOE nº 266 de 6 de julio del 1975).

- Convenio para la Protección de los animales en Explotaciones Ganaderas. Realizado en Estrasburgo el 10 de marzo de 1976. Firmado y ratificado por España. Entró en vigor el 6 de noviembre de 1988 (BOE nº 259 de 28 de octubre de 1988).

- Convenio para la Protección de los Animales al Sacrificio. Hecho en Estrasburgo el 10 de mayo de 1979. No ha sido firmado ni ratificado por España.

- Convenio para la Protección de los Animales de Compañía. Elaborado en Estrasburgo en octubre de 1987. No ha sido firmado ni ratificado por España.

- Convenio para la Protección de los Animales de Experimentación. Realizado en Estrasburgo el 18 de marzo de 1986. Firmado y ratificado por España. Entró en vigor el 1 de enero de 1991 (BOE nº 256 de 25 de octubre de 1990).

Además de los Convenios, en el seno del Consejo de Europa se han elaborado Recomendaciones concernientes a varias especies; así, existen las siguientes que afectan a los animales de renta:

- » Recomendaciones concernientes a los bovinos, ovejas, cabras, gallinas domésticas, avestruces, emús y ñandús, patos doméstico o común, pato criollo o de Berbería y los híbridos de pato criollo y de patos domésticos, ocas domésticas y sus cruces, pavos, animales de peletería, cerdos y peces de granja

C.- UNIÓN EUROPEA

La existencia y aplicación de normativa sobre protección animal diferente en los distintos Estados miembros de la Unión Europea, que podría suponer una distorsión de la competencia en los mercados comunitarios, ha animado a la Unión Europea al establecimiento de normas comunes, bajo la forma de Directivas (que deben ser transpuestas por cada Estado miembro a su ordenamiento jurídico interno) y Reglamentos (de aplicación directa). Muchas de las Directivas están inspiradas en los Convenios del Consejo de Europa. El Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea en su artículo 13, establece que Al formular y aplicar las políticas de la Unión en materia de agricultura, pesca, transporte, mercado interior, investigación y desarrollo tecnológico y espacio, la Unión y los Estados miembros tendrán plenamente en cuenta las exigencias en materia de bienestar de los animales como seres sensibles,

respetando al mismo tiempo las disposiciones legales o administrativas y las costumbres de los Estados miembros relativas, en particular, a ritos religiosos, tradiciones culturales y patrimonio regional. (DOUE, 2008).

En la dirección web (UE, 2017) se puede encontrar la Legislación Europea (lista de las leyes de la UE) sobre Bienestar Animal la cual puede ser agrupada sobre los siguientes epígrafes:

I) General:

Tratados de la Unión.

II) Animales de granja:

- Normas sobre explotaciones ganaderas: La legislación comunitaria relativa a las condiciones de bienestar de los animales de la granja establece las normas mínimas.
- Normas específicas: aplicables a gallinas ponedoras, terneros, cerdos y pollos de engorde.
- Transporte de animales: Condiciones de transporte, puntos de parada, vehículos y duración, operaciones conexas.
- Regulación del mercado: Relacionado con el transporte de animales vivos
- Sacrificio y matanza de animales.

III) Fauna.

- Aves silvestres: Con especial hincapié en aves migratorias
- Hábitats.
- Animales exóticos: Control del comercio, prohibición de entrada de determinadas especies, condiciones zoonosológicas.
- Zoológicos: Condiciones de mantenimiento de animales salvajes en parques zoológicos.
- Cepos: Prohibición de su uso, prohibición de la comercialización de determinados productos.
- Fauna y flora Marina: relativa a la importación en los Estados miembros de pieles de determinadas crías de foca y productos derivados del mismo.
- Pesca: Medidas de conservación de recursos, eliminación de tiburones en los buques

IV) Animales de Laboratorio.

En 2010 se publica la Directiva 2010/63/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos. En España esta Directiva se transpone a través de Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. En este decreto se regula

incluso la capacitación de las personas que trabajan con animales en la investigación y docencia, existiendo distintas categorías:

- | | |
|--|---|
| a) Cuidado de los animales. | b) Eutanasia de los animales |
| c) Realización de los procedimientos | d) Diseño de los proyectos y procedimientos |
| e) Asumir la responsabilidad de la supervisión in situ del bienestar y cuidados de los animales. | f) Asumir las funciones de veterinario designado. |

V) Animales de compañía.

Relativas al desplazamiento y prohibición de la comercialización en el mercado, la importación o exportación desde la Comunidad de pieles de gato y perro, y productos que las contienen.

3.-REFERENCIAS

- Broom, D.M. 1986. Indicators of poor welfare. Br. Vet. J. 142:524-526.
- Broom, D.M. 2004. Bienestar animal. In Etología Aplicada ed. F.Galindo Maldonado and A. Orihuela Trujillo, 51-87. U.N.A.M.: Mexico City
- Broon, D.M. 2017. Animal Welfare in the European Union. UE. http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/583114/IPOL_STU%282017%29583114_EN.pdf
- DOUE, 2008. Diario Oficial de la Unión Europea C 115, de 9 de mayo de 2008. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2008:115:FULL&from=es>.
- Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., Milligan, B. N. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. Animal Welfare 6: 187-205.
- García, J. 2016. El animal de compañía como objeto jurídico especial -Su estudio específico en la Comunidad de bienes-. Trabajo de Fin de Grado. Facultad de derecho. Murcia.
- MAPAMA (2017) PARTE 1.- Ámbitos de elaboración de la normativa: Organización Mundial de Sanidad Animal, Consejo de Europa, Unión Europea y España. <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/bienestanimal/animales-de-granja/#section>
- OIE 2017a Código Sanitario para los Animales Terrestres 7.1.1. Definición de Bienestar Animal. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_introduction.htm
- OIE 2017b. Código Sanitario para los Animales Terrestres. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=titre_1.7.htm
- UE, 2017. Legislación Europea sobre Bienestar Animal. <http://www.bienestaranimal.eu/baeu.html>

INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL EN CABRAS ANÉSTRICAS TRATADAS CON PROGESTERONA MÁS eCG

Santiago Zúñiga García^{1*} y F. Véliz²

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia, ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. *Email: s_zuniga83@hotmail.com

Relevancia del ganado caprino en México

Desde el punto de vista productivo, la cabra es una de las especies más importantes para el ser humano, ya que son capaces de producir leche y carne en los diferentes ecosistemas del mundo (Escareño *et al.*, 2012). México, es el segundo país del continente americano como productor de leche de cabra (FAOSTAT, 2013), con una producción de 156 mil toneladas de leche anual y un censo de 8.6 millones de cabezas (SIAP, 2015). La caprinocultura en México, es practicada básicamente por familias rurales de escasos recursos, concentrándose en las regiones áridas y semiáridas del país. Este sistema de producción depende del pastoreo en tierras comunales, en donde las cabras basan su alimentación todo el año (Mellado *et al.*, 2003; Echavarría *et al.*, 2006). Además de lo anterior, presenta poco nivel de tecnificación y asesoría especializada, por lo que la productividad es baja, sin embargo, sigue siendo una contribución importante para el sustento de los agricultores (Echavarría *et al.*, 2006; Escareño Sánchez *et al.*, 2011).

Estacionalidad reproductiva en la cabra

En las zonas pertenecientes a latitudes templadas, las variaciones anuales del medio ambiente son más marcadas, lo anterior ha provocado que la disponibilidad del alimento para diferentes especies de mamíferos, se concentre solo en una época del año. Por lo ya mencionado, algunos animales han desarrollado estrategias para perpetuar la progenie, como es la migración, la hibernación y la estacionalidad reproductiva (Lincoln y Short, 1980; Bronson, 1989). Con tal evidencia, podemos definir la reproducción estacional como un mecanismo evolutivo de algunos animales, que logran parir en el mejor momento del año para que sus crías puedan sobrevivir (Bronson, 1985; Bronson y Heideman, 1994). Un claro ejemplo de ello es la cabra, que muestra varios ciclos estrales en una época del año (especie poliéstrica estacional) controlados principalmente por las variaciones del fotoperiodo (Fatet *et al.*, 2011). Esta estacionalidad reproductiva está regulada por la glándula pineal, quien se encarga de traducir la información fotoperiódica a través de su secreción de la hormona melatonina (Arendt, 1998). En los días cortos del otoño e invierno, aumentan el tiempo de liberación de melatonina, que en

la cabra estimula la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) del hipotálamo. Ésta retroalimentación positiva en la liberación de GnRH, provoca cambios correspondientes en la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que son responsables del desarrollo folicular, la ovulación y el crecimiento del cuerpo lúteo (Blaszczyk *et al.*, 2004). En este sentido, podemos observar durante el otoño y el invierno la actividad reproductiva de la cabra Alpina y Malagueña, cabras pertenecientes a latitudes altas (Chemineau *et al.*, 1992; Gómez-Brunet *et al.*, 2010). Mientras que en las cabras nativas de Argentina (latitud 30° Sur), el periodo de anestro estacional ocurre de octubre a enero (primavera-verano) y la actividad sexual de éstas cabras se presenta de febrero a septiembre (otoño-invierno; Rivera *et al.*, 2003). Por otra parte, en las cabras de la Comarca Lagunera del subtrópico mexicano (latitud de 26° Norte), presentan su periodo reproductivo de septiembre a febrero, así mismo, el periodo de inactividad sexual está definido del mes Marzo al mes de Agosto (Duarte *et al.*, 2010).

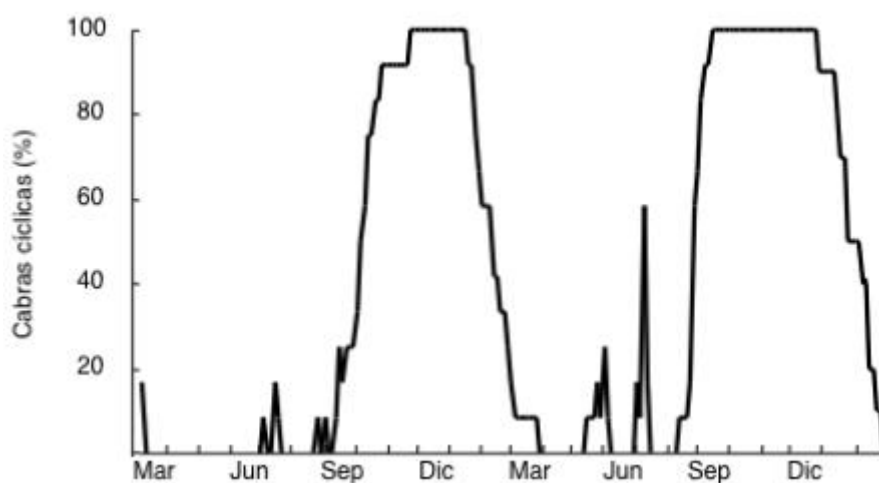


Figura 1. Variaciones estacionales de la actividad ovulatoria en las hembras caprinas de la Comarca Lagunera ubicada en el subtrópico mexicano (latitud 26°N; adaptado de Duarte *et al.*, 2010).

Ciclo estral de la cabra

Las cabras son consideradas como poliéstricas estacionales, ya que presentan varios ciclos estrales durante el periodo de actividad reproductiva (Rivera-Lozano *et al.*, 2011), con excepción de las cabras del trópico que presentan ciclos estrales continuos durante todo el año (Chemineau, 1993). El ciclo estral lo podemos definir como el lapso de tiempo entre dos estros, en donde la hembra sufre modificaciones hormonales, anatómicas y de comportamiento. En la cabra, el ciclo estral tiene un promedio de 21 días y clásicamente se ha dividido en dos fases: la fase folicular y la fase lútea, cada fase está caracterizada por una hormona dominante y una

respectiva estructura ovárica (Fatet *et al.*, 2011). Así mismo, la fase Folicular está subdividida en proestro y estro. El proestro empieza con la regresión del cuerpo lúteo y una disminución drástica de la Progesterona (Bono *et al.*, 1983; de Castro *et al.*, 1999). Subsecuentemente, por la liberación de la FSH en la adenohipófisis se inicia un rápido crecimiento folicular, teniendo como resultado un aumento en la síntesis y secreción del estradiol (Medan *et al.*, 2003). Cabe mencionar, que la duración del proestro tiene un promedio de 3 días (Fatet *et al.*, 2011). Se define al estro como el periodo de receptividad sexual de la hembra hacia el macho. En estos momentos, la hembra presenta el pico más elevado de estradiol, desencadenando los comportamientos típicos del celo en la hembra (Fabre-Nys y Gelez, 2007; Saïd *et al.*, 2007). Asimismo, en este periodo se presentan los folículos dominantes listos para la ovulación. Es importante mencionar, que por efecto de la retroalimentación positiva del estradiol sobre la producción de GnRH, provoca el pico preovulatorio de LH y desencadenar así, la ovulación. La expulsión del ovocito se presenta de 9 a 37 horas después de haber iniciado el estro. (Saïd *et al.*, 2007; Rahman *et al.*, 2008; Fatet *et al.*, 2011). El estro tiene una duración promedio de 3 días (Fatet *et al.*, 2011).

De la misma manera, la fase lútea se subdivide en metaestro y diestro (Fatet *et al.*, 2011). El metaestro inicia con la ovulación y tiene una duración de 2 a 5 días. Posteriormente a la ovulación la secreción de estradiol empieza a disminuir y la estructura ovárica resultante es el cuerpo hemorrágico, en donde las células de la granulosa y de la teca interna empiezan a unirse para dar lugar al tejido del cuerpo lúteo. En este momento del ciclo estral, la síntesis de progesterona es baja (Fatet *et al.*, 2011). El diestro se caracteriza por ser la etapa más larga del ciclo estral y en donde el cuerpo lúteo es totalmente funcional; por lo que la secreción de progesterona alcanza su pico más elevado. Asimismo, la progesterona tiene una retroalimentación negativa sobre la liberación de gonadotropinas (FSH y LH) con el fin de inhibir la ovulación. Posteriormente, si la implantación del embrión no se realizó exitosamente, el endometrio empezará a secretar prostaglandinas $f_2\alpha$ para la lisis del cuerpo lúteo y empezar un nuevo ciclo estral. Es importante mencionar, que la duración del diestro es de 12 días en promedio (Fatet *et al.*, 2011).

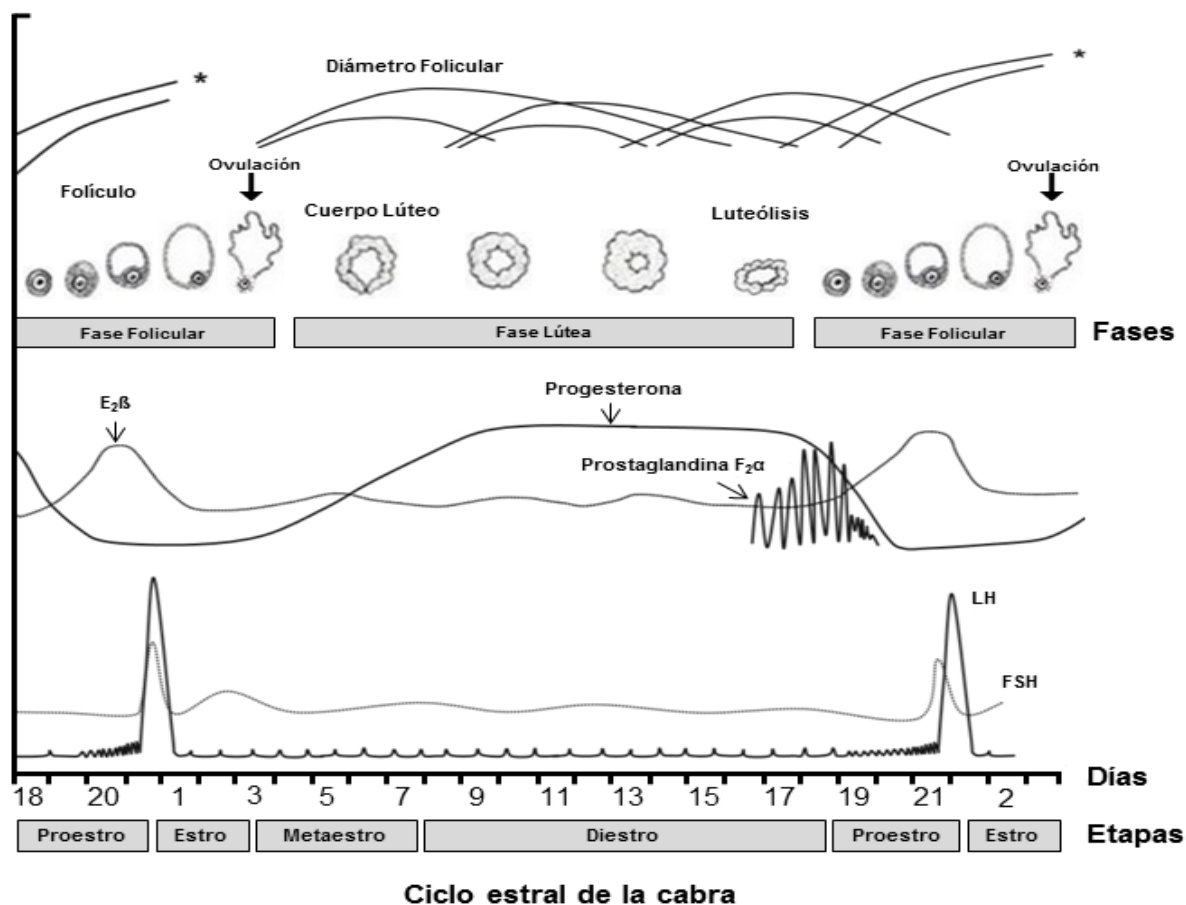


Figura 2. Representación esquemática de los eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral de la cabra (Adaptado de Fatet *et al.*, 2011).

Progesterona y gonadotropina coriónica equina (eCG)

La reproducción de la cabra puede ser manipulada por varios tratamientos hormonales, tales como la utilización de la progesterona y sus análogos, más la gonadotropina coriónica equina (eCG). Estas hormonas, tienen el objetivo de inducir y sincronizar el celo en las hembras caprinas, facilitando la programación de partos y producción láctea, además, permite la utilización de biotecnologías reproductivas como las la inseminación artificial a tiempo fijo y la transferencia de embriones (Baldassarre y Karatzas, 2004; Holtz, 2005; Abecia *et al.*, 2012).

La utilización de progestágenos naturales o sintéticos es una estrategia práctica, ya que pueden ser utilizados durante el anestro estacional o la época reproductiva (Fatet *et al.*, 2011). La progesterona suministrada de forma exógena, ejerce una retroalimentación negativa sobre la GnRH hipotalámica (Uribe-Velásquez *et al.*, 2009; Abecia *et al.*, 2012), asimismo, sobre la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) sintetizadas en la

adenohipófisis, con la finalidad de frenar la aparición del estro y la ovulación durante la época reproductiva (Aké *et al.*, 2003; Olivera *et al.*, 2011; Abecia *et al.*, 2012). Por otra parte, los progestágenos aplicados durante el anestro estacional, preparan al útero para la preñez y sensibilizan el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, para responder a los estímulos gonadotróficos, además, desbloquea la liberación de las gonadotropinas hipofisarias (Maffili *et al.*, 2006). En la oveja, se realizaron los primeros trabajos de sincronización del estro, utilizando progesterona intramuscular. Este protocolo hormonal, tenía el propósito de prolongar el diestro y ocasionar la luteólisis de manera espontánea, sin embargo, los resultados obtenidos en la tasa de fertilidad fueron bajos (Dutt y Casida, 1948). Posteriormente, surgieron los dispositivos intravaginales impregnados con análogos de progesterona, como es el acetato de fluorogestona (FGA) y la medroxiprogesterona (MAP; Romano, 2004; Holtz, 2005; Vilariño *et al.*, 2011). Inicialmente éstos tratamientos tenía una duración de 21 días, con el objeto de simular el tiempo promedio de un ciclo estral (Corteel, 1975). No obstante, éstos protocolos de larga duración repercutían en la fertilidad de las hembras (Viñoles *et al.*, 2001; Menchaca y Rubianes, 2004), además, favorecían la presencia de infecciones en la vagina (Penna *et al.*, 2013). En la actualidad se han elaborado protocolos de corta duración, que han mejorado la respuesta reproductiva de las cabras ante estos tratamientos (Vilariño *et al.*, 2011). La exposición a la progesterona por si sola induce una pobre actividad estral y un inadecuado desarrollo del cuerpo lúteo durante el anestro estacional, por lo tanto asociar esta hormona con tratamientos gonadotróficos mejora los resultados reproductivos. La utilización de la hormona coriónica equina (eCG) aunada al tratamiento de progesterona, asegura una óptima respuesta estral y una tasa ovulatoria aceptable (Vilariño *et al.*, 2011; Abecia *et al.*, 2012; Contreras-Villarreal *et al.*, 2015). Lo anterior, es debido a la doble función que tiene la eCG, en efecto, tiene la capacidad de actuar como FSH y de manera secundaria como LH, estimulando directamente a los ovarios (Simões, 2015). La aplicación de la eCG, se puede realizar inmediatamente al retirar los dispositivos intravaginales o 24 horas después de haber suministrado la progesterona intramuscular. Además, las dosis utilizadas van de 200 hasta 500 UI (Holtz, 2005; Vilariño *et al.*, 2011; Pietroski *et al.*, 2013; Contreras-Villarreal *et al.*, 2016).

Debido al bienestar animal y en la salud pública, se está cuestionando el uso de dosis elevadas de hormonas exógenas, por lo que se ha planteado el uso razonado de las mismas. Un ejemplo de ello, es la investigación de Contreras-Villarreal *et al.* (2016), quienes aplicaron 25 mg de progesterona intramuscular y 24 horas después una dosis de 250 UI de eCG, induciendo efectivamente el estro y la ovulación de las hembras tratadas. En esa dirección, la disminución

de la hormona eCG hasta 100 UI, se ha visto que induce exitosamente la actividad reproductiva en cabras estabuladas y en pastoreo, como también, en diferentes tiempos del anestro estacional (cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Respuesta reproductiva inducida en cabras multirraciales de un sistema extensivo con 200 (T200), 100 (T100) y 50 (T50) UI de eCG, dosis suministradas 24 h después de la aplicación de 25 mg de progesterona intramuscular, al final del anestro estacional (mes de junio).

Variables	Tratamientos		
	T 200	T 100	T 50
Hembras en estro (%)	10/10 ^a (100)	10/10 ^a (100)	7/9 ^a (78)
Latencia al estro (h)	42 ± 3.69 ^a	49.2 ± 2.8 ^a	94.86 ± 9.98 ^b
Duración del estro (h)	32.4 ± 5.38 ^a	34.8 ± 4.18 ^a	34.29 ± 9.23 ^a
Hembras que ovularon (%)	10/10 ^a (100)	10/10 ^a (100)	7/9 ^a (78)
Tasa ovulatoria	1.4 ± 0.22 ^a	1.5 ± 0.27 ^a	1.43 ± 0.20 ^a
Gestación (%)	7/10 ^a (70)	7/10 ^a (70)	2/9 ^b (22)
Partos (%)	4/10 ^a (40)	2/10 ^a (20)	2/9 ^a (22)

Literales diferentes entre columnas muestran diferencia (P<0.05). Zúñiga-García *et al.*, UAAAN datos no publicados.

Cuadro 2. Respuesta reproductiva inducida en cabras saanen de un sistema intensivo con 350 (T350) y 100 (T100) UI de eCG, dosis suministradas 24 h después de la aplicación de 25 mg de progesterona intramuscular, en la mitad del anestro estacional (mes de abril).

Variables	Tratamientos	
	T 350	T 100
Hembras en estro (%)	27/35 ^a (77)	26/35 ^a (74)
Latencia al estro (h)	57.78 ± 2.31 ^a	76.15 ± 3.26 ^b
Duración del estro (h)	30.67 ± 3.09 ^a	27.23 ± 2.26 ^a
Hembras que ovularon (%)	33/35 ^a (94)	30/35 (86) ^a
Tasa ovulatoria	2.06 ± 0.15 ^a	1.17 ± 0.07 ^b
Gestación (%)	21/35 ^a (60)	16/35 ^a (46)
Partos (%)	16/35 ^a (46)	11/35 ^a (31)

Literales diferentes entre columnas muestran diferencia (P<0.05). Zúñiga-García *et al.*, UAAAN datos no publicados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abecia J.A., Forcada F., González-Bulnes A. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 27(1): 67-79.
- Abecia J.A., Forcada F., González-Bulnes A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 130: 173-179.
- Aké, J.R., Heredia, M., Alfaro, M. 2003. Effect of hormone in the superovulatory response and synchrony of estrus on pregnancy rate in pelibuey ewes. *Vet. Méx.* 34 (3): 225-233.
- Arendt, J., 1998. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Rev. Reprod.* 3: 13-22.
- Baldassarre, H., Karatzas, C. 2004. Advanced assisted reproduction technologies (ART) in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 82: 255-266.
- Błaszczuk B., Udala J., Gaczarzewicz D. 2004. Changes in estradiol, progesterone, melatonin, prolactin and thyroxine concentrations in blood plasma of goats following induced estrus in and outside the natural breeding season. *Small. Rum. Res.* 51: 209-19.
- Bono, G., Cairoli, F., Tamanini, C., Abrate, L. 1983. Progesterone, estrogen, LH, FSH and PRL concentrations in plasma during the estrous cycle in goat. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 23: 217-222.
- Bronson, F. 1989. Seasonal strategies: Ultimate factors. In: FH Bronson (Ed.), *Mammalian Reproductive Biology*. University of Chicago, Press, Chicago, pp. 28-59.
- Bronson, F. H., Heideman, P. D. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In *The Physiology of Reproduction* (E. Knobil, and J. D. Neill, Eds.), pp. 541-583.
- Bronson, F.H. 1985. Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biol. Reprod.* 32: 1-26.
- Chemineau, P. 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Revista científica FCV-LUZ.* 3(3): 167-172
- Chemineau, P., Daveau, A., Cognié, Y., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8: 229-312
- Contreras-Villareal, V., Meza-Herrera, C.A., Rivas-Muñoz, R., Ángel-García, O., Luna-Orozco, J.R., Carrillo, E., Mellado, M., Véliz-Deras, F.G. 2016. Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Anim. Sci. J.* 87: 750-755
- Corteel, JM. 1975. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annls Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 15: 353-363.
- de Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology.* 52: 399-411.
- Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 120: 65-70.
- Dutt, R.H., Casida, L.E. 1948. Alteration of the estrual cycle in sheep by use of progesterone and its effect upon subsequent ovulation and fertility. *Endocrinology.* 43: 208-217.
- Echavarría, F., Gutiérrez, R., Ledesma, R., Banuelos, R., Aguilera, J., Serna, P. 2006. Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of Zacatecas Mexico: I Native vegetation. *Téc. Pecu. Méx.* 44: 203-217.
- Escareño-Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente.* 17: 235-246.
- Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza-Herrera, C. 2012. Dairy goat production systems. *Trop. Anim. Health Prod.* 45: 17-34.
- Fabre-Nys, C., Gelez, H. 2007. Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Anim. Behav.* 52: 18-25.
- FAOSTAT. 2013. <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID0569#ancor> Accessed 22/11/16.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Anim. Reprod. Sci.* 124: 211-219

- Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Toledano, Diaz, A., López-Sebastián A. 2010. Evidence that refractoriness to long and short daylengths regulates seasonal reproductive transitions in Mediterranean goats. *Reprod. Domest. Anim.* 45: 338-343.
- Holtz, W. 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Rumin. Res.* 60: 95-110.
- Lincoln, G. A., Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent. Prog. Horm. Res.* 36, 1-51.
- Maffili, V. V., Torres, C. A. A., Bruschi, J. H., Fonseca, J. F., Viana, J. H. M. 2006. "Indução de estro em cabras da raça Toggenburg com dois diferentes dispositivos intravaginais." *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 58 (3): 367-372.
- Medan, M.S., Watanabe, G., Sasaki, K., Sharawy, S., Groome, N.P., Taya, K. 2003. Ovarian dynamics and their associations with peripheral concentrations of gonadotropins, ovarian steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biol. Reprod.* 69: 57–63.
- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L. M., Lopez, R. 2003. Stocking rate effects on goats: a research observation. *J. Range Manage.* 56: 167-173.
- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 16: 403-413.
- Oliveira, M.A., Dias, B., Toledo, D. 2006. Physiology and reproductive management in sheep: Revision. *Revista Eletrônica Faculdade de Montes Belos* 1 (1): 79-98.
- Penna, B., Libonati, H., Director, A., Sarzedas, A. C., Martins, G., Brandão, F. Z., Fonseca, J., Lilienbaum, W. 2013. Progestin-impregnated intravaginal sponges for estrus induction and synchronization influences on goats vaginal flora and antimicrobial susceptibility. *Anim. Reprod. Sci.* 142: 71-74.
- Pietroski, A.C.C.A., Brandão, F.Z., J. M. G. d. Souza y J. F. d. Fonseca. 2013. Short, medium or long-term hormonal treatments for induction of synchronized estrus and ovulation in Saanen goats during the nonbreeding season. *R. Bras. Zootec.* 42: 168-173.
- Rahman, A., Abdullah, R., Wan-Khadijah, W. 2008. Estrus synchronization and superovulation in Goats: A Review. *J. Biol. Sci.* 8: 1129-1137.
- Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48: 109–117.
- Rivera-Lozano, M. T., Diaz-Gómez, M. O., Urrutia-Morales, J., Vera-Ávila, H., Gamez-Vázquez, H., Villagomez-Amezcuca, E., Aréchiga-Flores, C., Escobar-Medina, C. F. 2011. Seasonal variation in ovulatory activity of Nubian, Alpine and Nubian x Criollo does under tropical photoperiod (22°N). *Trop. Anim. Health Prod.* 14: 973-980.
- Romano, J. E. 2004. Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Rumin. Res.* 55: 15-19.
- Saïd, S.B., Lomet, D., Chesneau, D., Lardic, L., Canepa, S., Guillaume, D., Briant, C., Fabre-Nys, C., Caraty, A. 2007. Differential estradiol requirement for the induction of estrus behavior and the luteinizing hormone surge in two breeds of sheep. *Biol. Reprod.* 76: 673-680.
- SIAP. 2015 Resúmen Nacional. Población ganadera, avícola y apícola. www.siap.gob.mx/ganaderia. Accessed 22/11/ 2016.
- Simões, J. 2015. Recent advances on synchronization of ovulation in goats, out of season, for a more sustainable production. *Asian Pac. J. Reprod.* 4 (2): 157-165.
- Uribe-Velásquez, L.F., Restrepo, R., Osorio, J.H. 2009. Respostas foliculares e endócrinas em ovelhas após sincronização do estro usando progesterona, prostaglandinas (PGF2 α) e gonadotrofinas. *Veterinária y Zootecnia.* 3 (2): 14-27.
- Vilariño, M., E., Rubianes, A., Menchaca. 2011. Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the Short-term Protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology.* 75: 1195-1200.
- Viñoles, C., Forsberg, M., Bancharo, G., Rubianes, E. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology.* 55, 993–1004.

EVOLUCIÓN DEL USO DE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES COMO HERRAMIENTA PARA LA MEJORA GENÉTICA EN GANADO BOVINO: *PRIMEROS PASOS HASTA LA APLICACIÓN TÉCNICA EN MEXICO*

Luiz Gustavo Pessoa Rocha

Médico Veterinario, In Vitro Brasil

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial ha elevado la demanda por alimentos. Según datos presentados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2015), la población mundial ha alcanzado más de 7 billones de habitantes en 2015 y debe llegar a los nueve billones en 2050. Según otras estimativas presentadas en el mismo reporte, para atender la demanda global por alimentos en 2050, la producción de alimentos debería aumentar en un 60%. Por otro lado, es necesaria una significativa expansión pecuaria en el tema de la producción de carne, leche y huevos. Sin embargo, algunos factores pueden afectar este crecimiento, como el bajo empleo de tecnología en los sistemas de producción animal, sobretudo en países en desarrollo, que representan significativamente la producción de alimentos en el mundo.

En este escenario, México se ha destacado en la producción animal, estando actualmente entre los más grandes productores y exportadores de esos productos. Para aumentar su eficiencia en este tipo de producción, se requiere el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en la producción animal. Entre estas, destacamos el empleo de las biotecnologías aplicadas en la producción animal, como la producción in vitro de embriones, que puede presentarse como una importante estrategia para los programas de mejora genética, trayendo beneficios y excelencia en la producción de alimentos de origen animal.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES EN BOVINOS

La producción in vitro de embriones (PIVE) es un proceso que comprende las etapas de *maduración in vitro* (MIV), fertilización *in vitro* (FIV) y cultivo de embriones (CIV) (Hasler *et al.*, 2014). No obstante, el proceso completo comprende, a parte de las etapas de la PIVE citadas anteriormente, la sincronización de las receptoras que van a recibir los embriones producidos, obtención de los ovocitos a partir de las donantes y la transferencia de los embriones (TE).

Según Bavister (2002), los primeros intentos de realizarse la FIV han ocurrido en 1878 por Schenk y sus colaboradores, que realizaran la FIV en ovocitos de humano no madurados. Posteriormente, Rock y Menkin (1944) cultivaran ovocitos humanos antes de realizar la FIV, sin

embargo, sin suceso. En 1951, Austin y Chang han descubierto la capacitación espermática, lo que contribuyó para que Chang en 1959, tuviera suceso en producir la primera cría de mamíferos (en su caso, conejos) a partir de la FIV. En 1977, la FIV en bovinos fue realizada con el uso de semen previamente capacitado en el oviducto de vacas en celo (Iritani y Niwa, 1977). En 1981 nació el primer ternero obtenido por FIV, a partir de la transferencia quirúrgica de un embrión de 4 células al oviducto de una receptora (Brackett *et al.*, 1982), el primer ternero producido completamente *in vitro* nació en 1987 (Fukuda *et al.*, 1990).

Durante los años 80, la PIVE, permaneció completamente en el área de investigación tecnológica, habiendo poca aplicabilidad en la industria de transferencia embrionaria (Hasler *et al.*, 2014). Las primeras técnicas de obtención de ovocitos (*ovum pick-up*) por medio de la aspiración guiada por ultrasonografía transvaginal, llamada OPU, fueron desarrolladas en 1988 (Pieterse *et al.*, 1988) y fueron esenciales para la difusión y aplicabilidad de la PIVE en la reproducción asistida de bovinos.

A lo largo de los años 2000, se ha demostrado una disminución en la transferencia de embriones por la técnica convencional (lavado uterino) y un rápido crecimiento de la producción de embriones PIVE (Galli *et al.*, 2014). El gran objetivo de utilización de la PIVE y sus biotecnologías asociadas como el empleo del semen sexado y la congelación de embriones se resume al encortamiento del intervalo entre generaciones y la propagación de material genético superior (Rodríguez-Martínez, 2012).

Ovum pick-up guiada por ultrasonido – OPU

Inicialmente los trabajos de PIVE eran realizados solamente de manera experimental, siendo los ovocitos obtenidos a partir de ovarios provenientes de matadero (Galli *et al.*, 2014). No obstante, para la aplicación comercial de esta técnica, es deseable que los ovocitos sean obtenidos de donantes vivas con alto valor genético. Con el surgimiento de la OPU, la transferencia comercial de embriones producidos *in vitro* aumentó más de diez veces (Stroud, 2012). Los primeros relatos de la aspiración folicular guiada por ultrasonido fueron hechos por (Pieterse *et al.*, 1988), utilizando un transductor humano endovaginal. En estos primeros intentos, ellos obtuvieron una tasa de recuperación de 55% de los ovocitos aspirados, repetitividad y ausencia de efectos nocivos a las vacas. De hecho, hasta los días actuales, aun se utiliza esta misma metodología, con algunas alteraciones. Las tasas de recuperación han sido mejoradas para un 70%, utilizando equipos de ultrasonido de mejor resolución (Galli *et al.*, 2014). Con eso, es posible recuperar ovocitos de folículos pequeños con aproximadamente 2,0

hasta 3,0 mm de diámetro, con o sin estimulación hormonal (Van Wagtendonk-de Leeuw *et al.*, 2000).

En este proceso, agujas de aspiración son conectadas a una bomba de vacío con un flujo entre 15 hasta 25 ml por minuto, lo que permite una máxima recuperación con el mínimo daño a las células del *cumulus* (Galli *et al.*, 2001). La recuperación de ovocitos es mayor en vacas de carne que en vacas de leche, en vacas secas que en lactación y en vacas que en vaquillas (Galli *et al.*, 2014).

MADURACIÓN IN VITRO (MIV)

Durante la vida fetal, los ovocitos de las hembras desarrollan hasta el punto en que se vuelven estacionarios en la fase de PROFASIS I de la meiosis. Antes de cada ovulación, la meiosis en el folículo dominante se reanuda tras el pico de LH. Mitad de los cromosomas de las células sufren extrusión y forman el primer corpúsculo polar, siendo que el ciclo celular se paraliza otra vez, ahora en METAFASIS II (Machaty *et al.*, 2012). La retomada del desarrollo, acompañado de alteraciones citoplasmáticas requeridas para que el ovocito se vuelva capaz ser fecundado es nombrada maduración ovocitaria. (Smith *et al.*, 2001). La maduración completa funcional incluye modificaciones nucleares, citoplasmáticas y de componentes de la membrana, necesarias para que el citoplasma del ovocito se vuelva capaz de reprogramar el núcleo del espermatozoide fecundante, de modo que se forma el pronúcleo masculino y se empieza la primera división mitótica del cigoto recién formado (Eppig *et al.*, 1996).

La maduración *in vitro* de ovocitos bovinos involucra la remoción de los ovocitos en PROFASIS I junto con las células del *cumulus* que están alrededor del mismo, a partir del folículo antral y su cultivo por un periodo de 20 – 24 horas (Galli *et al.*, 2003). Durante este intervalo, los ovocitos sufren la extrusión del primer corpúsculo polar y atingen la METAFASIS II (Gilchrist y Thompson, 2007).

El suceso de la MIV solamente fue alcanzado cuando los ovocitos fueron cultivados en un medio específico con adicción de algunas hormonas, como LH, FSH, estrógenos y otras sustancias que estimulan la maduración (First y Parrish, 1987).

FERTILIZACIÓN IN VITRO - FIV

En condiciones laborales, espermatozoides seleccionados y capacitados son co-incubados con los complejos ovocitos - células del *cumulus* maduros (Machaty *et al.*, 2012). Frecuentemente dicha co-incubación ocurre en medios basados en el fluido oviductal (Galli *et al.*, 2002). La concentración espermática utilizada es determinada de acuerdo con los toros buscando permitir buenas tazas de fecundación sin la ocurrencia de polispermia (Aurich y

Hahn, 1994). La FIV, en general ocurre en un periodo de 18-20 horas, donde los espermatozoides atraviesan las células del *cummulus*, se ligan a la zona pelucida y sufren la reacción acrosomal (Machaty *et al.*, 2012). Posteriormente, hay la ligación y fusión con la membrana de los ovocitos, seguida por la activación del mismo y formación de los pro núcleos masculino y femenino (Schultz y Kopf, 1995) y una vez haya la unión de estos, se tiene el cigoto.

CULTIVO IN VITRO – CIV

Tras la fecundación, las células del *cummulus* son removidas de la zona pelucida y los potenciales cigotos son cultivados *in vitro* hasta el estadio de blastocito (Machaty *et al.*, 2012). Inicialmente, los embriones eran cultivados en condiciones indefinidas, donde los medios eran suplementados con sueros y constituyentes celulares (Brackett *et al.*, 1989), como células hepáticas de rato (Hasler *et al.*, 1995) o en sistemas de co-cultivo con células de la tuba uterina (Gandolfi y Moor, 1987). En los últimos años el buen conocimiento de las condiciones ideales condujo el desarrollo de un medio definido, donde los embriones son incubados sin células de alimentación y con poco o ningún suero (Machaty *et al.*, 2012).

TRANSFERENCIA EMBRIONARIA (TE)

El término transferencia embrionaria se refiere al proceso de transferir un embrión recién colectado o producido *in vitro* al útero de una receptora (Hirayama *et al.*, 2004). Durante los años 70, los embriones bovinos eran transferidos solamente de manera quirúrgica mediante una incisión en la línea mediana y deposición del embrión en el oviducto y, hasta el fin de los 80, por medio de una incisión en el flanco (Hasler *et al.*, 2014). En esta época existió el surgimiento de la transferencia no quirúrgica, la cual consiste en la utilización de un inoculador transcervical y deposición del embrión en el cuerno uterino del mismo lado al ovario que posee un cuerpo lúteo en la receptora (Reichenbach *et al.*, 2002). Actualmente se recomienda la transferencia quirúrgica para embriones que se encuentren en etapa iniciales de clivaje y no quirúrgica para embriones en etapa de compactación y blastulación (Machaty *et al.*, 2012).

En bovinos, el suceso de la TE depende de la calidad del embrión y de la receptora (Machaty *et al.*, 2012). En razas lecheras, las vaquillas han sido reportadas como mejores receptoras en comparación con las vacas, especialmente en el caso de embriones más frágiles (Hasler, 2006). Dicha explicación viene de las concentraciones de progesterona que son más altas en vaquillas que en vacas (Sartori *et al.*, 2004). La sincronización entre el embrión y el endometrio de la receptora es esencial (Barnes, 2000). Según Hasler y sus colaboradores (2006), la diferencia de sincronización de un día entre el embrión y la receptora, llevan a menores tasas

de gestación. Cuidados especiales deben ser tomados con las receptoras en las primeras semanas de gestación, una vez que la mortalidad embrionaria es más alta durante las dos o tres primeras semanas de gestación (Clemente *et al.*, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

- AURICH, C.; HAHN, J. In vitro fertilization: bulls should not be forgotten. **Theriogenology**, v.46, p.20–23, 1994.
- AUSTIN, C.R. Observations on the penetration of the sperm into the mammalian egg. **Australian Journal of Scientific Research Series**, v.4, p.581–589, 1951.
- BARNES, F.L. The effects of the early uterine environment on the subsequent development of embryo and fetus. **Theriogenology**, v.53, p.649–658, 2000.
- BAVISTER, B.D. Early history of *in vitro* fertilization. **Reproduction**, v.124, p.182,196, 2002.
- BRACKETT, B.G.; BOUSQUET, D.; BOICE, M.L.; DONAWICK, W.J.; EVANS, J.F.; DRESSEL, M.A. Normal development following in vitro fertilization in the cow. **Biology of Reproduction**, v.27, p.147–158, 1982.
- BRACKETT, B.G.; YOUNIS, A.I.; FAYRER-HOSKEN, R.A. Enhanced viability after in vitro fertilization of bovine oocytes matured in vitro with high concentrations of luteinizing hormone. **Fertil Steril**, v.52, p.319–324, 1989.
- CHANG, M.C. Fertilisation of rabbit ova in vitro. **Nature**, v. 179, p. 466–467, 1979.
- CLEMENTE, M.; DE LA FUENTE, J.; FAIR, T.; AL NAIB, A.; GUTIERREZ-ADAN, A.; ROCHE, J.F. Progesterone and conceptus elongation in cattle: a direct effect on the embryo or an indirect effect via the endometrium? **Reproduction**, v.138, p.507–517, 2009.
- EPPIG, J.J. Coordination of nuclear and cytoplasmic oocyte maturation in eutherian mammals. **Reproduction, Fertility and Development**, v.8, p.485–490, 1996.
- FAO – Organização das nações unidas para a agricultura e alimentação. **Economic analysis of supply and demand for food**. Disponible en: < <http://www.fao.org/>>
- FIRST, N.L.; PARRISH, J.J. In vitro fertilization of ruminants, **J Reprod Fert Suppl**, v.34, p.151–165, 1987.
- FUKUDA, Y.; ICHIKAWA, M.; NAITO, K.; TOYODA, Y. Birth of normal calves resulting from bovine oocytes matured, fertilized, and cultured with cumulus cells in vitro up to the blastocyst stage. **Biology of Reproduction**, v.42, p. 114–119, 1990.
- GALLI, C.; CROTTI, G.; NOTARI, C.; TURINI, P.; DUCHI, R.; LAZZARI, G. Embryo production by ovum pick up from live donors. **Theriogenology**, v.55, p.1341–57, 2001.
- GALLI, C.; DUCHI, R.; COLLEONI, S.; LAGUTINA, I.; LAZZARI, G. Ovum pick up, intracytoplasmic sperm injection and somatic cell nuclear transfer in cattle, buffalo and horses: from the research laboratory to clinical practice. **Theriogenology**, v.81, p.138-151, 2014.
- GALLI, C.; DUCHI, R.; CROTTI, G.; TURINI, P.; PONDERATO, N.; COLLEONI, S. Bovine embryo technologies. **Theriogenology**, v.59, p.499-616, 2003.
- GANDOLFI, F.; MOOR, R.M. Stimulation of early embryonic development in the sheep by co-culture with oviduct epithelial cells. **Journal Reproduction Fertility**, v.81, p.23– 28, 1987.
- GILCHRIST, R.B.; THOMPSON, J.G. Oocyte maturation: emerging concepts and technologies to improve developmental potential in vitro. **Theriogenology**, v.67, p.6–15, 2007.
- HASLER, J.F. Forty years of embryo transfer in cattle: A review focusing on the journal *Theriogenology*, the growth of the industry in North America, and personal reminiscences. **Theriogenology**, v. 81, p. 152-169, 2014.
- HASLER, J.F. The Holstein cow in embryo transfer today as compared to 20 years ago. **Theriogenology**, v.65, p.4–16, 2006.
- HIRAYAMA, H.; KAGEYAMA, S.; MORIYASU, S.; SAWAI, K.; ONOE, S.; TAKAHASHI, Y. Rapid sexing of bovine preimplantation embryos using loop-mediated isothermal amplification. **Theriogenology**, v.62, p.887–896, 2004.
- IRITANI, A.; NIWA, K. Capacitation of bull spermatozoa and fertilization in vitro of cattle follicular oocytes matured in culture. **Journal Reproduction and Fertility**, v.50, p.119–21, 1977.

- MACHATY, Z.; PEIPPO, J.; PETER, A. Production and manipulation of bovine embryos: Techniques and terminology. **Theriogenology**, v.78, p.937-950, 2012.
- PIETERSE, M.C.; KAPPEN, K.A.; KRUIP, T.A.M.; TAVERNE, M.A.M. Aspiration of bovine oocytes during transvaginal ultrasound scanning of ovaries. **Theriogenology**, v.30, p.751-762, 1988.
- REICHENBACH, H.D.; OLIVEIRA, M.A.L.; LIMA, P.F.; SANTOS, A.S.; ANDRADE, J.C.O. Transferência e criopreservação de embriões de bovinos. In GONÇALVES, P.B.D.; FIGUEIREDO, J.R.; FREITAS, V.J.F. Biotécnicas aplicadas reprodução animal. São Paulo: Varela, 2002. p.127-178.
- ROCK, J.; MENKIN, M.F. In vitro fertilisation and cleavage of human ovarian eggs. **Science**, v.100, p.105-106, 1944.
- RODRIGUEZ-MARTINEZ, H. Assisted Reproductive Techniques for Cattle Breeding in Developing Countries: A Critical Appraisal of Their Value and Limitations. **Reproduction in Domestic Animals**, v.47, p. 21-26, 2012.
- SARTORI, R.; HAUGHIAN, J.M.; SHAVER, R.D.; ROSA, G.J.; WILTBANK, M.C. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.:905-920, 2004.
- SCHENK, S.L. Das Säugetierei Künstlich befruchtet ausserhalb des Muttertieres Mittheilungen aus dem Embryologischen Institute der Kaiserlich-Königlichen Universität in Wien, v. 1, p. 107, 1878.
- SCHULTZ, R.M.; KOPF, G.S. Molecular basis of mammalian egg activation. **Current Topics in Developmental Biology**, v.30, p.21-62, 1995.
- SMITH, G.D. *In vitro* maturation of oocytes. **Current Womens Health Reproduction**, v.1, p.143-151, 2001.
- STROUD, B. The year 2011 worldwide statistics of embryo transfer in domestic farm animals. Embryo Transfer Newsletter: A Publication of the International Embryo Transfer Society. v. 30, p.16-26, 2012.
- VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, A.M.; MULLAART, E.; DE ROOS, A.P.; MERTON, J.S.; DEN DAAS, J.H.; KEMP, B. Effects of different reproductive techniques: AI, MOET or IVP, on health and welfare of bovine offspring. **Theriogenology**, v.53, p.575-97, 2000.

EXPERIENCIAS EN EL MANEJO Y CONTROL DE LA BRUCELOSIS BOVINA, MÁS ALLÁ DEL DIAGNÓSTICO

M.C. Jehfcet Espinosa Utrera

Asesor técnico, Grupo LALA

INTRODUCCIÓN

La brucelosis bovina es una enfermedad infectocontagiosa de origen bacteriano, causada por *Brucella abortus* que afecta principalmente a las hembras bovinas en edad reproductiva, provocando abortos y retención de placentas, con excreción de los microorganismos en exudados uterinos y en leche. Los machos también pueden ser afectados provocando en ellos orquitis y epididimitis. Esta enfermedad tiene una amplia distribución en el mundo y se considera enzoótica en México.

La importancia económica que representa la brucelosis está dada por las pérdidas que ocasiona en los animales de producción, al causar abortos, infertilidad, baja en la producción de leche e interrupción de los programas genéticos entre otros. Aunado lo anterior, a los grandes trastornos que ocasiona en humanos infectados, ya que es considerada como una de las principales zoonosis.

Nuestra experiencia en el manejo y control de la brucelosis se basa en otras experiencias y la adopción de programas de control que han sido probados y estandarizados por instituciones y organismos especialistas en la materia, de México y otras partes del mundo, lo que ha generado a lo largo de muchos años de trabajo, en conjunto con laboratorios oficiales adquirir y documentar información que ha servido para tomar decisiones en la elaboración de un plan para enfrentar el reto de dejar libres de brucela los establos proveedores de leche del grupo LALA.

No se trata solo de pruebas de diagnóstico, sino de todo un programa que incluye la incorporación de un protocolo fuerte de bioseguridad en los establos, entrenamiento y capacitación a personal en los establos, inmunización, identificación de animales positivos, segregación, eliminación de reactores, seguimiento, vigilancia epidemiológica con acciones concretas para cada caso.

Trasmisión

La transmisión de la brucelosis puede darse por el contacto con animales enfermos, sus secreciones (leche, orina, loquios, heces y semen) o despojos dentro de los cuales, la

placenta y el feto abortado constituyen los elementos más infecciosos para otros individuos susceptibles entre los que se incluye el hombre. Por lo que respecta a las formas de transmisión, se han señalado tanto la transmisión horizontal como la vertical. En el primer caso, se verifica por la libre convivencia entre animales sanos y enfermos.

La transmisión vertical se da por la infección del feto *in utero* debido a que su madre se encuentra afectada con alguna de estas bacterias. Esta última situación está debidamente sustentada y constituye uno de los mayores problemas en los planes de lucha que se tienen contra la enfermedad, ya que si el producto se infecta dentro del primer tercio de la gestación y no es abortado, los epítomos de la bacteria serán reconocidos como propios por el sistema inmune y así las pruebas diagnósticas convencionales serán incapaces de identificarlos, por lo que este individuo jugará un papel como portador asintomático dentro de la explotación.

Patogenia

Para el establecimiento de la enfermedad, una vez que la bacteria ha ingresado al organismo, es fagocitada por neutrófilos y macrófagos tisulares, los cuales al ver afectado su mecanismo óxido reactivo que impide el estallido respiratorio y con ello la fusión del complejo fago-lisosoma, permiten que la bacteria se multiplique dentro de ellos hasta causar su destrucción, con esto, más bacterias se encontrarán disponibles en los sitios de entrada y serán fagocitadas por otros macrófagos que se encargarán de llevarlas a los nódulos linfáticos regionales más cercanos para ser presentados a los linfocitos CD4+ cooperadores y con ello establecer las respuestas inmunes humoral y celular.

Diagnostico

Con relación al diagnóstico podemos mencionar que, en brucelosis, éste siempre ha sido un tema de gran actividad tanto por clínicos, como por médicos oficiales responsables de las campañas y por investigadores que tratan de mejorar las técnicas ya existentes. A nivel internacional se han desarrollado diferentes técnicas serológicas, las cuales ofrecen ventajas y desventajas, dentro de las primeras podemos mencionar el incremento en la sensibilidad y especificidad, lo cual es de gran ayuda para poder continuar con los programas de control, al mismo tiempo se ha trabajado en la implementación de pruebas que sean capaces de diferenciar entre animales vacunados de animales infectados, contándose en la actualidad con ensayos inmunoenzimáticos capaces de cumplir con esta característica.

Diagnóstico clínico- epizootológico

La presencia de aborto, nacimiento de crías débiles, mortalidad neonatal por arriba del 10% dentro de los primeros 30 días de vida, retenciones placentarias, infertilidad, aumento en el número de días abiertos y merma hasta en un 30% de la vida productiva útil de los reproductores de un hato, son signos que sugieren fuertemente la presencia de brucelosis clásica. Las hembras más jóvenes del rebaño y las gestantes son las susceptibles, por lo que la mayoría de los signos pueden observarse en estos individuos.

Diagnóstico bacteriológico

Es la forma definitiva de diagnosticar brucelosis en cualquier especie, para ese fin se procesan muestras frescas de no más de 24 horas de haber sido colectadas, las cuales pueden ser leche, fetos abortados, placentas, descargas vaginales, testículos, epidídimo, semen y médula ósea, conservadas en refrigeración a 4 °C hasta su utilización en el laboratorio de diagnóstico.

Por desgracia, para el procesamiento de muestras a través de esta metodología, se requieren condiciones de laboratorio especiales como equipo de bioseguridad biológica y personal calificado, por lo que resulta difícil contar con este tipo de facilidades en muchas partes del mundo y desde luego, en México.

Diagnóstico serológico

Existe una gran cantidad de pruebas que se emplean para el diagnóstico de la brucelosis, la mayoría de ellas evidencian respuesta inmune humoral contra estas bacterias. La OIE en el Manual de Diagnóstico en la Brucelosis hace un análisis y recomendaciones pertinentes de las pruebas reconocidas. Entre las pruebas convencionales para el diagnóstico de la brucelosis, las de aglutinación son las más populares, reseñaremos un poco las que en nuestra experiencia se han usado, de estas pueden señalarse las de tamizaje, Card test, confirmatorias, la de precipitación por acción del rivanol y de vigilancia epidemiológica la de anillo en leche (Bang). Así mismo, la prueba de fijación de complemento ha sido considerada como la prueba de oro para el diagnóstico de brucelosis ya que su especificidad es muy semejante al diagnóstico bacteriológico, por lo que se le utiliza también como confirmatoria a los resultados obtenidos por cualquier prueba de cribaje de aglutinación.

Prueba de tarjeta

Es un procedimiento cualitativo, rápido, de aglutinación macroscópica que se efectúa en una sola dilución y que detecta principalmente anticuerpos IgG₁ y en menor grado IgM. Sirve como

prueba tamiz por su alta sensibilidad y permite reducir el número de pruebas diagnósticas necesarias para controlar y/o erradicar la brucelosis en un rebaño o hato. Se considera una reacción positiva (+) cualquier grado de aglutinación y una reacción negativa (-) cuando no hay aglutinación.

Prueba de rivanol

Es una prueba de aglutinación directa en placa para el diagnóstico complementario de la Brucelosis, funciona como una alternativa para examinar los sueros positivos a la prueba de tarjeta (PT). Detecta anticuerpos en el suero de bovinos del tipo IgG contra cepas lisas del género *Brucella*. Por la acción química del rivanol sobre las IgM, precipita esta inmunoglobulina que se encuentra en el suero. Esta fusión rivanol-IgM es separada del resto de las inmunoglobulinas por centrifugación a 3,000 rpm, quedando en el sobrenadante las inmunoglobulinas IgG. Con el cual, se efectúa la prueba de aglutinación en placa. Esta prueba es complementaria y corrobora los resultados obtenidos con otras pruebas en el suero de animales sospechosos de padecer infecciones causadas por bacterias del género *Brucella*. Se considera una reacción positiva (+) cuando hay aglutinación completa y los grumos formados en la mezcla están separados del líquido claro, los resultados se interpretan considerando la dilución más alta donde se presenta dicha aglutinación. Una reacción negativa (-) no presenta ningún grado de aglutinación.

Prueba de fijación del complemento

La prueba de fijación del complemento (FC) es muy usada para el diagnóstico de brucelosis en bovinos, caprinos, ovinos, equinos, suinos y humanos. En rumiantes, el anticuerpo principal que fija el complemento es la IgG₁. La IgG₂ no fija el complemento y es capaz de evitar la fijación del complemento por otras inmunoglobulinas, produciendo un fenómeno de positividad pro-zona, que consiste en que en las primeras diluciones sea negativa o débilmente positiva y en las diluciones mayores sea intensa. Se describe como una prueba positiva con el título donde se fija el complemento correspondiente a la mayor dilución. La prueba de fijación del complemento consta de dos etapas: La primera consiste en que la mezcla del antígeno y el anticuerpo tienen la propiedad de unirse con una cantidad exacta de complemento. Esta combinación no produce reacciones fácilmente demostrables; es necesario agregar, después del período de fijación del complemento, un indicador adecuado. Este indicador es el glóbulo rojo (GR) de carnero sensibilizado con hemolisina específica. Si el complemento ha sido fijado en la reacción primaria, ya no queda complemento disponible para lisar los glóbulos rojos sensibilizados del sistema indicador; no se produce hemólisis y esto representa una prueba positiva, es decir, el

suero contiene anticuerpos con *Brucella*. Por otra parte, si no se fija el complemento en la reacción primaria, queda en disponibilidad para reaccionar con los glóbulos rojos de carnero sensibilizados y se produce la hemólisis, lo que representa una prueba negativa.

Anillo en leche (PAL)

Se ha diseñado para descubrir la presencia de aglutininas en leche. El complejo antígeno/anticuerpo se adhiere a la superficie de los glóbulos de grasa y asciende con ellos a la superficie formando una reacción. Si la muestra no tiene aglutininas no se colorea, formando un anillo de color blanco. Si por el contrario la muestra presenta un anillo de color azul, se considera positiva. La prueba permite un control más rápido y su costo es considerablemente menor, su exactitud radica en mezclas de leche de varios hatos (Tanques, Cisternas, Corrales, Tandas y en ciertos casos animales individuales), la exactitud de la prueba radica en la mezcla de varias vacas cuando menos 20 – 25 animales. El porcentaje de grasa en la muestra de leche influye en el resultado de la prueba, porque la formación del anillo de crema dependerá del porcentaje de grasa en la leche. Esta prueba tiene un 97 % de sensibilidad y un 60 % de especificidad.

Fluorescencia polarizada (FPA)

Esta prueba cualitativa es una herramienta para el diagnóstico de la brucelosis en bovinos. Esta prueba tiene una sensibilidad del 99.6 % y especificidad de 99 % las cuales fueron obtenidas donde se tenía el aislamiento de *Brucella abortus*. Las muestras a probar deben medirse inicialmente para tener la lectura basal de autofluorescencia, posteriormente el antígeno conjugado con isotiocinato de fluoresceína adicionado a la muestra y se deja que el antígeno y anticuerpo interactúen, después se vuelve a medir. Si hay anticuerpos específicos contra *Brucella abortus*, entonces el resultado será una lectura elevada. Esta prueba puede emplearse en animales vacunados con cepa RB51.

Los resultados se expresan en **mP**, los positivos y sospechosos deberán ser corridos por duplicado y si ambos resultados dan un valor $< \text{ó} = 10$ será Negativo; valores entre 10 y 20 serán considerados Sospechosos y valores > 20 serán considerados Positivos.

Prueba de Elisa

Un método muy eficiente de muestreo para vacas lecheras, es el probar la leche del tanque receptor. La Prueba de Anillo en Leche y la prueba de ELISA indirecta para Leche son las herramientas disponibles. La técnica de ELISA en la leche tiene una mejor especificidad que la

de la Prueba de Anillo. Un resultado positivo de la Prueba de Anillo el cual es un ELISA negativo se debe considerar negativo.

Tamaño del Tanque Receptor de Leche: Las pruebas de ELISA indirecta para Leche está habilitada para detectar un positivo en la leche mezclada de un conjunto de alrededor de 100 a 200. La probabilidad de detección de la infección del hato está muy cerca del 100%, cualquiera que sea el tamaño del hato, previendo que todas las muestras incluidas sean todas proporcionadas por el mismo hato productor de leche.

El control de la brucelosis en el hato afectado está dado por la implementación de un programa completo que incluye:

- Capacitación del personal del estable en los protocolos de bioseguridad
- Reducir al máximo las nuevas infecciones y contagios
- Cuidados de la madre y de la cría durante el parto
- Limpieza y desinfección
- Disposición y manejo de placentas, desechos y abortos
- Medidas cuarentenarias
- Incrementar la inmunidad del hato
- Muestreos sanguíneos, segregación y eliminación de animales positivos
- En caso de segregación en el mismo estable no inseminar más las vacas positivas
- Usar leche y calostros pasteurizados o sustitutos para la alimentación de la crianza
- Uso de aguja por vaca
- Identificación y manejo de hijas de vacas positivas
- Usar sobrantes de alimentación solo para becerros machos
- Uso de tapetes sanitarios
- Implementación de un buen control de vectores
- Seguimiento y vigilancia epidemiológica del hato
- Control de movilización del ganado

Cada una de estas acciones se complementa y el éxito final del programa dependerá del nivel que es alcanzado para cada uno de los objetivos.

BIBLIOGRAFIA

- Acha, P.N. y Szyfres, B. (1988): Zoonosis y Enfermedades Transmisibles Comunes al Hombre y a los Animales, OPS 2ª Edición, Washington, D.C., EUA, pp: 14 - 36.
- Alton, G. G., M. Jones L., Angus R.D. y Verger J.M. (1976): Las Técnicas de los Laboratorios en la Brucelosis. Organización Mundial de la Salud, 2ª Edición, Ginebra, Suiza, pp: 11-63.
- Bricker B.J. & Halling S.M. (1995). Enhancement of the Brucella AMOS PCR assay for differentiation of Brucella abortus vaccine strains S19 and RB51. J. Clin. Microbiol., 33, 1640-1642.
- Carter, G.R. y Chengappa, M.M. (1994): Bacteriología y Micología Veterinarias, Editorial Manual Moderno, 2ª Edición, México, D.F., pp: 351 - 360.
- Corbel MJ (1997): Brucellosis: an overview. Emerg. Infect. Dis., 3:213-21.
- Díaz, A.E. (1998): Pruebas de Diagnóstico en Población Animal. Memorias del Tercer Foro Nacional de Brucelosis. Acapulco, Guerrero, México, pp: 63-77.
- Díaz, A.E., Hernández, A.L., Valero, E.G. Arellano, B. y colaboradores (2001): Diagnóstico de Brucelosis Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGARPA / IICA., México, D.F.
- Egli, C., Paiva, R. IDEXX. Diagnosticando Tuberculosis y Brucelosis Bovina: Últimos descubrimientos y aplicaciones potenciales. 3er pre-congreso IASA – AMVEB.
- Federación de Colegios y Asociaciones de Médicos Veterinarios Zootecnistas de México, A.C. (1996): Manual de Actualización Técnica para la Aprobación del Médico Veterinario Zootecnista como Unidad de Verificación en Tuberculosis Bovina y Brucelosis. FedMVZ México, D.F. pp: 41 - 63.
- Gurría, T.F.J. (1998): Conferencia Magistral. Importancia de la Erradicación de la Brucelosis en México. Memorias del Tercer Foro Nacional de Brucelosis. Acapulco, Guerrero, México, pp: 5-11.
- Hernández, M.I., Peña, F.G. y Betancourt, M.X. (1996): Brucelosis. "Manual de Procedimientos de Laboratorio", INDRE/SAGAR, México, D.F.
- López M.A., Migranas-Ortíz, R., Pérez-Miravele, A., Magos, C., Salvatierra –Izaba, B., Tapia – Conyer, R., Valdespino, J.L. y Sepúlveda J. (1992): Seroepidemiología de la Brucelosis en México. Salud Pública México: 34: 210-230.
- Luna, M.J.E. y Mejía, T.C.E. (1998): Manejo del hato infectado. Memorias del Tercer Foro Nacional de Brucelosis. Acapulco, Guerrero, México. pp: 109-115.
- Manual técnico de brucelosis, campañas zoonositarias. Dirección general de salud animal. SAGARPA.
- Manual de la OIE sobre animales terrestres 2008. Capítulo 2.4.3 – Brucelosis Bovina pp:682-719.
- Monroy, L.J.F., Jaramillo, A.C.J., Alonso, P.A. (2000): Análisis Beneficio – Costo de las acciones de control de la brucelosis bovina en el complejo agropecuario de Tizayuca, Hgo. de 1988 a 1993. Memorias del Primer Congreso de Epidemiología Veterinaria. Toluca, México, pp: 208 – 212.
- Nielsen K., Gall D., Jolley M., Leishman G., Balsevicius S., Smith P., Nicoletti P. & Thomas F. (1996). A homogenous fluorescence polarisation assay for detection of antibody to Brucella abortus. J. Immunol. Methods, 195, 161-168.
- Norma Oficial Mexicana 041 – ZOO – 1995 (1997): "Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales". Diario Oficial de la Federación, México, 7 de noviembre de 1997.
- Tizard, I. (1997): Inmunología Veterinaria. 5ª Edición, Editorial Interamericana, México
- Ramirez, P.C. Prueba Fluorescencia Polarizada para el diagnóstico de brucelosis en bovinos. Ficha tecnológica. INIFAP.
- Villegas, A.H., Hernández, A.L., Díaz, A.E., Suárez, G.F. (1999): Bacteriología y fagotipificación de Brucella spp aislada de caprinos y bovinos. Téc. Pecu. México, 37.

USO DE ÍNDICES ESPECTRALES Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*)

López Calderón, Magali Jeaneth

Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. 35110 Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México.
(magali.lopezcalderon@gmail.com)

INTRODUCCIÓN

El realizar un manejo óptimo de la fertilización es fundamental para satisfacer las necesidades temporales y espaciales de los cultivos de nitrógeno (N), teniendo como beneficio el cuidado al medio ambiente y manteniendo la rentabilidad del predio. Debido a que el suministro y la absorción de N dependen de las condiciones del suelo, del clima y de las características de las plantas, la necesidad de fertilizantes nitrogenados cambian en el espacio y el tiempo. Para asegurar la productividad, los agricultores suelen suministrar más N en los campos (Schröder *et al.*, 2000). Cuando el nitrógeno es suministrado en exceso pueden causar muchos problemas ambientales como la emisión de gases de efecto invernadero (N₂O) y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Chen *et al.*, 2010).

La clorofila es un indicador clave del estado fisiológico de un dosel forestal. Sin embargo, su distribución puede variar enormemente en el tiempo y el espacio, de modo que la estimación del contenido de clorofila a partir de los valores foliares obtenidos mediante muestreo destructivo es intensiva en mano de obra y potencialmente inexacta (Curran *et al.*, 1990).

La cantidad, calidad y duración de la luz y de la temperatura, así como la fecha y densidad de siembra, la humedad del suelo y la fertilización química, en particular el nitrógeno, afectan la concentración de clorofila, la formación de biomasa y el rendimiento. La clorofila es el pigmento fotosintético primario de las plantas que junto con el nitrógeno foliar varía con la radiación solar (Mendoza-Elos *et al.*, 2006).

En los estudios de vegetación, la información real sobre el contenido de clorofila o nitrógeno (N) del dosel, además de propiedades como el índice de área foliar, la biomasa y la fracción de radiación fotosintéticamente absorbida, es importante para entender el funcionamiento y estado de la planta. La fotosíntesis es uno de los procesos clave en las plantas que es responsable del balance de energía y carbono. La fotosíntesis se produce en los llamados centros de reacción que contienen clorofila. Puesto que N es un elemento clave en la clorofila y en las enzimas necesarias para la fotosíntesis, la escasez de N en las plantas dará como resultado una fotosíntesis no óptima (Clevers y Gitelson, 2013).

TELEDETECCIÓN Y SU RELACIÓN CON EL ESTADO NUTRIMENTAL DEL CULTIVO

La agricultura de precisión permite a los agricultores tener en cuenta la variabilidad espacial y temporal del campo para aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados. El análisis de variabilidad espacial y temporal identifica las áreas dentro de un campo que demuestran funcionamiento homogéneo de modo que el campo se pueda dividir en un número de las zonas que permanecen estables con el tiempo. El fertilizante nitrogenado se puede aplicar a una dosis apropiada para cada zona dada sus características (Basso *et al.*, 2015).

La percepción remota o teledetección es una técnica a través de la cual obtiene se información de un objeto sin estar en contacto físico con él, mediante los denominados sensores remotos (Araque y Jiménez, 2009). Esto es posible gracias a la relación sensor-cobertura, la cual en el caso de los barredores multiespectrales, se expresa a través de la llamada radiación electromagnética (CONAGUA, 2005).

Dado que la clorofila es el principal constituyente de la planta que determina la reflectancia en la región visible del espectro, las técnicas de teledetección óptica tienen un gran potencial para proporcionar información sobre la clorofila y el contenido de N del dosel (Clevers y Gitelson, 2013). La teledetección es una herramienta que tiene el potencial de evaluar el contenido de N en las escalas de hoja, planta, campo, regional y global (Schlemmer *et al.*, 2013).

Los datos de reflectancia espectral están inversamente relacionados con el nivel de clorofila foliar y se basan en la interacción que ocurre cuando la luz penetra en el tejido vegetal, donde se absorbe, se refleja desde la superficie o se transmite a través de la hoja (Mee *et al.*, 2017).

El conocimiento de la cantidad de clorofila en hoja de los vegetales es fundamental tanto en estudios forestales o agronómicos como ambientales. Por ello se han desarrollado distintos métodos para su estudio, tanto a nivel de hoja como por teledetección, proponiendo una gran variedad de índices que relacionan la reflectividad obtenida por sensores en distintas bandas (Haboudane *et al.*, 2008).

IMPORTANCIA DEL BORDE ROJO DEL ESPECTRO

El contenido de clorofila se relaciona positivamente con el punto de pendiente máxima en los espectros de reflectancia de vegetación que se produce a longitudes de onda entre 690-740 nm y se conoce como el "borde rojo"(Curran *et al.*, 1990). Chen *et al.* (2010) Confirmaron los hallazgos en la literatura, en donde observaron dos picos principales en la base de datos de maíz y trigo, el primer pico se localizó alrededor de 700 nm y el segundo se localizó entre 715 y 731 nm. En la Figura 1 se puede observar que la altura del primer pico aumentó relativamente al segundo pico a medida que la concentración de N de la planta disminuyó.

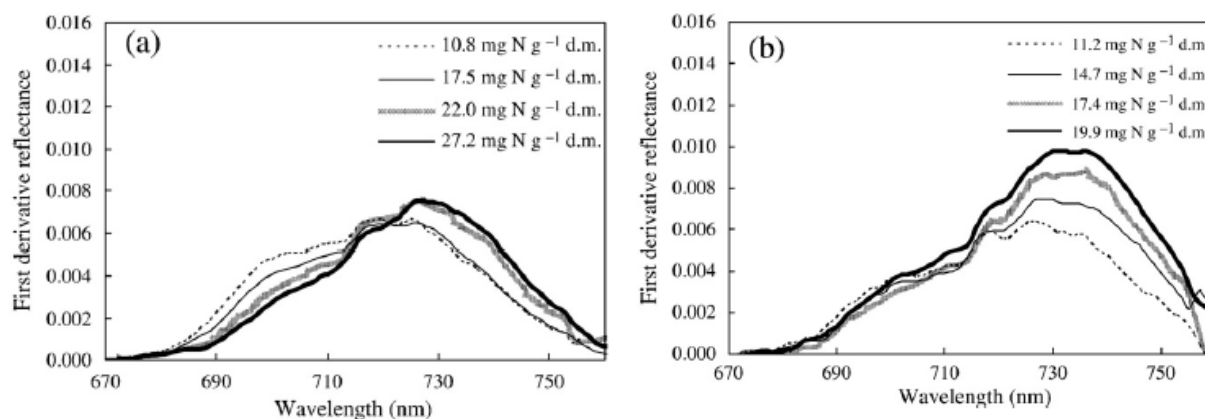


Figura 1. Curvas de la primera derivada de borde rojo para maíz y trigo. (A) Maíz con cuatro niveles de concentración de N de plantas: 10,8, 17,5, 22,0 y 27,2 mg de N g⁻¹ d.m. (B) Trigo con cuatro niveles de concentración de N de plantas: 11,2, 14,7, 17,4 y 19,9 mg N g⁻¹ d.m. (Chen *et al.*, 2010).

Se ha encontrado que el borde rojo, una región de transición de cambio rápido en la reflectancia foliar causada por la fuerte absorción de pigmentos en el espectro rojo y dispersión foliar en el espectro NIR, es sensible a la clorofila del dosel del cultivo y al estado N (Chang-Hua *et al.*, 2010).

ÍNDICES ESPECTRALES

El conocer la firma espectral de los cultivos nos ayuda a la medición en tiempo real de variables fisiológicas y nutrimentales, siendo de gran valor para la agricultura de precisión.

En las últimas décadas, se han propuesto muchos índices espectrales para estimar los parámetros de estado del nitrógeno del cultivo (N). Sin embargo, la mayoría de los índices basados en la radiación roja pierden su sensibilidad en condiciones de alta biomasa aérea (Li *et al.*, 2014).

Gitelson *et al.* (2005) desarrollaron un índice de clorofila de borde rojo (Clred edge), que predijo con éxito el contenido de clorofila del dosel de maíz y soja. Schlemmer *et al.* (2013) encontraron resultados óptimos en la estimación de nitrógeno en maíz y soja. Hatfield *et al.* (2008) concluyeron que los índices que utilizan bandas de borde rojo y NIR son más sensibles a los indicadores de N del dosel de maíz que los que usan bandas NIR y rojo.

Wu *et al.* (2008) observaron que una combinación de índices basados en el Índice de Absorción de Clorofila Modificada (MCARI), el Índice de Absorción de Clorofila Transformada en Reflectancia (TCARI) y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Optimizado que utilizan bandas NIR, bordes rojos y verdes, tales como MCARI / OSAVI y TCARI / OSAVI, estaban más

linealmente relacionados con el contenido de clorofila de maíz que los índices basados en bandas NIR, rojo y verde.

Li *et al.* (2014) encontraron que el mejor modelo para evaluar la concentración de N de plantas de maíz de verano en la etapa de crecimiento temprano (V6 y V7) se encontró con CCCI, ya que representa las fracciones de cobertura de suelo. Para estimar la absorción de N en esta etapa, los modelos basados en CCCI y MTCI fueron los mejores. Para la absorción de N en las etapas V10-V12 y V6-V12, todos los cuatro índices de borde rojo - CCCI, MTCI, NDRE y Clred edge - se comportaron de forma similar y constante mejor que NDVI y RVI. Basso *et al.* (2015) demostraron que los índices MTCI y CCCI son capaces de discriminar la respuesta de los cultivos a las tasas de fertilizantes N.

Schlemmer *et al.* (2013) Encontraron que el índice de clorofila verde Clgreen estima con precisión el contenido de N en maíz.

Chen *et al.* (2010) hicieron un estudio durante 4 años en diferentes etapas de crecimiento y 2 especies de cultivo (maíz y trigo), analizaron distintos índices espectrales y concluyeron que el mejor índice para estimar la concentración de N de maíz y planta de trigo en ese estudio fue el DCNI.

El satélite Sentinel-2 (S2) de la ESA, debido a sus características, en especial el contar con bandas en el borde rojo (B5 a 705 nm y B6 a 740 nm), representa una herramienta de gran utilidad para poder estimar un gran número de índices espectrales relacionados con el contenido de nitrógeno (Tabla 1).

Tabla 1. Índices espectrales relacionados con la estimación de nitrógeno en cultivos.

ÍNDICE	NOMBRE	ECUACIÓN	AUTOR
NDRE	Normalized difference red edge index	$(NIR - RE)/(NIR + RE)$ $(R790 - R720)/(R790 + R720)$	Fitzgerald et al. (2010)
CCCI	Canopy chlorophyll content index	$(NDRE - NDRE_{MIN})/(NDRE_{MAX} - NDRE_{MIN})$	Fitzgerald et al. (2010)
Clred edge	Red edge chlorophyll index	$NIR/RE - 1$ $R790/R720 - 1$	Gitelson et al. (2005)
MCARI/OSAVI	Modified chlorophyll absorption in reflectance index/Optimized soil-adjusted vegetation index	$\{[(RE - R) - 0.2*(RE - G)](RE/R)\}/[(1 + 0.16)(NIR - R)/(NIR + R + 0.16)]$ $\{[(R700 - R670) - 0.2*(R700 - R550)](R700/R670)\}/[(1 + 0.16)(R800 - R670)/(R800 + R670 + 0.16)]$	Haboudane et al. (2002)
MCARI/OSAVI RE	Red edge-based modified chlorophyll absorption in reflectance index/Optimized soil adjusted vegetation index	$\{[(NIR - RE) - 0.2*(NIR - G)](NIR/RE)\}/[(1 + 0.16)(NIR - RE)/(NIR + RE + 0.16)]$ $\{[(R750 - R705) - 0.2*(R750 - R550)](R750/R705)\}/[(1 + 0.16)(R750 - R705)/(R750 + R705 + 0.16)]$	Wu et al. (2008)
TCARI	Transformed chlorophyll	$3*[(RE - R) - 0.2*(RE - G)](RE/R)$	Haboudane et

	absorption in reflectance index	$3((R_{700}-R_{670})-0.2(R_{700}-R_{550}))(R_{700}/R_{670})$	al. (2002)
TCARI/OSAVI	Transformed chlorophyll absorption in reflectance index/Optimized soil-adjusted vegetation index	$3*[(RE - R) - 0.2*(RE - G)(RE/R)]/[(1 + 0.16)(NIR - R)/(NIR + R + 0.16)]$ $3*[(R_{700} - R_{670}) - 0.2*(R_{700} - R_{550})(R_{700}/R_{670})]/[(1 + 0.16)(R_{800} - R_{670})/(R_{800} + R_{670} + 0.16)]$	Haboudane et al. (2002)
TCARI/OSAVI RE	Red edge-based transformed chlorophyll absorption in reflectance index/Optimized soil adjusted vegetation index	$3*[(NIR - RE) - 0.2*(NIR - G)(NIR/RE)]/[(1 + 0.16)(NIR - RE)/(NIR + RE + 0.16)]$ $3*[(R_{750} - R_{705}) - 0.2*(R_{750} - R_{550})(R_{750}/R_{705})]/[(1 + 0.16)(R_{750} - R_{705})/(R_{750} + R_{705} + 0.16)]$	Wu et al. (2008)
MTCI	MERIS terrestrial chlorophyll index	$(NIR - RE)/(RE - R)$ $(R_{750} - R_{710})/(R_{710} - R_{680})$	Dash and Curran (2004)
GNDVI	Green normalized difference vegetation index	$(NIR - G)/(NIR + G)$ $(R_{790} - R_{550})/(R_{790} + R_{550})$	Gitelson and Merzlyak (1996)
MCARI	Modified chlorophyll absorption ratio index	$(RE-R-0.2$ $(R_{700}-R_{670})-0.2(R_{700}-R_{550}))(R_{700}/R_{670})$	Daughtry et al. (2000)
MCARI/MTVI2	Modified chlorophyll absorption in reflectance index index/Modified Triangular Vegetation Index	MCARI: $(R_{700}-R_{670})-0.2(R_{700}-R_{550}))(R_{700}/R_{670})$ MTVI2: $1.5(1.2(R_{800}-R_{550})-2.5(R_{670}-R_{550}))/$ $\text{sqrt}((2R_{800}+1)^2-$ $(6R_{800}-5\text{sqrt}(R_{670}))-0.5)$	Eitel et al. (2007)
Cgreen	Green chlorophyll index	$NIR/G-1$ $R_{790}/R_{550} - 1$	Gitelson et al. (2005)
NDVI	Normalized difference vegetation index	$(NIR - R)/(NIR + R)$ $(R_{790} - R_{670})/(R_{790} + R_{670})$	Rouse et al. (1974)
RVI	Ratio vegetation index	NIR/R R_{790}/R_{670}	Jordan (1969)
$V_{i\text{opt}}$	Optimal vegetation index	$(1+0.45)((R_{800})^2+1)/(R_{670}+0.45)$	Reyniers et al.(2006)

SATÉLITE SENTINEL 2

Las bandas de borde rojo que forman parte del satélite Sentinel-2 se han vuelto de gran utilidad para estimar el contenido de nitrógeno.

Características del Satélite Sentinel 2A

1. SENTINEL-2 es una misión de imágenes multispectrales de alta resolución y multi-espectro, que apoya los estudios de Monitoreo de Tierras de Copérnico (ESA, 2017).
2. Periodicidad de 10 días (Próximamente con el Sentinel 2B se podrá tener acceso a una imagen cada 5 días).
3. El instrumento multispectral (MSI) cuenta con 13 bandas espectrales que cubren la región del visible e infrarrojo cercano así como la infrarroja de onda corta, agregando dos nuevas bandas en la denominada región de borde rojo (Clevers y Gitelson, 2013).

Son altamente complementarias a los datos adquiridos por el Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) y Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM⁺).

4. Las bandas principales visible e infrarrojo cercano tienen una resolución espacial de 10 metros, mientras que sus bandas infrarrojas de "rojo-borde" (bandas roja e infrarroja cercana) y dos bandas infrarrojas de onda corta tienen una resolución espacial de 20 metros. Las bandas costeras / aerosol, vapor de agua y cirros tienen una resolución espacial de 60 metros (Tabla 2).
5. La colaboración entre la ESA (European Space Agency) y USGS (United States Geological Survey), proporciona acceso público y sin costo alguno.
6. Facilidad al descargar imágenes MSI de sistemas de acceso USGS como EarthExplorer, además del Hub de Datos Científicos de la ESA Sentinels.
7. Los usuarios deben esperar un cierto retraso antes de que los datos adquiridos de la ESA estén disponibles en los sistemas (USGS, 2017).

Tabla 2.- Especificaciones del Instrumento Multiespectral (MSI) en Sentinel 2A (ESA, 2017).

Banda	Resolución (metros)	Longitud de onda (nm)	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Descripción
B1	60	433-453	443	20	Coastal aerosol
B2	10	458-522	490	65	Blue
B3	10	543-577	560	35	Green
B4	10	650-680	665	30	Red
B5	20	698-712	705	15	Vegetation red edge
B6	20	733-747	740	15	Vegetation red edge
B7	20	773-793	783	20	Vegetation red edge
B8	10	784-899	842	115	NIR
B8a	20	855-875	865	20	Vegetation red edge
B9	60	935-955	940	20	Water vapour
B10	60	1360-1390	1375	30	SWIR-Cirrus
B11	20	1565-1655	1610	90	SWIR
B12	20	2100-2280	2190	180	SWIR

CONCLUSIONES

La creciente demanda de alimentos y la necesidad de optimizar el uso de fertilizantes nos llevan a hacer uso de las nuevas tecnologías, entre las cuales se encuentra el uso de sensores remotos como lo es el instrumento multiespectral instalado en el satélite Sentinel 2, el cual a diferencia de otros satélites de acceso libre tiene la característica de contar con bandas en el bordo rojo, dichas bandas son las indicadas para realizar índices relacionados con la deficiencia de nitrógeno.

Al realizar y calibrar los índices relacionados a la deficiencia de nitrógeno podemos satisfacer las necesidades del cultivo en tiempo y espacio, lo cual se reflejará en mayor rentabilidad y menor contaminación al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Araque T., Leonardo; Jiménez, Andrés. 2009. Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. *Revista Palmas*, v. 30, n. 3, p. 63-79.
- Basso, B., Fiorentino, C., Cammarano, D., & Schulthess, U. (2015). Variable rate nitrogen fertilizer response in wheat using remote sensing. *Precision Agriculture*. 17, 168-182.
- Chang-Hua JU, Yong-Chao TIAN, Xia YAO, Wei-Xing CAO, Yan ZHU, D. HANNAWAY. 2010. Estimating Leaf Chlorophyll Content Using Red Edge Parameters, *Pedosphere*, Volume 20, Issue 5, Pages 633-644.
- Chen, Pengfei., Haboudane, Driss., Tremblay, Nicolas., Wang, Jihua., Vigneault, Philippe. y Li, Baoguo. New spectral indicator assessing the efficiency of crop nitrogen treatment in corn and wheat. 2010. *Remote Sensing of Environment*. Volume 114. Issue 9. Pages 1987-1997.
- Clevers, J.G.P.W. y Gitelson A.A. 2013. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and -3, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 23, Pages 344-351
- CONAGUA. 2005. PERCEPCIÓN REMOTA "Fundamentos de Teledetección Espacial". Consultado en <http://siga.conagua.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>
- CURRAN, P. J., DUNGAN, J. L. and GHOLZ, H. L. 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. *Tree Physiology*, 7, 33-48.
- Dash, J., & Curran, P. J. (2004). The MERIS terrestrial chlorophyll index. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 5003-5013.
- Daughtry, C. S. T., Walthall, C. L., Kim, M. S., de Colstoun, E. B., & McMurtrey, J. E., III (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 74, 229-239.
- Eitel, J. U. H., Long, D. S., Gessler, P. E., & Smith, A. M. S. (2007). Using in-situ measurements to evaluate the new RapidEye™ satellite series for prediction of wheat nitrogen status. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 4183-4190.
- Fitzgerald, G., Rodriguez, D., O'Leary, G., 2010. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index – the canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Res.* 116, 318-324.
- Gitelson, A.A., Merzlyak, M.N., 1996. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. *J. Plant Physiol.* 148, 494-500.
- Gitelson, A.A., Viñna, A., Ciganda, V., Rundquist, D.C., Arkebauer, T.J., 2005. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. *Geophys. Res. Lett.* 32, L08403.1-L08403.4.
- Haboudane, D., Miller, J. R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P. J., & Dextraze, L. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 81, 416-426.
- Haboudane, D., Tremblay, N., Miller, J.R., Vigneault, P. 2008. Remote Estimation of Crop Chlorophyll Content Using Spectral Indices Derived From Hyperspectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing* 46, 423-437.
- Hansen, P. M., & Schjoerring, J. K. (2003). Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*, 86, 542-553.
- Hatfield, J.L., Gitelson, A.A., Schepers, J.S., Walthall, C.L., 2008. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. *Agron. J.* 100, 117-131.
- Jordan, C.F., 1969. Derivation of leaf-area index from quality of radiation on the forest floor. *Ecology* 50, 663-666.

- Li, Fei., Miao, Yuxin., Feng, Guohui., Yuan, Fei., Yue, Shanchao., Gao, Xiaowei., Liu, Yuqing., Liu, Bin., Ustin, Susan L. y Chen, Xinping. 2014. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices, *Field Crops Research*, Volume 157, Pages 111-123.
- Mee, C.Y., Balasundram, Siva., Mohd Hanif, A.H.. (2017). Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: A review. 16. 1-8.
- Mendoza-Elos, Mariano, Mosqueda-Villagómez, Carlos, Rangel-Lucio, José Antonio, López-Benítez, Alfonso, Rodríguez-Herrera, Sergio Alfredo, Latournerie-Moreno, Luis, & Moreno-Martinez, Ernesto. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura técnica en México*, 32(1), 89-99.
- Reyniers, M., Walvoort, D. J. J., & De Baardemaaker, J. (2006). A linear model to predict with a multi-spectral radiometer the amount of nitrogen in winter wheat. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 4159-4179.
- Rouse, J.W., Has, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Vol. 1, NASA, Washington, DC, pp. 309-317.
- Schlemmer M., A. Gitelson, J. Schepers, R. Ferguson, Y. Peng, J. Shanahan, et al., 2013. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 25, pp. 47-54.
- Schröder, J. J., Neeteson, J. J., Oenema, O., & Struik, P. C. (2000). Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, 66, 151-164.
- Science for a changing worlds (USGS). 2017. Remote Sensing. Sentinel-2 Multispectral Instrument (MSI). Consultado el 25 de julio del 2017 en <https://eros.usgs.gov/sentinel-2>.
- United Space in Europa (ESA). 2017. SENTINEL-2 MSI Introduction. Consultado el 25 de julio del 2017 en <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>.
- Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., Huang, W., 2008. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: modeling and validation. *Agric. Forest Meteorol.* 148, 1230-1241.

OPORTUNIDADES DE CONTROL BIOLÓGICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO (*Melanaphis sacchari*)

J. Refugio Lomeli-Flores; Esteban Rodríguez-Leyva, Héctor González-Hernández y Juan M. Vanegas-Rico

Colegio de Postgraduados. Km 36.5 carretera México-Texcoco, Campus Montecillo, Texcoco Edo. De México. jrlomelif@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench es un cultivo altamente productivo que se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales y tiene gran importancia como forraje y es la base de la industria de alimentos balanceados para diferentes tipos de ganado. De acuerdo con datos del SIAP (2016) en 2015 el cultivo del sorgo representó una superficie sembrada de más de 1.7 millones de hectáreas, con una producción anual superior a 5.2 millones de toneladas. Esta producción equivale a más de 15,000 millones de pesos (MN).

Aunque el cultivo tiene una rentabilidad relativamente baja, lo cierto es que requería de un mantenimiento y atención mínimos; casi se puede asegurar que tradicionalmente el manejo de plagas era inexistente. Sin embargo, con la llegada del pulgón amarillo del sorgo (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), a México esta situación cambió de manera drástica. Así, en los últimos 3 años, 2014-2016, los productores tuvieron la necesidad de aplicar grandes cantidades de insecticidas que probablemente ocasionaron un desequilibrio ambiental al eliminar enemigos naturales que favorecían el control de otras plagas en diversos cultivos de la región. El pulgón amarillo del sorgo alcanzó en poco tiempo, densidades poblacionales muy altas, por lo que este equilibrio se perdió; al menos la evidencia empírica está mostrando este fenómeno. Es probable que de no tomar las medidas precautorias, como el uso adecuado de los insecticidas para el control del PAS en México, se contribuya a retrasar el equilibrio deseado de las poblaciones de pulgones y enemigos naturales.

No hay duda que es necesario realizar acciones para mitigar los efectos negativos de esta plaga en México. Con la llegada del PAS a nuestro país, y los daños que ocasionó, muchos productores han dejado de sembrar este cultivo. Por ejemplo, en el estado de Guanajuato se presentó una reducción significativa de la superficie sembrada; así en 2016 sólo se sembraron alrededor de 89,000 ha de sorgo, comparado con más de 236,000 ha en 2015 (González-Domínguez, 2016). Esta reducción de producción de sorgo podría traer consecuencias graves a la economía del país no sólo a los productores, pero también a toda la cadena productiva. Además, México podría pasar de ser uno de los exportadores de este grano a ser un

importador.

Aunque se ha propuesto un manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo, la mayor parte de los productores continúan con la idea de solo utilizar control químico, esta táctica no es económicamente viable en un cultivo de baja tasa de retorno, además es altamente probable que, en una plaga con ciclo de vida tan corto (menor a una semana), en poco tiempo se seleccionen poblaciones resistentes. Considerando lo anterior, al parecer la única estrategia económica y técnicamente viable parece ser un manejo integrado donde el control biológico represente uno de los pilares. En este método de control se tienen tres estrategias; el control biológico aplicado tiene como principal estrategias la movilización de organismos benéficos desde el lugar de origen de la plaga, cuando esta es exótica, lo cual se considera como Control Biológico Clásico; el incremento de enemigos naturales que son reproducidos masivamente en laboratorios, conocido como Control Biológico por Aumento; y finalmente, reconociendo que todos los organismos vivos tienen al menos un agente de control natural, se pueden realizar actividades que permitan que la entomofauna nativa regule las poblaciones de la especie plaga, lo que se conoce como control Biológico por Conservación. En los siguientes párrafos exploraremos la factibilidad de utilizar cada una de estas estrategias en el manejo del pulgón amarillo del sorgo en México.

Control Biológico Clásico o por Introducción

El pulgón amarillo del sorgo se encuentra asociada a más de 20 especies hospedantes, todas ellas poaceas, y se distribuye casi en todo el mundo (Singh *et al.*, 2004). Su origen se asume asiático o de África y coloniza preferentemente a sorgo y caña de azúcar (Blackman y Eastop, 2015). Considerando la base teórica del CB Clásico se asume la búsqueda de enemigos naturales en su lugar de origen; sin embargo, la literatura señala que el pulgón amarillo del sorgo cuanta con más 45 especies de enemigos naturales, la mayoría de ellos depredadores de la familia Coccinellidae (Sing *et al.*, 2004). Pero antes de salir a buscar enemigos naturales de esta plaga en otras regiones del mundo es conveniente revisar lo que se tiene en el país, ya que un programa de control biológico clásico tardaría al menos unos cinco años con un costo aproximado de 10 millones de dólares. Debemos aprender de otros casos; por ejemplo, aunque se planteó la introducción de parasitoides exóticos para el control del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, no fue necesario concretar esta introducción ya que en forma natural se han observado al menos siete especies de parasitoides con un nivel de parasitismo superiores al 70% (Bautista-Martínez *et al.*, 1998) que de forma natural ayudan a la regulación de esta plaga. Otro caso a tomar en cuenta es el del pulgón café de los cítricos,

Toxoptera citricida (Kirkaldy), originario de Asia. Su manejo se realizó con liberaciones de la catarinita asiática *Harmonia axyridis* (Pallas), y a pesar de la liberación de más de 18 millones de adultos, solo en la Península de Yucatán, se desconoce el impacto de dicha acción por falta de seguimiento y evaluación (López-Arroyo et al., 2008), y a más de 15 años de la introducción de esta plaga a México se observa una importante comunidad de enemigos naturales en todas las regiones citrícolas que mantienen las poblaciones de *T. citricida* a niveles manejables.

En México, durante una visita a Matamoros, Tamaulipas, se detectaron, como enemigos naturales nativos del pulgón amarillo del sorgo, al menos siete especies de catarinitas (*Cycloneda sanguínea* (L.), *Hippodamia convergens* Guerin, *Diomus terminatus* Say, *Olla v-nigrum* Mulsant, *Coccinella septempunctata* L., *Coleomegilla maculata* (Mulsant) y *Harmonia axyridis* (Pallas)); dos de crisopas (*Chrysoperla* spp.) y dos de parasitoides (*Aphelinus* sp. y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson)) (datos no publicados); mientras que en Guanajuato se han detectado cinco especies de Coccinellidae (*Symnus loewii* Mulsant; *Symnus* sp., *H. axyridis*, *H. convergens*, *Olla v-nigrum*; *C. sanguínea*), 2 especies de Chrysopidae (*Chrysoperla carnea* (Stephens); *Chrysoperla* sp.) y tres de Syrphidae (*Allograpta* sp.; 2 spp no identificadas) dentro de la cuales *H. convergens* representó más del 90% de los depredadores observados; así mismo, se detectó un porcentaje de parasitismo superior al 60% en varios puntos de un predio visitado en Salamanca atribuible a *Aphidius* sp. Considerando la amplia distribución de estas especies, seguramente estas mismas están presentes en otras regiones productoras de sorgo del país. Este numeroso arsenal de enemigos naturales y la alta abundancia observada en algunos predios, dan indicios que no es necesaria la importación de una gente de control biológico exótico.

Control Biológico por aumento o incremento

En México se cuenta con 53 Laboratorios Reproductores y Comercializadores de Agentes de Control Biológico (Arredondo-Bernal 2016). Aunque no se tiene cría de todas las especies relacionadas con el PAS, se tiene la hipótesis de que si se libera una de las especies que se produce comercialmente en al menos 18 laboratorios de México (*C. carnea*) se puede lograr un control, lo que disminuirá el número de aplicaciones de insecticidas, y con ello permitirá que el resto de las especies de enemigos naturales nativos puedan llegar al cultivo y contribuir a regular naturalmente al pulgón amarillo del sorgo, siempre y cuando las liberaciones se realicen de forma sistemática en las primeras etapas del cultivo.

En los últimos dos años los productores de Tamaulipas y Sinaloa han señalado resultados

favorables con la liberación de *C. carnea* (resultados presentados en la reunión nacional sobre Pulgón Amarillo del Sorgo, efectuada en León, Gto., la primer semana de noviembre de 2015) y el gobierno federal ha adoptado esta estrategia como uno de los pilares en la Campaña Nacional contra el PAS (SENASICA, 2016), y se tenían programada, para 2016, la liberación de huevos de crisoperla en 198,488 hectáreas y para septiembre de este año ya se tenía un avance de más de 98 mil hectáreas tratadas (Román-Vázquez, 2016). Sin embargo, en Guanajuato, esta alternativa no ha sido exitosa, adicionalmente se ha observado que *C. carnea* no es la especie de depredador más abundante en las zonas donde se han realizado monitoreos de enemigos naturales e incluso no ha sido reportada a *C. carnea* consumiendo al PAS de manera natural (Singh et al. 2004). Por otro lado, las liberaciones de crisópidos se han realizado de manera empírica y no había un estudio formal y sistemático que permita determinar si en realidad las liberaciones de *C. carnea* son el factor clave en la disminución de poblaciones de esta plaga.

Para resolver esta inquietud se realizó un estudio efecto de liberaciones inundativas de huevos de *C. carnea* en tres municipios de Guanajuato (Lomeli-Flores et al., 2016). Se realizaron cinco liberaciones de huevos de crisoperla a razón de 2 mL de huevos (10 mil huevos) por hectárea cada quince días. De las muestras, conservadas para control de calidad, se determinó que la especie liberada era *Chrysoperla carnea* y el porcentaje de eclosión fue superior al 90%.

A pesar de las liberaciones de crisoperla se notó un incremento de las poblaciones del PAS casi en la misma intensidad en las parcelas con liberaciones de crisoperla en relación a las del testigo regional. A pesar de las liberaciones de crisoperla no se notó diferencia en la incidencia de PAS entre las parcelas con y sin liberación. Adicionalmente, los muestreos de enemigos naturales permitieron observar que los crisópidos fueron los organismos menos abundantes en el cultivo de sorgo, no superando en la mayoría de las fechas el 0.1 individuo por panta; incluso después de haber realizado tres liberaciones de huevos de *C. carnea* no se observó ninguna larva de este depredador en las colonias del PAS.

Estos resultados sugieren que la liberación de *Chrysoperla carnea*, al menos bajo las condiciones ambientales y agroecológicas de los tres municipios donde se trabajó y considerando la metodología de liberación señalada arriba, no fue un factor que permitiera la disminución de las poblaciones del pulgón amarillo del sorgo.

Por otro lado, aunque existen otros entomófagos disponibles comercialmente como lo son: *H. convergens*, *C. sanguinea* el costo de estos organismos es muy alto para un cultivo como sorgo que tiene un precio medio rural por tonelada de \$2,981.77 pesos y un rendimiento de tan solo 3.16 toneladas por hectárea (SIAP, 2016). Solo por dar un ejemplo el millar de *H. convergens* en

2007 fue de 11 dólares según el catálogo de precios de Rincon-Vitova. Aunado a lo anterior, cabe señalar que en recorridos de campo se ha encontrado que de forma natural en algunos predios de Guanajuato se presentan poblaciones superiores a 10 mil adultos de coccinélidos por hectárea en sorgo de grano y que la dosis de liberación recomendada por algunos comercializadores de agentes de control biológico es de 100 adultos por hectárea.

Finalmente el uso de parasitoides como *Aphidius colemani* (Vierik) no ha resultado en campo, datos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (comunicación personal) señalan que la liberación de altas dosis de este parasitoide no ha logrado bajar los niveles poblacionales de *M. sacchari*. Recientemente Tomanovic y sus colaboradores (2014) señalaron que *A. colemani* en realidad es un complejo de especies que solo con estudios moleculares y morfológicos finos se puede separar. El uso de estos parasitoides requiere que en primera instancia se realicen estudios que permitan reconocer las especies presentes en México y desarrollar programas de cría masiva para poder ofrecer esta alternativa a los productores. Aunque actualmente se tiene una cría experimental en los laboratorios de Organismos Benéficos para la Agricultura S.A. de C.V. (<http://oba.mx>) de parasitoides obtenidos directamente de *M. sacchari*, aún faltan estudios de laboratorio y campo para probar su potencial y determinar la relación costo-beneficio del uso de estos organismos en programas de liberación masiva.

Control Biológico por conservación

Como ya se mencionó arriba, existe una gran diversidad de enemigos naturales del PAC en las diferentes regiones de México, por lo que es importante promover su conservación a largo plazo utilizando metodologías y ejemplos que han sido exitosos en otros cultivos en control de áfidos; por ejemplo, uso de plantas proveedoras de polen y néctar para depredadores y parasitoides adultos; aplicación de compuestos atrayentes y/o alimenticios para los enemigos naturales; favorecer hospedantes/presas alternativas que no sean perjudiciales para el cultivo pero que permitan la permanencia de enemigos naturales en etapas tempranas; además de promover el uso racional de insecticidas selectivos contra la plaga y de bajo impacto contra enemigos naturales (DeBach y Rosen, 1991; Altieri, 1992; Barbosa, 2003).

En Guanajuato, en el mismo periodo que se señaló en el apartado de CB por Aumento se establecieron parcelas donde se permitió el libre crecimiento de plantas nativas en surcos intercalados al cultivo (Lomeli-Flores et al., 2016). Al comparar la dinámica poblacional del PAS entre las parcelas con plantas intercaladas y el testigo regional, se observó que en dos de las localidades no hubo diferencia clara entre estos; sin embargo, en Valle de Santiago la diferencia

si fue muy notoria ya que en la parcela con plantas intercaladas la población máxima del PAS no superó los 150 pulgones por planta mientras que en el testigo regional, a pesar de una aplicación de Imidacloprid, se presentaron poblaciones cercanas a los 400 pulgones por planta. Por otro lado, al comparar el porcentaje de plantas con presencia de PAS, en todas las localidades se observó una mayor incidencia de PAS al inicio del cultivo en las parcelas con plantas intercaladas pero en las últimas fechas la disminución de PAS fue mucho más rápida en estas parcelas.

Al comparar las dinámicas del total de enemigos naturales en ambas parcelas se observó que desde las primeras fechas de muestreo se detectaron enemigos naturales del PAS; aunque en general no se presentaron más de un entomófago por planta, en algunas fechas se registraron en promedio cerca de dos entomófagos por planta, esto equivale a cerca de medio millón de depredadores por hectárea.

Los muestreos con trampas amarillas y redeo permitieron identificar la presencia de 15 especies de depredadores incluyendo 6 especies de Coccinellidae, 4 de Syrphidae, 3 de Chrysopidae, una de tijerilla y una de mosca camaemida; y solo una especie de parasitoide (*Aphidius* sp.). *Hippodamia convergens* fue la especie más abundante en las tres localidades. La especie de sirfido más abundante en las tres localidades fue *Toxomerus politus* con más del 17% de los ejemplares colectados; y de las tres especies de crisopas *C. carnea* fue la más abundante, pero nunca superó el 10% de los ejemplares colectados (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Abundancia de enemigos naturales del pulgón amarillo del sorgo detectados por redeo en tres localidades de Guanajuato en el ciclo junio a octubre de 2016.

FAMILIA/ESPECIE	CORTAZAR	VALLE DE SANTIAGO	VILLAGRÁN
COCCINELLIDAE			
<i>Hippodamia convergen</i>	224	486	192
<i>Scymnus loewi</i>	7	373	4
<i>Harmonia axyridis</i>	173	86	42
<i>Olla v-nigrum</i>	2	59	2
<i>Cycloneda sanguinea</i>	6	2	10
<i>Scymnus sp.</i>	5	7	1
SYRPHIDAE			
<i>Toxomerus politus</i>	122	85	75
<i>Toxomerus marginatus</i>	10	33	4
<i>Allograpta exotica</i>	16	32	3
<i>Allograpta obliqua</i>	22	23	14

CHRYSOPIDAE			
<i>Chrysoperla carnea</i>	6	8	39
<i>Chrysoperla rufilabris</i>	0	2	0
<i>Chrysoperla comanche</i>	0	1	0
CHAMAEMYIIDAE			
<i>Leucopis</i> sp.	2	0	0
FORFICULIDAE			
<i>Doru taeniata</i>	70	10	19
BRACONDIAE (Parasitoides)			
<i>Aphidius</i> sp.	13	51	30
TOTAL	678	1258	435

Al comparar los lotes con y sin presencia de plantas intercaladas, nuevamente con el método de redeo, solo en Valle de Santiago se vio un marcado efecto de esta práctica en la abundancia de enemigos naturales, ya que en los lotes de CB por conservación se presentó un incremento substancial de coccinélidos en los lotes con presencia de plantas intercaladas que fue casi tres veces lo encontrado en los lotes del testigo regional. Aunque los entomófagos se presentan desde un inicio del cultivo, desafortunadamente las máximas densidades nuevamente se detectan al final del cultivo cuando las poblaciones del PAS ya van en descenso. Los resultados de este experimento sugieren que el incrementar la diversidad vegetal se presenta una menor incidencia de PAS e incluso se presentan poblaciones más bajas; sin embargo, los resultados no son concluyentes y se requieren más estudios de campo para poder transferirse esta tecnología a los productores.

CONCLUSIÓN

Por lo señalado arriba de las tres estrategias mencionadas, solo el CB por aumento y el CB por conservación podrían ser alternativas en el manejo del PAS en México. Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con trabajos en campo que permitan definir con claridad (a) si la liberación de crisopas bajo el sistema recomendado por los productores de este organismos benéfico, es una alternativa real en el manejo del PAS, ya que falta evaluar otras cepas de esta especies y otras especies comercialmente disponibles; y (b) que estrategias de control biológico por conservación se deben incorporar para favorecer la presencia de enemigos naturales del PAS en México.

LITERATURA CITADA

- Altieri M.A., 1992. Biodiversidad, Agroecología y Manejo de Plagas. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo, CETAL Ediciones, Chile.
- Arredondo-Bernal, H.C. 2015. Directorio de Laboratorios Reproductores y Comercializadores de Agentes de Control Biológico.. [file:///C:/Users/Cuco/Downloads/DIRECTORIO_LRACB2016\(2\).pdf](file:///C:/Users/Cuco/Downloads/DIRECTORIO_LRACB2016(2).pdf). Obtenido de la Red Mundial el 5 de noviembre de 2016
- Barbosa, P., 2003. Conservation Biological Control. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Bautista-Martínez, N., J.L. Carrillo-Sánchez, H. Bravo-Mojicaand and S.D. Koch, 1998. Natural parasitism of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) at Cuitlahuac, Veracruz, Mexico. Fla. Entomol. 81: 30–37.
- DeBach, P., and D. Rosen, 1991. Biological control by natural enemies. 2ª Ed. Cambridge University Press, USA.
- González-Domínguez, J. L. 2016. Grandes aprendizajes en la producción de sorgo. <http://www.inforural.com.mx/grandes-aprendizajes-la-produccion-sorgo/>. Accesado el 1 de marzo de 2016.
- Lomeli-Flores, J.R., E. Rodríguez-Leyva, H. González-Hernández, y J. M. Vanegas-Rico. 2016. Evaluaciones y recomendaciones para el uso extensivo de depredadores en el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Pp 54-72. In: Yáñez-López. R. (Editor). Memoria del simposio “Avances en la investigación en el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Fundación Guanajuato Produce A.C., Celaya Gto., México.
- López-Arroyo, J.I., J. Loera-Gallardo, M.A. Rocha-Peña, R. Canales, I. Hernández, M. A. Reyes, A. Berlanga y M.A. Miranda. 2008. Pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* (Hemiptera: Aphididae). pp 279-292. In: Arredondo-Bernal, H. C. y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds). Casos de control biológico en México. México, D. F. 423 p.
- Román-Vázquez, 2016. Informe No 9 de acciones operativas. Manejo fitosanitario del sorgo. Disponible en línea en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159524/9_SEPTIEMBRE.pdf. Accesado el 26 de noviembre de 2016.
- SENASICA, 2016. Pulgón amarillo del sorgo. Introducción de la Campaña. Disponible en línea en: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/pulgon-amarillo-del-sorgo>. Accesado el 26 de noviembre de 2016.
- SIAP. 2016. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en línea en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>. Accesado el 5 de noviembre de 2016.
- Singh, B.U., Padmaj, P.G., Seetharama, N. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae). In sorghum: a review. Crop Protection, 23: 739-755.
- Tomanovic, Z., A. Ptrovic, M. Mitrovic, N.G. Kavallieratos, P.Stary, E. Rakhshani. M. Rakhshanipour, A. Popovic, A.H. Shukshuk y A. Ivanovic. 2014. Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). Bulletin of Entomological Research, 104:552-565.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO, SOBRE EL MANEJO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE NUEZ PECANERA.

Dr. Angel Lagarda Murrieta*

Investigador en Fruticultura, UAAAN- UL
e-mail: lagarda82@yahoo.com.mx

INTRODUCCION

La producción de nuez en México se ha desarrollado como un cultivo frutal para las regiones de riego, en especial aquellas localizadas en la región del 'BOLSON DE MAPIMÍ' donde se ubican los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango principales productores de nuez en nuestro país.

Las primeras plantaciones de nogal pecanero en esta región datan de antes de 1947. Con poca información técnica existente en aquella época, a nivel local y en el extranjero, se sabe que se plantaron huertas pequeñas con un gran número de variedades debido a la falta de conocimientos específicos sobre los requerimientos de clima para el desarrollo del nogal en México.

Las variedades que se introdujeron hasta la década de los 70s tuvieron origen en los estados de Texas y New Mexico, materiales como: Mahan, Delmas, Halbert, Bradley, Moore, Squirrel Delight, Elliot, Desirable, Burkett, San Saba, Schley, Western Schley, Wichita, Barton, Success, Stuart y otras.

Variedades. En un principio se justificaba la introducción de tantas variedades para seleccionar con el tiempo los materiales con mejor adaptación; lo anterior tomó un período de casi 30 años para definir que con las variedades Western, Wichita y Choctaw o Sioux cubren los requerimientos de polinización bajo las condiciones ambientales del Bolsón de Mapimí.

La selección de variedades con buena adaptación mejoró a los sistemas productivos de nuez, debido a que disminuyó el riesgo de producción baja, alrededor de 20 %; se garantizó una mayor producción estable con menor alternancia y menores costos de producción, por efecto de nutrición y control de plagas y enfermedades. (Lagarda 1998, Sparks *et al.*, 1995).

Densidades de Plantación. En las primeras plantaciones se utilizaron densidades de plantación que fluctuaban desde los 10x10, a 15x15, considerando que el nogal es una especie de recuperación económica lenta y con esa base se trataron de establecer densidades de plantación intensivas; sin embargo, hasta la década de los 70s existía el concepto de no control del tamaño del árbol, por lo que se consideraba que la explotación de la huerta se debía

maximizar combinando variedades prolíficas y precoces ,consideradas como temporales (Chickasaw ,Cherokee y Shoshoni), las cuales se van eliminando conforme los árboles alcanzan el tamaño que les corresponde en el transcurrir de los primeros 10 años después de la plantación y se intercalaban con las variedades permanentes (Western y Wichita) ,las cuales se arreglaban en un diseño de plantación de 15x15 a 20x20 que alcanzaría la huerta después de 20 años de plantada.(Brisson, 1974)

El criterio de eliminar árboles conforme se van juntando en la huerta tomó popularidad durante los años 80s en nuestro país como consecuencia de las recomendaciones para los sistemas de producción de nuez en el estado de Texas. (Malstrom, 1978)

Durante los años 80s se iniciaron trabajos de poda en las nogaleras adultas, con el fin de controlar el tamaño de los árboles empleando principalmente la poda en seto, la cual controló el tamaño de los árboles pero solo tuvo éxito durante los siguientes 5 años después de la poda.

Trabajos sobre poda de aclareo de ramas en árboles adultos se realizaron durante los 80s y los 90s, tanto en México como en Luisiana, USA, con resultados muy positivos sobre la conservación de la calidad de la nuez y la producción por lo que en la actualidad los productores de nuez, en México aplican ésta práctica en lugar de eliminar árboles, ya que resulta más económica y adecuada para las necesidades de producción de nuez en nuestro país.

Finalmente, la tendencia de las densidades de plantación para los nogales del futuro, es aplicar los conceptos de control del tamaño de los árboles con poda dirigida, para plantar 200 a más árboles por hectárea, con el propósito de disminuir riesgos de producción por baja calidad, germinación de nuez, costos de maquinaria y otros. (Lagarda, 2002; Worley 1998).

Requerimientos de agua. Los criterios de riego en las primeras plantaciones de nogal eran muy empíricos, ya que consistía en dar un riego por mes durante la época de crecimiento (marzo – agosto) y 3 riegos mas durante el descanso con lo cual se completaban 9 riegos por inundación con aproximadamente 162mm por año.

La investigación en nogal de la Comarca Lagunera, aportó desde los años 80s el período crítico para la aplicación del agua de riego es la época de crecimiento (marzo – septiembre), período durante el cual se evaporan alrededor de 140mm.

La aplicación del agua de riego debe ser para proporcionar dicha cantidad de agua, con los métodos de riego que se seleccionen y en la medida que se reduce la cantidad aplicada, se afecta la capacidad productiva de los árboles (Godoy 2002).

La tendencia de la aplicación del agua de riego en la actualidad es hacia la eliminación de las pérdidas de agua por conducción y aprovechar el agua como medio para la aplicación de

fertilizantes y otros agroquímicos (mejoradores de suelos, insecticidas, fungicidas y lavados de suelo) para con ello reducir costos y mantener el sistema en condiciones de producción óptima. (Figuerola, *et al.*, 2002).

Nutrición de los nogales. La fertilización de los nogales ha sido una práctica que se aplica desde las primeras plantaciones; sin embargo, en ésta época el criterio de la fertilización tenía mucha influencia de los cultivos anuales como el algodón ya que prácticamente se fertilizaba al nogal con la misma formula de éste cultivo.

Los estudios de nutrición en nogal realizados en los 70's aportaron como resultado las concentraciones de los diferentes nutrimentos requeridos por el follaje del nogal y del cual se desprenden las necesidades de fertilización de los árboles:

La investigación realizada en nogal sobre nutrición, ha definido que se requieren 100 Kg de Nitrógeno / 1000 Kg. de nuez producida / año.

Los requerimientos de fertilización con fósforo en nogal son erráticos en respuestas de rendimiento (Chavez *et al.*, 2002). El nogal requiere de fertilización foliar para suplir las necesidades de Zinc en especial, para lo cual se ha desarrollado el período de aplicación foliar (abril – junio) y los productos con los cuales se corrige; actualmente se buscan substitutos de fertilización foliar, que corrijan la deficiencia de zinc, con aplicaciones competitivas dirigidas al suelo.

La investigación en nogal ha determinado que en algunos lugares con suelos con alto contenido de calcio, (Norte de Coah. y Parras Coah.) Se requiere la fertilización foliar con manganeso para complementar la nutrición de los nogales.

Plagas y enfermedades. Una característica interesante en el cultivo del nogal es que la mayoría de los insectos plaga que lo atacan son de carácter obligado, es decir, que solo atacan al nogal y por tanto su control es mas predecible por estar ligado a la Fenología misma del árbol.

La presencia de enfermedades del follaje en los nogales cultivados en la región del 'Bolsón de Mapimí ha sido preocupación el controlarlas, para ello, durante los primeros 30 años de cultivo del nogal se aplicaron fungicidas de 3 – 5 aplicaciones para controlar la roña del nogal. Durante los años 80s se comprobó que dicho hongo no tiene condiciones ambientales para su desarrollo, por lo que las aplicaciones para su control fueron anuladas; reduciendo notablemente los costos de producción de la nuez iniciando un movimiento hacia la descontaminación química de la producción de nuez, que es la bandera de la sustentabilidad de la industria nogalera del norte de México.

La evolución de las plagas del nogal ha sido un tanto diferente respecto a las enfermedades, sin embargo, han seguido un comportamiento lógico, al observarse que el número de especies

plaga, han ido en aumento desde los años 50s a la actualidad. Con la aportación de la investigación, se ha logrado desarrollar metodologías de control integrado de las principales plagas del nogal que mantienen a un mínimo el uso de agroquímicos sin riesgos mayores para la producción.

Las plagas importantes hasta los 70s fueron los Pulgones amarillos y negros, requiriéndose para su control de 3 – 4 aplicaciones en el ciclo o una aplicación de Temik al suelo.

Actualmente con los resultados de la investigación sabemos que la integración de prácticas de control biológico son suficientes para el control del Pulgón amarillo; con la consecuente reducción de los costos de producción y una menor contaminación ambiental.

Durante la década de los 80s se reportó por primera vez la presencia del Barrenador de la nuez en la Comarca Lagunera, la cual fue introducida con la importación de arbolitos para plantación. Posteriormente durante los 90s se reportó la presencia del barrenador del ruezno en La Comarca Lagunera, plaga que ya existía en las nogaleras de la rivera del Río Nazas y cuya diseminación se favoreció con la introducción de árboles y el movimiento libre de la cosecha de la nuez (Nava y Delgado 2002).

En el caso del control del gusano barrenador de la nuez, se ha definido y validado, la metodología para pronosticar la emergencia de las larvas de la primera generación, que es la mas destructiva comercialmente.

Mediante la integración de las diferentes tácticas de control contra el barrenador de la nuez y del ruezno, se ha determinado que con 2.5 aplicaciones promedio son suficientes para controlar comercialmente las plagas del nogal a escala regional.

El desarrollo de tecnología de producción de nogal en La Comarca Lagunera, contempla la integración de las diversas prácticas, tales como los riegos a través de sistemas presurizados, con el fin de reducir las pérdidas por conducción y abasteciendo las necesidades de agua en función de la evado-transpiración del nogal .

Abastecimiento de nutrimentos basados en un diagnóstico nutrimental y aplicados a través del agua de riego.

Control integrado de plagas basados en pronósticos de emergencia y mantenimiento de las poblaciones de insectos benéficos, para mejorar la eficiencia de control y mejorar la ecología de las huertas.

Manejo del suelo el mantenimiento de la oxigenación del suelo de las huertas, mediante el establecimiento de coberteras vegetales y estercoladuras, que reduzcan el impacto del tráfico de la maquinaria.

Conservación de la salinidad del suelo a niveles de producción óptima.

Finalmente, considerar en las plantaciones del futuro altas densidades (100 a 270 arboles / Ha.) mediante el control del tamaño del árbol, basados en el criterio del índice de área foliar, con lo que se reduce la germinación de la nuez, se mantiene el rendimiento alto y de calidad, con costos mas bajos; Para conservar la competitividad productiva del cultivo y con ello mejorar la sustentabilidad nogalera, con reducida contaminación ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Arreola Avila J.G., A. Lagarda Murrieta y M.C. Medina Morales 2002. Fenología. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP.
- Brison, F.R.1974. Planting pecan orchards. Pecan Culture. Capital Printing. Austin Texas. P. 164.
- Chávez González J.F., Medina Morales M.C. y Figueroa Viramontes U. 2002 Fertilización del nogal. Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP.
- Godoy Avila C. 2002. Métodos y técnicas de riego. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP.
- Figueroa Viramontes U., Medina Morales M.C. y Chavez González J.F. 2002. Manejo del suelo. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP.
- González C.,G. 1996. Los sistemas de labranza y la distribución de humedad en huertas de nogal pecanero. Inf. Inv.1995 1996. INIFAP. CENID – RASPA.
- Lagarda M. A. 2002. La germinación prematura de la nuez pecanera. Memoria. Simposio Internacional del nogal pecanero. Hillo. Son. P. 55 – 66.
- Lagarda M. A., M.D.C. Medina M. Y J. Arreola A.1998. Productive performance of 14 pecan cultivars in the arid zone of the north of Mexico. Third Nacional pecan workshop proceedings. Pecan Industry: Current situation and future challenges. USDA.p. 194-200.
- Malstrom, H. L. , G.D. Madden y M. W. Kilby 1978. Pecan Cultivars pollinators and rootstocks for western districts. The Pecan Quarterly. 12(4) : 4 – 11.
- Nava Camberos U. Y Ramírez Delgado M. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP.
- Sparks, D., W. Reid, I., E.Yates, M.W. Smith and T.G. Stevenson.1995. Fruiting stress induces shuck and premature germination in pecan. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(1):43 – 53.
- Worley, R.E.1998. Pecan tree spacing and tree size. Pecan Husbandry: Challenges and opportunities. Georgia USDA. – ARS.pp.143 – 151.

SECCIÓN
DE
CARTELES

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRODUCCIÓN DE SORGO GRANO DE LA VARIEDAD NK – 180 BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Rafael Avila-Cisneros *, Juan Leonardo Rocha-Valdez, Anselmo González-Torres, Alfredo Ogaz, Ramiro González–Avalos

Profesores e Investigadores del CA-UAAAN-34 de la UAAAN-UL. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N, Col. Valle Verde Torreón Coahuila México.

Autor para correspondencia: rafael.avila@uaaan.mx

INTRODUCCIÓN

El sorgo grano es uno de los cultivos básicos que requiere la actividad ganadera por ser uno de los alimentos que proporcionan diferencia en la forma de generar el balanceo de raciones tan necesarias para que los hatos ganaderos de libre pastoreo y; principalmente para las explotaciones pecuarias cuya función es la engorda de bovinos y en otros la producción de leche. Con éste grano se generan complementos alimenticios de calidad energética que permiten en menor tiempo generar rentabilidad en giro agropecuario de negocios y/o de complemento de sus ingresos para los productores del sector social. Desde esa expectativa y resaltando lo que mencionan organismos de impacto internacional es menester resaltar la importancia nutricional del sorgo grano por sus altos contenidos de almidón y proteínas. Vargas (2009) menciona que el almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos en el sorgo; la digestibilidad del almidón en el grano del cereal determina el contenido energético disponible; donde el contenido medio de almidones del sorgo es del 69.5%; donde del 70-80 % es el almidón amilo pectina y el otro % restante es amilasa. El segundo gran constituyente del grano de sorgo son las proteínas tan importantes para cubrir las necesidades corpóreas de nitrógeno y de los aminoácidos esenciales para los seres vivos.

El contexto mundial que tiene que ver con la importancia de las actividades primarias y en particular con las actividades ganaderas se ha plasmado en cantidades tal vez no cuantificables de documentos escritos, pero una autoridad en la materia es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en uno de sus reportes menciona que el ganado representa el 40% del valor mundial de la producción agrícola y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi 1000 millones de personas en el mundo. El sector pecuario impulsado por el incremento de los ingresos y apoyado por los cambios tecnológicos y estructurales, es uno de los segmentos de crecimiento más rápido de la economía agrícola. En el ámbito mundial el ganado aporta el 15% de la energía alimentaria total y el 25% de las proteínas de la dieta (FAO, 2009) .Bajo

este entorno es muy importante que sigamos realizando investigación tendiente a generar alimento para el ganado que conjuntamente con los forrajes permitan cubrir la demanda de proteína a nivel mundial.

Relacionado con entorno nacional de la actividad pecuaria; García-Winder (2011) en un reporte del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) nos menciona que “ En el contexto nacional es menester decir que durante los últimos 15 años, el sector ganadero en México ha crecido a un ritmo aproximado del 4% anual, contribuyendo de manera acumulada entre el 21 y el 24% del PIB agrícola nacional. Éste crecimiento se ha visto impulsado principalmente por el dinamismo de la demanda interna. La actividad ganadera en el país ocupa aproximadamente 110 millones de hectáreas y de ellas dependen aproximadamente 4.2 millones de empleos directos y cerca de 13 millones de empleos indirectos”. Estas 110 millones de hectáreas que se encargan de dar alimento a el inventario ganadero nacional; y por lo general son cultivadas mediante agricultura convencional en detrimento de la calidad de suelo que año con año es explotado.

¿Pero en números que países son los que por su producción de sorgo tienden a aparecer en el contexto mundial?; para contestar esta interrogante nos basamos en la información de dependencias oficiales del sector agropecuario que nos dice: “La producción mundial del sorgo esta principalmente centralizada en 5 países, EU. (20%), Nigeria (13%), India (11%), México (10.5%) y Sudán (9%) entre estos 5 acaparan casi el 63% de la producción mundial, tanto India como Nigeria destinan toda la producción para la satisfacción del Mercado Nacional. No muy lejos se encuentran países como China, Brasil, Argentina (SAGARPA, 2005).

En México se producen alrededor de 6 millones de toneladas de sorgo grano al año y se importan 2.5 millones, lo que refleja la importancia económica del cultivo y la oportunidad de negocio que existe ante la demanda insatisfecha de granos forrajeros por la industria pecuaria. La producción nacional se concentra en seis estados principalmente Tamaulipas que participa con 37 %, Guanajuato con 25 %, Sinaloa con 10%, Michoacán con 8%, Nayarit con 5% y Morelos con 3%. Las bondades del sorgo son excepcionales con respecto a otros cultivos, ya que para producirlo se requiere de poca agua. En condiciones de riego alcanza altos rendimientos y el paquete tecnológico es de baja inversión, se dispone de insumos y servicios para su producción (El Economista, 2009).

Especial mención nos merece la producción de éste grano de características energéticas para lo que es La Comarca Lagunera; y lo que la misma representa en el medio nacional

relacionada con la actividad agropecuaria; para esta región el sorgo grano juega un papel muy importante como complemento alimenticio en las dietas que se les proporciona a los diferentes tipos de ganado que se explotan en las diferentes sub áreas de La Laguna en Coahuila y Durango. El Siglo de Torreón (2015); menciona que el sorgo grano logró en el año 2014 las siguientes producciones tipificado en los diferentes métodos de riego: En riego por gravedad se logró un producción de 1,674 toneladas, en riego por bombeo fue una producción 645 toneladas, en riego de temporal su producción fue 1,398 toneladas logrando una producción total en el año 2015 del orden de 3,717 toneladas con un valor de \$10, 400,008 pesos es decir en precio por tonelada del sorgo grano se cotizo en promedio en 2,800 pesos por tonelada.

Sin embargo en el 2016 la producción antes mencionada disminuyó significativamente Siglo de Torreón/ (2016); menciona que bajo el sistema por gravedad se cosecharon 105 toneladas, en el sistema de riego por bombeo 205 toneladas; y en el sistemas de temporal se incrementó significativamente a 4,559 toneladas, sumando en conjunto una producción total de 4,869 toneladas aportando en el año mencionado al valor de la producción aproximadamente \$11,981 000 pesos; es decir en el año 2016 el precio por tonelada se cotizó en 2,460 pesos por tonelada.

Es decir La Comarca Lagunera no está exenta del gran déficit nacional que relacionado con la producción de sorgo grano se tiene. Es interés de éste grupo investigativo que las necesidades de alimentación del inventario nacional y regional de los diferentes tipos de ganado que hay; sean criados bajo estándares de producción sustentable; por lo que el trabajo que se presenta relacionado con el sorgo grano de la variedad NK – 180; incursiona ya con técnicas de agricultura de conservación; pues este tipo de producción tiene sus ventajas comparativas relacionándola con la agricultura tradicional; entre ellas podemos mencionar las virtudes más remarcadas.

Hay tres criterios interrelacionados que distinguen la agricultura de conservación con un sistema de agricultura convencional. Labranza reducida o cero, cobertura permanente del suelo; y rotación de cultivos. La biomasa producida por el sistema se mantiene sobre la superficie del suelo y sirve como protección física del mismo; y como un substrato de la fauna del suelo. De esta forma la mineralización se reduce y la materia orgánica del suelo se mantiene o aumenta. La cobertura vegetal sobre la superficie del suelo crea un ambiente más húmedo que favorece la actividad de los organismos del suelo. El mayor número de lombrices, termitas, hormigas y ciempiés combinado con una mayor densidad de las raíces de las plantas da lugar a poros del suelo más grandes y por lo tanto se favorece la infiltración del agua (Hernández-Lara et al.,

2002) .La agricultura de conservación es la combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad de suelo a través de tres principios técnicos básicos: no alterar el suelo de forma mecánica, cobertura permanente del suelo (especialmente con rastrojos y cultivos de cobertura) y ; selección juiciosa para la rotación de cultivos. Estos sistemas muestran que cuando la calidad del suelo mejora, se logra aumentar la producción agrícola y disminuyen los efectos de la erosión del suelo.

Las experiencias que tienen que ver con la producción de cultivos básicos utilizando agricultura de conservación y labranza de conservación coinciden en incrementos de producción y en la disminución de costos de los mismos pues como lo menciona Carranco (2010) en un estudio bajo agricultura de conservación realizado en San Luis Potosí se logró apreciar una sensible disminución de los costos de producción, principalmente en lo que concierne a la preparación del suelo en donde se genera un ahorro de hasta un 30%. Relacionado con la producción de maíz utilizando agricultura de conservación en El Ébano San Luis Potosí se generó un rendimiento de 2.83 toneladas por hectárea superior a San Vicente San Luis Potosí que registro una producción de 2.4 toneladas por hectárea utilizando el sistema de producción convencional. Por lo anterior señalado y de acuerdo a las experiencias favorables sobre la agricultura de conservación se plantearon los siguientes objetivos:

Evaluar la variedad de sorgo grano NK-180 bajo el sistema de producción de agricultura de conservación potencializado con fertilización de composta.

Comparar características de altura de planta, el grosor del tallo y el tamaño de la espiga del sorgo grano NK-180 producido en La Comarca Lagunera bajo los sistemas de conservación y agricultura convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

A) Ubicación geográfica del trabajo experimental

La Comarca Lagunera se localiza entre los paralelos (25° 42' y 24° 48' N) y los meridianos (103° 31' y 102° 58' O) teniendo una altura de 1, 139 MSNM, localizada en la parte suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas (INEGI, 2009).

B) Localización del experimento

El experimento se realizó durante el ciclo de Primavera-Verano del 2016 en el campo experimental de San Antonio de los Bravos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, México.

C) Condiciones experimentales.

Con la finalidad de realizar el análisis de los datos de las plantas del experimento y de las plantas testigo se utilizó como instrumento de medición la estadística descriptiva para la media aritmética y la desviación estándar; y como instrumento de validación se utilizó la *t* de student en la comparación de medias con un error del 5% y una confiabilidad del 95%. Las condiciones ambientales fueron en promedio de 25 a 30° C

D) Material vegetativo.

Para esta investigación se utilizó el híbrido de sorgo grano NK-180 de ciclo precoz de la compañía (Syngenta®).

E) Preparación del terreno de agricultura de conservación:

- 1.- Se realizó el bordeado del área para el riego de pre siembra; sosteniendo las condiciones del surcado anterior que fue basado en los requerimientos del frijol de temporal
- 2.- a los 8 días de riego de pre siembra se realizó la labor cultural del sub soleo sobre la parte alta de los surcos con la finalidad de no dañar la estructura original donde se encontraba parte del tallo y los sistemas radiculares del cultivo anterior
- 3.- Se procedió a la siembra del sorgo grano con una profundidad promedio de 8 a 10 cm

En el área del experimento con agricultura de conservación, anteriormente se había trabajado con frijol dejando los residuos

F) Preparación del terreno de agricultura tradicional.

- 1.-Se realizó el barbecho con la finalidad de exponer a la intemperie las partes enterradas del suelo
- 2.-.Se procedió hacer el trazo por melgas para el riego por superficie
- 3.-Se realizó el rastreo con la finalidad de ablandar la capa 0 - 30 del suelo arable
- 4.- Se procedió a sembrar aproximadamente a los 9 días del riego de pre siembra

G) Siembra.

Para las dos sistemas de agricultura, La siembra de realizo el 17 de junio del 2016, la densidad de siembra fue de 3 semillas por cada 20 cm, teniendo 15 semillas en promedio por metro lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 podemos encontrar el resumen del análisis de los datos relacionados con la variable altura de planta. Podemos observar que a favor del método de agricultura de

conservación se generó una mayor altura; es decir encontramos diferencia estadística significativa en la comparación de medias de la longitud de las plantas.

Cuadro 1. Análisis de la altura de plantas de sorgo NK-180

Agricultura de conservación (EXPERIMENTO)	Agricultura tradicional (TESTIGO)
Media aritmética = 93.58 cm	Media aritmética = 85.96
Desviación estándar = 8.94	Desviación estándar = 7.68
N=12	N= 13
$T_c = 2.28 > T_o = 1.7139$	Hay diferencia estadística significativa entre los grupos de plantas comparadas.

Relacionado con el Cuadro 2, donde la variable dependiente tamaño de la espiga del grupo de plantas muestreadas no se encontró diferencia estadística significativa favorable a la agricultura de conservación ambos grupos de plantas presentaron en promedio espigas de la misma longitud pero hay que mencionar los más de dos centímetros a favor de las espigas de la agricultura tradicional.

Cuadro 2: Análisis del tamaño de la espiga.

Agricultura de conservación (EXPERIMENTO)	Agricultura tradicional (TESTIGO)
Media aritmética = 17.91 cm	Media aritmética = 19.69 cm
Desviación Estándar = 2.82	Desviación Estándar = 2.41
N=12	N= 13
$T_c = -1.83 < T_o = 1.7139$	No hay diferencia estadística significativa entre los grupos de plantas comparadas.

En el Cuadro 3, finalmente se muestra el análisis del diámetro del tallo al inicio del sistema radicular. El grosor del mismo juega un papel muy importante por la presencia de tolveneras en La Comarca Lagunera; un buen soporte de tallo puede ser la diferencia entre una planta con un desarrollo armónico o un acostamiento de la planta. Al igual que en la característica anterior no se presentó diferencia estadística significativa; es decir la t calculada fue menor a la t observada.

Cuadro 3: Análisis del grosor del tallo en la parte inferior de la planta.

Agricultura de conservación (EXPERIMENTO)	Agricultura tradicional (TESTIGO)
Media aritmética = 1.31 cm	Media aritmética = 1.32 cm
Desviación Estándar = 0.32	Desviación Estándar = 0.25
N=12	N= 13
Tc= -0.019 < To =1.7139	No hay diferencia estadística significativa entre los grupos de plantas comparadas.

Lo que sí es pertinente mencionar es que el área de cultivo donde se empleó el método tradicional era un terreno “descansado” es decir ahí en los tres últimos años no se había establecido cultivo solo existía la hojarasca normal de malas hierbas; a partir de esas condiciones de terreno se generó el riego de pre siembra y el sub-soleo para la posterior siembra. Mención por separado merece el no tener el dato de producción de grano la causa; una parvada de cotorra serrana mañana tras mañana se alimentaba de las espigas totales. Para el siguiente ciclo se pondrá más atención en lo que no queremos llamar plaga; pero que actuó como tal.

CONCLUSIONES

La experiencia investigativa con el sorgo grano NK – 180 generó como resultados una confirmación del porqué la agricultura convencional o tradicional tiene bajo su manto una forma centenaria de producir alimentos pues en las características de tamaño de la espiga y del grosor del tallo generó medidas de tendencia central un poco mayores que los resultados obtenidos bajo agricultura de conservación; solamente generó resultados a su favor en lo concerniente al tamaño de planta es decir; solo en esa característica la agricultura de conservación presentó diferencia estadística significativa. En lo relativo a los objetivos planteados podemos concluir que fueron cubiertos solo de manera parcial; pues al menos en éste experimento la agricultura de conservación no se comportó mejor que la agricultura convencional.

BIBLIOGRAFÍA

- Carranco A.J.C. 2010. Producción de soya, sorgo y maíz bajo agricultura de conservación. Programa de elaboración de casos de éxito de innovación en el sector agroalimentario. Editado por Fundación PRODUCE S.L.P. México. Consultado el 03 de Marzo de 2016 en: www.siac.org.mx/17%20%SLP%20agricultura%20%conservación.pdf
- El economista .2009. El sorgo grano lleo para quedarse. Consulta: 30 mayo 2017. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/notas-impreso/columnas/agro-negocios/2009/10/28/sorgo-grano-llego-para-quedarse>.
- El Siglo de Torreón. 2015. Resumen económico y compendio noticiosos Edición anual. 01 de enero del 2016. [www. el siglo de torreon.com.mx](http://www.el siglo de torreon.com.mx)
- El Siglo de Torreón. 2016. Resumen económico y noticias. Edición anual. 01 de enero del 2017. www. el siglo de Torreon.com.mx .SAGARPA-CL/ el siglo de torreón. 2016. Resumen económico y noticias 2016. Edición anual. 01 de enero del 2017. www. El siglo de torreon.com.mx.
- FAO .2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Parte I; la ganadería a examen. FAO; viale delle terme di coracalla, 00153 Roma Italia. Consultado el 31 de Marzo de 2015 en: <http://www.fao.org.br/download/io680s.pdf>
- García-Winder M. 2011. La ganadería en México; su contribución a la seguridad alimentaria. IICA, ponencia en la reunión de la Academia Mexicana de Ciencias en México D.F. Consultado el 31 de marzo de 2015 en: cisnex.amc.edu.mx/congreso/ciencias_naturales/agrociencia/soberanía-alimentaria.pdf
- INEGI, 2009. Información general de La Comarca Lagunera. En: www.comarcalagunera.com/portal/laguna/comarca.pdf
- Hernández-Lara O., Cintra-Arencia M., Claro A., Sánchez-Arce I., Rodríguez-Aguilar Y., Oliva-Collazo R., López-Martínez N., Linares-Jiménez T., Ceballos-Prevost D., San Lois D. y Velázquez Leiva C. 2002. Manual de agricultura de conservación. FAO/Instituto de suelos de MINAG. Proyecto TCP/CUB/3002. Guantánamo-Guaso, Cuba.
- SAGARPA. 2005. Sistema producto sorgo del Estado de Chiapas. Disponible en: http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/sorgopr.pdf
- Vargas. V. G. 2009. Producción y comercialización de sorgo grano en México y el estado de Puebla: caso DDR. Izúcar de Matamoros. Monografía. UAAAN-Licenciatura. Buenavista Saltillo Coahuila México.

COMPORTAMIENTO DE LA ALFALFA (*Medicago sativa* L.) DE PRIMER AÑO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA vs FERTILIZACIÓN SINTÉTICA

Alejandro Moreno-Reséndez^{*†*}, Jesús Enrique Cantú-Brito[♥], José Luis Reyes Carrillo^{†*}, Luis Gerardo Yáñez-Chávez[♦] y Ramiro Ávalos González[♥]

^{*}Integrante de la Red Académica de Innovación en Alimentos y Agricultura Sustentable (RAIAAS) – Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila de Zaragoza – Comunidad de Instituciones de Educación Superior de la Laguna (COECYT-CIESLAG), México

[♥]Profesor – Investigador con Perfil PRODEP. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna.

[♦]Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. km 38.5 Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez. 35230 Bermejillo, Durango. México.

[†]Integrante del Cuerpo Académico de Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) de la UAAAN. Clave: UAAAN-CA-14.

^{*}Autor por correspondencia, correo electrónico: alejamorsa@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera está considerada como una de las regiones de mayor importancia en producción de leche en México, esta producción se basa principalmente en la explotación intensiva de forrajes entre ellos alfalfa, maíz y sorgo, con los cuales se generan las raciones requeridas por el ganado lechero (Espinoza *et al.*, 2009). En esta región la superficie de siembra del cultivo de alfalfa, durante el año 2016, fue de 17,926 ha (SIAP, 2017).

En la Comarca Lagunera uno de los principales problemas que inciden en la producción de forrajes es la baja fertilidad de sus suelos, la cual en gran parte ha sido provocada por la sobre explotación de éstos (Salazar *et al.*, 2007). Adicionalmente, el establecimiento de forrajes para satisfacer la demanda de alimento para el ganado, ha sido considerada como una causa que ha agravado el deterioro del medio ambiente, particularmente el recurso hídrico, por la sobreexplotación de los acuíferos, lo que tiene como consecuencia mayor desertificación, en esta región (Muro-Pérez *et al.*, 2012). Como complemento, se ha destacado que el empleo de fertilizantes sintéticos, de alta solubilidad, además de costosos, tiende a contaminar el ambiente (Capulín *et al.*, 2011). Para combatir lo anterior, dentro de las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, la incorporación de abonos orgánicos es esencial, ya que resulta insoslayable que la materia orgánica, además de ser el soporte básico para la vida en los suelos, puede mejorar su potencial productivo (Sánchez *et al.*, 2011).

En diversas publicaciones se ha resaltado que la aplicación de fuentes alternativas de fertilizantes, como los abonos orgánicos, favorece la actividad y la cantidad de la biomasa microbiana del suelo, logrando beneficios significativos sobre su fertilidad, por lo tanto éstos han sido considerados como alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los

fertilizantes sintéticos (del Pino *et al.*, 2008; Álvarez *et al.*, 2010). En relación a lo anterior, Salas-Pérez *et al.* (2010) establecieron que la producción de maíz forrajero hidropónico fertilizado con té de compost fue similar en rendimiento y calidad nutrimental a lo obtenido con la fertilización inorgánica, excepto en contenido de FDA, y concluyeron que es factible la utilización del té de compost como sustituto de la fertilización sintética durante el desarrollo de este cultivo forrajero. Por su parte, Lestingi *et al.*, (2009) determinaron que los composts, elaborados a partir de residuos orgánicos municipales y de orujos de oliva ofrecen la posibilidad de reducir la aplicación de fertilizantes minerales y los costos de producción sin afectar el rendimiento del cultivo de alfalfa. Por lo anteriormente descrito, y dado el interés por conocer el efecto del Acadian Suelo [ACADIAN SEAPLANTS MEXICANA, S.A. DE C.V. ®], como fertilizante orgánico líquido, obtenido a partir de extractos de algas marinas, se propuso evaluar el efecto de este producto sobre producción de forraje verde y seco en el cultivo de alfalfa de primer año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote experimental, de 52 ha, se localizó en la pequeña propiedad “Tablas Frías (aproximadamente a 2.5 km de la carretera “Ejido Granada-Ejido Solís”, Mpio. de Matamoros, Coahuila. La siembra de la alfalfa se realizó el mes de diciembre de 2014, empleando semillas de la variedad CUF-101 (Semillas San Francisco®), en un terreno recién desmontado y su preparación y fertilización se realizó de acuerdo a las recomendaciones formuladas por SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA (2000) y el período de evaluación de junio – diciembre de 2015. Los tratamientos evaluados fueron: T1 = Acadian suelo, 1.0 L•ha⁻¹, a la siembra a través del riego de auxilio [aplicación que se repitió seis ocasiones al momento de los riegos de auxilio, 10 a 12 días después de cada corte, (cuadro 1)] y T2 = Testigo comercial [A la siembra se aplicó la dosis 50-100-00, usando Urea (46-0-0) y Superfosfato triple de calcio (0-46-0)]. El Acadian Suelo es una formulación especialmente diseñada para aplicaciones al suelo (pH 7.8-8.2 y con certificación OMRI y BSC).

Para estimar el rendimiento de forraje verde y seco se realizó el siguiente procedimiento: dentro de cada lote donde se aplicaron los tratamientos, T1 y T2, se seleccionaron al azar diez puntos de muestreo, en cada punto se colocó un cuadrante de forma rectangular, de 0.3216 m², y se cosecharon todas las plantas ubicadas dentro de éste, a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo, y se registró el peso de forraje en verde. De cada una de estas muestras se obtuvieron 300 g de forraje, se colocaron en bolsas de papel estraza, debidamente registradas, y en una hielera portátil se trasladaron al laboratorio donde colocaron dentro de una estufa de aire

forzado a 75 °C, durante un período de 24 h y al concluir este tiempo se registraron los datos de peso seco. Tanto con el peso fresco [materia verde (MV)] como el peso seco de la muestras se determinaron los valores de forraje en verde y seco [materia seca (MS)] por hectárea. Este procedimiento se repitió para cada uno de los seis cortes realizados, cuyos rangos entre cortes fue de 28 a 35 días (cuadro 1). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos y 10 repeticiones. Los análisis estadísticos se efectuaron aplicando ANDEVA y separación de medias con la prueba $DMS_{0.05}$.

Cuadro 1. Calendario de cortes y riegos de la alfalfa de primer año utilizado en la aplicación de Acadian Suelo vs fertilización comercial en la Comarca Lagunera.

Fechas (Año 2015)	Cortes y riegos de alfalfa	No de riegos y cortes
26 de junio	Corte sin evaluación	
06 de julio	Riego + Acadian suelo	1
26 de julio	Corte para evaluación	1
06 de agosto	Lluvia + Acadian suelo	2
19 de agosto	Corte para evaluación	2
26 de agosto	Riego + Acadian suelo	3
11 de septiembre	Corte para evaluación	3
25 y 26 septiembre	Riego + Acadian Suelo	4
12 de octubre	Corte para evaluación	4
12 de octubre	Corte para evaluación	4
23 y 24 octubre	Riego + Acadian suelo	5
19 de noviembre	Corte para evaluación	5
5 y 6 de diciembre	Riego + Acadian suelo	6
22 de diciembre	Corte para evaluación	6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para el rendimiento en materia verde (MV) para las primeras seis evaluaciones en campo en la alfalfa de primer año, se muestran en el cuadro 2, encontrando que existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.002$), registrando una diferencia mínima significativa (DMS) de 1.155 Mg ha^{-1} siendo el promedio del rendimiento por corte de MV en el T1 de 13.66 ± 1.073 y del T2 de $11.17 \pm 1.145 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

De los resultados obtenidos para esta variable en los seis cortes, el mayor rendimiento se determinó en el primer corte, con $18.315 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el T1, mientras que en el T2 fue de $15.905 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y el rendimiento más bajo se obtuvo en el sexto corte en el mes de diciembre con $10.681 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, en el T1, mientras que en el T2 fue de $9.828 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, observándose en los demás cortes una mayor consistencia, lo anterior, se pudo deber a la época del año y las temperaturas fueron elevadas durante la prueba, teniéndose una disminución severa de temperatura hasta fines de diciembre en donde se presentó la primera helada de la temporada (26 de diciembre de 2015) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Resultados obtenidos del rendimiento de materia verde de forraje de alfalfa de primer año, tratada con Acadian suelo vs fertilización comercial en la Comarca Lagunera, 2015.

No. de corte	Rendimiento de Materia Verde	
	T1	T2
1	18.315	15.905
2	11.716	9.628
3	13.946	12.118
4	13.961	12.182
5	13.371	8.675
6	10.681	8.514
Promedio=	13.665a	11.170b
DMS=	1.155	

DMS (P <0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales.

Cuadro 3. Reporte de temperaturas del Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coah., (la estación climatológica más cercana al lote experimental) período junio a diciembre 2015.

Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
Junio	30.06	21.14	25.21
Julio	30.42	22.64	26.11
Agosto	35.02	21.50	28.71
Septiembre	33.42	19.78	27.25
Octubre	30.33	15.93	23.30
Noviembre	28.14	11.96	19.95
Diciembre	23.97	6.25	15.02

En la figura 1, se muestran el rendimiento acumulado de MV de alfalfa de primer año, de los seis cortes, en los cuales existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.002$), en la cual se puede observar el efecto del T1, obteniéndose un rendimiento de $81.99 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que en el T2 se reportó un rendimiento de VD de $67.22 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ existiendo una diferencia de $14.97 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo que representa un 18 % mayor en relación al T2. Lo anterior concuerda por lo reportado por Fimbres-Fontes y Navarrete-Miranda (2010), quienes obtuvieron rangos de rendimiento de 57.02 a $139.49 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con eficiencias de utilización del agua de 0.96 a $1.07 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, en 12 cortes de alfalfa. También Morales-Ayala *et al.*, (2006) reportaron un promedio anual de producción de MV de alfalfa para México de $52.2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Sin embargo, las estadísticas nacionales sobre rendimiento de MV en los estados de Sonora, Durango, Coahuila y Puebla reportan un promedio de rendimiento de $75.2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MV (SIACON, 2013).

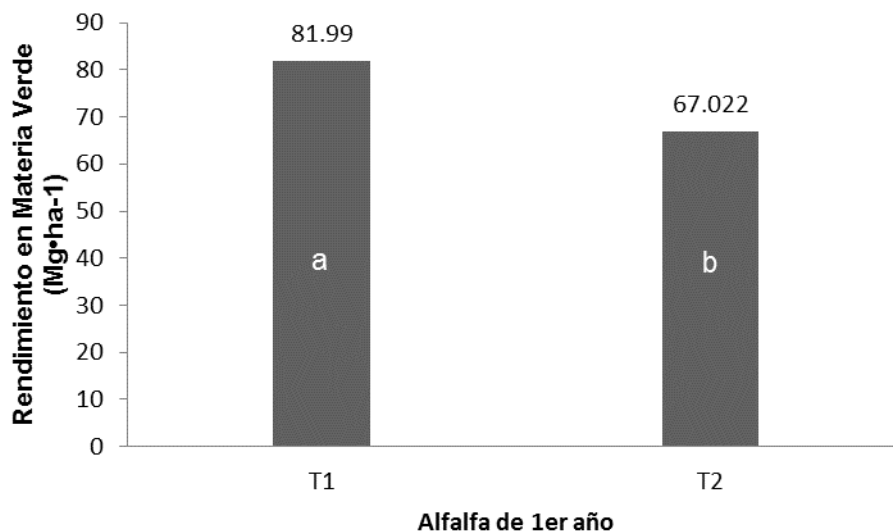


Figura 1. Rendimiento acumulado de seis cortes de materia verde del cultivo de alfalfa, de primer año, tratada con Acadian suelo vs fertilización comercial 2015. DMS (P <0.05). Barras con las mismas letras son estadísticamente iguales.

Los resultados obtenidos para el rendimiento en MS, en las seis evaluaciones en campo, en alfalfa de primer año, se presentan en el cuadro 4, registrándose diferencias altamente significativas (P<0.004) debido a los tratamientos, mostrando una DMS de 0.30 Mg·ha⁻¹ siendo el promedio por corte del rendimiento de MS del T1 de 2.804±0.159 y del T2 de 2.325±0.157 Mg·ha⁻¹.

Cuadro 4. Características del rendimiento de materia seca de forraje de alfalfa tratada con Acadian suelo vs Testigo comercial en alfalfa de primer año. Comarca Lagunera, 2015.

No. de corte	Rendimiento de Materia Seca	
	Tratado	No tratado
1	3.807	3.446
2	2.925	2.442
3	2.741	2.108
4	2.534	1.982
5	2.880	2.195
6	1.938	1.80
Promedio=	2.804a	2.325b
DMS=	0.300	

DMS (P <0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales.

Al respecto, Morales-Ayala *et al.* (2006) reportaron rangos de producción de MS entre 3.92 y 4.41 Mg·ha⁻¹ por corte, utilizando ferti-irrigación en 14 variedades de alfalfa, ligeramente superiores que los obtenidos en este estudio. También Vázquez-Vázquez *et al.* (2010), en un estudio sobre rendimiento y valor nutritivo de alfalfa con diferentes dosis de estiércol de bovino

reportaron un rendimiento por corte con el mejor tratamiento de $4.0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS. Los resultados obtenidos muestran valores de rendimiento superiores a los reportados por Godoy-Ávila *et al.* (2003), quienes obtuvieron en promedio $3.7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la misma región de estudio. De igual forma, Rivas-Jacobo *et al.* (2005), realizaron una evaluación de cinco variedades de alfalfa en Montecillos, Estado de México, encontrando rendimientos promedio por corte de entre 2.12 y $3.75 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS.

Igualmente, los resultados obtenidos en este estudio presentaron similitudes en los rendimientos obtenidos por Haki *et al.* (2016), quienes evaluaron el impacto de diferentes fertilizantes químicos y orgánicos durante 8 años sobre el rendimiento de alfalfa, registrando diferencias significativas entre los tratamientos, existiendo un efecto más visible en el quinto corte. Terrazas-Prieto *et al.*, (2012), al evaluar 11 variedades de alfalfa en diferentes regiones de Chihuahua, México, reportaron rendimientos de forraje por corte de MS en rangos de $2.0 - 3.7$, $1.3-3.7$, $1.3-3.0$, 1.7 a 3.1 y 1.8 a $3.3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre, respectivamente, rendimientos muy similares a los obtenidos en cada uno de los cortes en este estudio. Otros autores como Montemurro *et al.* (2013) soportan que la aplicación de fertilizantes orgánicos (dos tipos de composts) pueden incrementar los rendimientos de peso seco de alfalfa en 20.85 y 16.51% comparados con el testigo. En la figura 2, se reportan los acumulados del rendimiento de MS de los seis cortes, y se determinó que el T1 tuvo un efecto altamente significativo sobre la producción de MS con $16.82 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, estas diferencias representaron un 20% de mayor rendimiento en el T1 vs el T2, con lo que se resalta el impacto de la aplicación del Acadian suelo.

Por su parte, Urbano y Dávila (2003), reportaron rendimientos de $16.774 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS en alfalfa bajo corte de 11 variedades en el primer año, el cual resultó ser similar al valor registrado en la presente evaluación. También, reportes de estudios realizados por Fimbres-Fontes y Navarrete-Miranda (2010), concuerdan con lo obtenido en este estudio en donde obtuvieron rangos de rendimiento de MS entre 10.28 hasta $23.86 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con eficiencias de utilización del agua de 0.96 a 1.07 kg m^{-3} , en doce cortes de alfalfa.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos, como el Acadian suelo, favoreció la obtención de un mayor rendimiento tanto en MV como MS en alfalfa de primer año. Para poder establecer un panorama concluyente se hace necesario continuar evaluando estos productos, con otras variables y realizar el análisis económico.

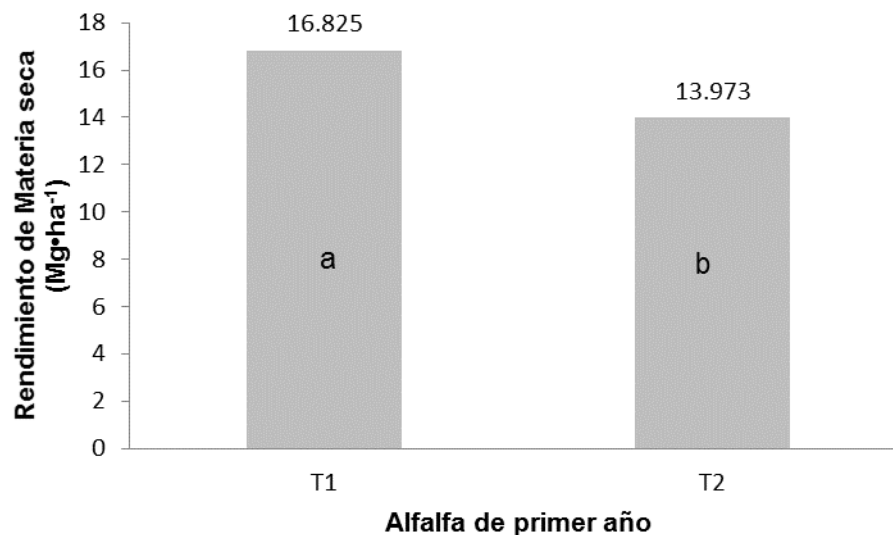


Figura 2. Rendimiento acumulado de MS, de seis cortes del cultivo de la alfalfa, de primer año, tratada con Acadian suelo vs fertilización comercial 2015. DMS ($P < 0.05$). Barras con las mismas letras son estadísticamente iguales.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez S., J.D.; Gómez V., D.A.; León M., N.S. & Gutiérrez M., F.A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. 44(5): 575-586.
- Capulín G., J.; Mohedano C., L.; Sandoval E., M. y Capulín V., J. C. 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(2): 105-114.
- del Pino, A.; Repetto, C.; Mori, C. y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 26: 43-52.
- Espinoza A., J.J.; Salinas G., H.; Orona C., I. y Palomo R., M. 2009. Planeación de la investigación de la INIFAP en la Comarca Lagunera en base a la situación de mercado de los principales productos agrícolas de la región. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 13(24): 758-773.
- Fimbres-Fontes, A. y Navarrete-Miranda, J. R. 2010. Efecto del agua y nitrógeno en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo riego por goteo. *BIOTecnia*. 12(1): 36-43.
- Godoy-Ávila, C.; Pérez-Gutiérrez, A.; Torres-E., C. E.; Hermosillo-Salazar, L. J. y Reyes-Juárez, I. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 37: 107-115.
- Hakl J.; Kunzová, E. and Konečná J. 2016. Impact of long-term organic and mineral fertilization on lucerne forage yield over an 8-year period. *Plant Soil Environ*. 62: 36-41.
- Lestingi, A.; Bovera, F.; Piccolo, V.; Convertini, G. and Montemurro, F. 2009. Effects of compost organic amendments on chemical composition and in vitro digestibility of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Ital. J. Anim. Sci*. 8: 201-209.
- Morales-Ayala, J.; Jiménez-Victoria, J. L.; Velasco-Velasco, V. A.; Villegas-Aparicio, Y.; Enríquez-del-Valle, J. R. y Hernández-Garay, A. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Téc. Pecu. Méx.* 44:277-288
- Muro-Pérez, G.; Sánchez-Salas, J.; Alba-Ávila, J.A. 2012. Desarrollo agroindustrial: reseña y perspectiva en la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 11(1): 1-7.
- Rivas-Jacobo, M. A.; López-Castañeda, C.; Hernández-Garay, A.; Pérez-Pérez, J. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.) *Técnica Pecuaria México* 43: 79-92.
- Salas-Pérez, L.; Preciado-Rangel, P.; Esparza-Rivera, J.R.; Álvarez R., V. de P.; Palomo-Gil, A.; Rodríguez-Dimas, N. y Márquez-Hernández, C. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*. 28(4): 355-360.

- Salazar S., E.; H. I. Trejo E., C. Vázquez V. y López, M., J.D. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *ΦΥΤΟΝ*. 76: 169-185.
- Sánchez, S.; Hernández, M. y Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*. 34(4): 375-392.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional del Norte Centro - Campo Experimental La Laguna (SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA). 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro Técnico No. 2. México. 109 p. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1938/produccionyutilizaciondelaalfalfaenlazonanortedemexico.pdf?sequence=1>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Otoño-Invierno - 2016. URL: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do. Fecha de consulta: 26 de julio de 2017.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). 2013. SIAP-SAGARPA. http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428. Fecha de consulta: Julio 30, 2014.
- Terrazas-Prieto, J. G.; Mendoza-Sosa, R.; Durón-Tarín, A. y Echávez-Valverde, E. 2012. Rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de Delicias, Chihuahua. Publicación especial No. 19. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Campo Agrícola Experimental Delicias. Cd. Delicias, Chihuahua, México. 56 p. Disponible en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3833/CIRNOC_010207203_900040290.pdf?sequence=1
- Urbano D. y Dávila, C. 2003. Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 20(1): 97-107.
- Vázquez-Vázquez, C.; García-Hernández, J. L.; Salazar-Sosa, E.; Murillo-Amador, B.; Orona-Castillo, I.; Zúñiga-Tarango, R.; Rueda-Puente, E. O. y Preciado-Rangel P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1 (4): 363-372.

RENDIMIENTO DE FRIJOL EN TEMPORAL CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES EN DOS LOCALIDADES DE DURANGO

Arnulfo Pajarito Ravelero

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Programa de Frijol y Garbanzo.
pajarito.arnulfo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El frijol, es un cultivo socialmente importante porque su grano se consume en todos los estratos económicos, sin embargo, la superficie de siembra de cada año, en cierta forma está sujeta al precio del producto al final del ciclo agrícola, el cual, también varía porque a su vez depende del volumen de producción obtenido. Por todos los productores es sabido que cada ciclo agrícola de temporal es impredecible, por lo que las condiciones climáticas y en particular la cantidad y distribución de la precipitación finalmente influye en la cosecha. Esto es más común en aquellos estados como Zacatecas, Durango y Chihuahua, cuya siembra es de temporal principalmente.

Para el Estado de Durango, donde el cultivo de frijol es el más importante, el Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP SAGARPA, 2010), para el ciclo agrícola primavera-verano de 2010, reportó 236,190 ha sembradas, 39,130 ha siniestradas por sequía, 92,123 toneladas de producción, un rendimiento de 470 kg ha⁻¹ y el precio medio rural (PMR) de \$ 6,294.00 por tonelada. Debido a este precio bajo, en el año 2011 solo se sembraron 198,077 ha, es decir 38,113 ha menos, se perdieron 80,584 ha por la escasa precipitación (180.1 mm) y solo se obtuvo 17,301 toneladas, el rendimiento por hectárea fue 150 kg ha⁻¹ y el precio se incrementó a \$16,000.00 por tonelada (SIAP SAGARPA, 2011). En el año de 2012 se incrementó nuevamente la superficie de siembra a 244,310 ha en total y precio del grano bajó a 9657.00 por tonelada. En el año 2016 se sembraron 260,000 ha y el precio del grano se fijó en \$16,000.00 la tonelada.

Debido a la situación antes expuesta, de la inversión que representa el paquete tecnológico, los productores la ajustan al mínimo, debido a la falta de capital económico, por lo que es necesario mostrarles, cuales son los componentes e insumos mínimos con que se puede producir frijol en temporal, de tal forma que el objetivo del presente trabajo fue evaluar dosis de fertilización y densidades de plantas para determinar los mejores para producir frijol con menos costo y riesgo en temporales con humedad deficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo primavera verano de temporal del año 2015 se establecieron dos trabajos, uno, en la localidad Durango, Dgo (L₁), y otro en Francisco I. Madero, (L₂) municipio de Pánuco de Coronado. Las coordenadas de la localidad Durango son: latitud (N) 24° 01', longitud (W) 104° 24', altitud 1889 m.s.n.m y suelos clasificados como de textura migajón arcilloso; las coordenadas de la segunda localidad son: 24°20' latitud (N), 104°20' longitud (W) y 1932 m.s.n.m, los suelos son de textura migajón arcillo arenoso.

En la localidad de Durango, se sembró el 15 de julio y en Madero el 14 de julio, en ambos casos, se utilizó semilla de la variedad Pinto Saltillo, liberada por el INIFAP en el año 2001 (Sánchez,2001). Los tratamientos aplicados fueron: 1. Fertilización química completa (FQC) (25-35-00), 2. Fertilización química 50% (12.5-17.5-00)+Micorriza INIFAP (50%FQ+MI) y 3. Testigo absoluto (TA) sin fertilizante. En los tratamientos con fertilización química, se utilizó Urea (46%) como fuente de nitrógeno y Superfosfato Triple (SPT) como fuente de fósforo; la MI es un producto INIFAP elaborado a base de hongos del género *Glomus intraradices*.

En la localidad de Durango, la parcela experimental fue de 22 surcos separados a 0.81 m y 62 m de largo (703.1 m²) y en Madero fue de 40 surcos separados a 0.81 m de 22 m de largo (712.8 m²). Se estimaron las densidades de población (PI/m²), el número de vainas llenas,, considerando por lo menos un grano por cada vaina (VLL/m²), número de vainas vacías, es decir, sin grano (VV/m²), número de vainas totales (VT/m²) determinado por la suma de todas las vainas y el número de granos (granos/m²).

La parcela útil para estimar el rendimiento fue de 4 surcos de 5 m de largo por repetición por tratamiento. El manejo agronómico del cultivo fue el que recomienda el INIFAP; el diseño experimental utilizado en campo fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones y el análisis de la información se hizo utilizando un diseño factorial de dos factores, donde el factor A fue los tratamientos y el factor B las localidades, así como sus interacciones (AxB). También se registró la precipitación pluvial y la temperatura durante el ciclo del cultivo, a través de estaciones agroclimáticas ubicadas una en cada localidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos solo para el número de VV/m²; sin embargo, entre localidades, las diferencias fueron altamente significativas para todas las variables en estudio, excepto para el número VT/m². En el caso de las interacciones, solo se observó significancia ($P \geq 0.01$) para VV/m² (Cuadro 1). También se

indican los Coeficientes de Variación (CV) determinados por el mismo modelo estadístico para las diferentes variables. Dichos valores, explican la desviación estándar por unidad experimental (Little y Hill., 1989) para cada característica indicando que los valores se debieron a condiciones diversas de clima y suelo y solo el número de VV/m² fue probablemente influenciado por los tratamientos aplicados, interaccionando con las condiciones ambientales y de suelo en particular de cada localidad. Es posible que las variables VV/m² y granos/m² fueron las más sensibles ya que los CV fueron más altos.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes variables medidas en el cultivo de frijol en dos localidades. Durango, Dgo., 2015.

Variable	Tratamientos (T)	Localidades (L)	T x L	CV (%) ¹
Plantas/m ²	0.86	186.48**	2.50	12.9
Vainas Llenas/m ²	3247.88	5192.04	669.54	31.7
Vainas Vacías/m ²	845.54*	7245.38**	1171.63**	58.7
Vainas Totales/m ²	888.67	170.67	2778.17	26.2
Gramos/m ²	44955.88	347763.38**	6570.88	33.5
Rendimiento. (kg/ha)	18810.65	630527.22**	68309.04	25.8

¹CV= Coeficiente de variación

Técnicamente, los resultados obtenidos entre tratamientos para VV/m², indican la influencia más probable de la fertilización, ya que como se explicará más adelante con mayor detalle, la cantidad de vainas fue menor cuando se fertilizó químicamente, comparado con el TA sin fertilizante. Al respecto, Jiménez *et al.*, (2014) encontraron diferencias altamente significativas para dos niveles de fertilización en dos años de estudio, para 2010 reportaron una diferencia de 381 kg, correspondiente a 18.74 % menos rendimiento cuando no se fertilizó el cultivo. Las diferencias existentes entre localidades para la mayoría de las variables, probablemente fueron influenciadas por las densidades de población. La cantidad de plantas fue significativamente mayor en Durango (9.0 Pl/m²) que en Madero (3.4 Pl/m²) debido a la cantidad de semilla que se aplicó desde el inicio en cada una de ellas. La respuesta de la interacción TxL para la variable VV/m², quizás también estuvo influenciada por las densidades de población, ya que fue menor, cuando hubo menos densidad, como se observó en la localidad de Madero.

En el Cuadro 2, se muestran los promedios de todas las variables en estudio. Entre tratamientos, de acuerdo con la prueba DMS_{0.05}, los promedios de VV/m² y de granos/m² obtenidos con el TA, fueron estadísticamente diferentes y más bajos comparado con los promedios obtenidos con fertilizante químico. También el número de VLL/m² y de VT/m² fue menor, aun cuando los valores no fueron estadísticamente diferentes de los obtenidos con fertilizante. Cabe mencionar que la variación en estos componentes fue determinante en el rendimiento final ya que son los componentes principales de la producción. Al respecto, Acosta

y Padilla (1991) señalaron en este mismo cultivo una estrecha relación entre el rendimiento de grano con el número de vainas ($r=0.86^{**}$) y con el número de granos ($r=0.95^{**}$).

Cuadro 2. Promedio de datos y prueba de medias para los componentes del rendimiento y producción del cultivo de frijol con diferentes tratamientos. CEVAG 2015

FV	Plantas /m ²	VLL/m ²	VV/m ²	VT/m ²	Granos/ m ²	Rendimiento (kg/ha)
Tratamientos						
50% FQ + MI (T ₂)	6.0a	136.7a	19.0b	155.7a	448.7a	896.8a
FQC (25-35-0) (T ₁)	6.1a	135.2a	14.5b	149.7a	418.2ab	821.3a
T. Absoluto (T ₃)	6.6a	101.1a	34.1a	135.2a	306.4b	806.3a
DMS _{0.05}	0.84	41.37	13.90	40.51	137.69	228.28
Localidades						
Durango	9.0 a	109.7 ^a	39.9 a	149.6a	270.7b	655.4b
F.I. Madero	3.4b	139.1a	5.2b	144.2a	511.5a	1027a
DMS	0.69	33.77	11.35	33.08	112.42	186.39
Interacciones						
T ₂ x L ₁	8.1b	129.2a	32.7b	162.0a	360.7abc	785.3abc
T ₁ x L ₁	9.2ab	110.2a	22.0bc	132.2a	275.7cd	664bc
T ₃ x L ₁	9.6a	89.5b	65.0a	154.5a	175.7d	516.9c
T ₂ x L ₂	3.8c	160.2a	7.0b	167.2a	560.7a	1095.7a
T ₁ x L ₂	2.9c	144.2a	5.2b	149.5a	536.7ab	1008.2a
T ₃ x L ₂	3.5c	112.7a	3.2b	154.5a	437.0abc	978.5ab
DMS	1.19	58.50	19.66	57.29	194.72	322.84

En general, los promedios de datos de los tratamientos, indicaron mayor rendimiento de grano con 50%FQ+MI, que superó en 8.4% (75 kg ha^{-1}) al tratamiento FQC y en 10% (80 kg ha^{-1}) al TA. Estos resultados evidenciaron que la aplicación completa de fertilización química no tuvo los efectos esperados sobre el rendimiento en temporales con escasa humedad. Lo que en cierta forma justifica el porqué, los productores casi no fertilizan minimizando el alto riesgo que esto representa. En un estudio realizado de transferencia de tecnología, Pajarito y Romero (2000) informaron que de una muestra de 91,629 ha, solo el 9.8 % aplicaron fertilizante químico, que extrapolado a la superficie de siembra contemplada durante el 2011-2015 (241,615 ha) se estaría fertilizando químicamente solo el 25.8 % aproximadamente de esa superficie total de siembra.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo evidencian que con la mitad de la dosis de fertilizante que se recomienda para el cultivo, complementado con biotecnologías como son los hongos micorrízicos utilizados en este estudio, es la opción más económica para producir frijol, con menos riesgos y costos. García (1997) señaló que los biofertilizantes aplicados a los suelos o semillas desempeñan funciones específicas que benefician la productividad de las plantas, la absorción de agua y nutrientes, fijación de nitrógeno, solubilización de minerales, producción de estimuladores de crecimiento vegetal y biocontrol de patógenos, así desde este punto de vista la micorriza no solo contribuye a la nutrición de la planta sino también la del suelo por cuanto incrementa la actividad microbiana (Blanco y Salas, 1997) que además pueden incrementar

la resistencia natural de las plantas en situaciones de desequilibrios bióticos o abióticos como el estrés hídrico o salino (Vega, 2004), como pudo haber ocurrido en el presente trabajo ya que solo se acumularon 216.0 mm de lluvia en la localidad de Madero y 253.4 mm, en Durango, de julio a septiembre, causando un periodo de sequía de 50 días aproximadamente. Desde el punto de vista económico, la disminución de fertilización química y la aplicación de micorriza como inoculante a la semilla, puede ser otra alternativa viable para la producción de frijol, más sustentable y de menor costo, como lo reportó Bashan (2008) quien mencionó que los hongos micorrízicos y las bacterias promotoras del desarrollo vegetal (BPDV) han representado una biotecnología con potencial como componente en la producción agrícola, para que ésta sea más sostenible al reducir el uso de fertilizantes químicos (Ferrera y Alarcón, 2008).

Entre localidades, los promedios de todas las variables en estudio fueron estadísticamente diferentes ($DMS_{0.05}$), excepto para VLL/m^2 y VT/m^2 (Cuadro 2). En la localidad de Madero, donde se utilizó menos cantidad de semilla, el número de VLL/m^2 , granos/ m^2 y rendimiento fue mayor y el número de VV/m^2 menor. Las VLL/m^2 fue 21.1 % más alto, los granos/ m^2 47.1% mayor y el rendimiento 36.2 % superior, al que se obtuvo en la localidad de Durango. Estos resultados consideran que en temporales con escasa humedad como fue el caso, las bajas densidades de pueden resultar en mayores rendimientos, debido a la menor competencia entre ellas por humedad, nutrientes, espacio y luminosidad, compensando de esta forma, con un mayor desarrollo de la planta, vainas y granos.

El paquete tecnológico de frijol recomendado por el INIFAP para temporal en el estado de Durango indica 30 kg de semilla de la variedad Pinto Saltillo para asegurar de 85,000 a 90,000 plantas por hectárea a la cosecha (INIFAP, 2017), como se aplicó en la localidad de Durango. Cabe hacer la acotación que cuando las condiciones ambientales son buenas, las bajas densidades de plantas no son la mejor opción. Sobre este punto, Pajarito (2014) en un trabajo de frijol desarrollado en regiones con diferente potencial productivo, reportó mayores rendimientos de grano (1149 vs 813 kg ha⁻¹ en alto potencial; 1008 vs 675 kg ha⁻¹ en mediano potencial y 763 vs 537 kg ha⁻¹ en bajo potencial) en localidades donde las densidades de población fueron más altas. También Jiménez *et al.*, (2014) en el mismo cultivo, mencionaron que con 364 mm bien distribuidos y 10 a 12 plantas por metro lineal, se obtuvieron mayores rendimientos.

En el mismo Cuadro 2 donde también se indican todas las interacciones, las correspondientes a la localidad de Durango fueron estadísticamente diferentes a las de Madero, para todas las variables, excepto para VT/m^2 . Entre las más sobresalientes, se resalta el rendimiento de grano

con el tratamiento 50%FQ+MI, probablemente debido a la mayor cantidad de VLL/m² y de granos/m². Superó en 15.4% (121 kg ha⁻¹) al tratamiento de FQC y en 22.3% (263 kg ha⁻¹) al TA. También en la localidad de Madero, la interacción más sobresaliente fue obtenida con el mismo tratamiento (50%FQ+MI) para rendimiento, VLL/m² y granos/m², mismos componentes que sobresalieron en la primera localidad. El rendimiento obtenido con esta interacción fue 7.9% (87 kg ha⁻¹) más alto que el tratamiento FQC y 10.7% (117 kg ha⁻¹) mayor que el TA. Cabe subrayar que en ambas localidades, el TA produjo menos rendimiento que los tratamientos con fertilización, aunque comparado con la FQC, la diferencia fue mínima equivalente a 2.9% (30 kg ha⁻¹) en la localidad de Madero donde solo se acumularon 253.4 mm. Lo anterior indica, como la aplicación de fertilizante químico en condiciones de escasa humedad, es una inversión de mayor riesgo siempre latente en la producción.

Sin la intención de presentar un análisis económico completo para determinar la ganancia en el cultivo, de manera práctica solo se tomó en cuenta los siguientes datos:

Precio del fertilizante químico: \$ 9.00 kg

Precio de la micorriza INIFAP: \$ 70.00 dosis de 1 kg

Precio de la semilla, que en este caso fue grano apto para siembra: \$12.00 kg

Precio del producto o grano de frijol al término de la cosecha: \$12.00 kg

Con los precios anteriores, se indica lo siguiente:

Localidad Durango:

Costo del Tratamiento 1 FQC (25-35-00) más 30 kg de semilla= \$1,570.00

Costo del Tratamiento 2. 50% FQ+MI más 30 kg semilla= \$ 1,015.00

Costo del Tratamiento 3. TA: 30 kg de semilla= 360.00

Producción con T1=664.0 kg/ha= \$ 7,968.00

Producción con T2= 785.3 kg/ha= \$ 9,423.6

Producción con T3= 516.9 /ha= \$ 6,202.80

Ganancia T2 vs T1: 8408.9-6398.0= \$ 2,010.90/ha

Ganancia T2 vs T3= 8,408.9-5,842.8= \$ 2,566.10/ha

Ganancia T1 vs T3: 6,398.0-5,842.8= \$ 555.2 /ha

Localidad Francisco I. Madero:

Costo del Tratamiento 1 FQC (25-35-00) más 15 kg de semilla= \$1,530.00

Costo del Tratamiento 2. 50% FQ+MI más 15 kg semilla= \$ 835.00

Costo del Tratamiento 3. TA: 15 kg de semilla= 180.00

Producción con T1=1,008.2 kg/ha= \$ 12,098.40

Producción con T2= 1,095.7 kg/ha= \$ 13,148.9

Producción con T3= 978.5 /ha= \$ 11,742.0

Ganancia T2 vs T1: 13,148.9-12,098.4= \$ 1,050.50/ha

Ganancia T2 vs T3= 13,148.9-11,742.0= \$ 1,406.9/ha

Ganancia T1 vs T3: 12,098.40-11,742.0 = \$ 356.4/ha

En ambas localidades, la ganancia económica fue mayor con el tratamiento 50%FQ+MI, comparado con los otros tratamientos; pero entre la FQC y TA, la ganancia fue mínima.

Los datos de clima registrados durante el ciclo del cultivo en ambas localidades, se presentan en el Cuadro 3. De acuerdo con la literatura, el cultivo necesita de 350-400 mm de precipitación, temperatura de 10 a 27 °C y óptimo 15 a 20 °C (Doorembos y Kassam, 1979, citados por Ruiz *et al.*, 1999), profundidad de suelo 60 cm, aunque prospera en suelos delgados, textura de tipo franco-arcillosa y franco-arenosa. Para el caso, las condiciones de temperatura y suelo de ambas localidades, cumplen con ellos; las temperaturas máximas y mínimas están por arriba del rango y las texturas del suelo las que el cultivo demanda. Sin embargo, en cuanto a precipitación, está muy por debajo del requerimiento mínimo; en la localidad de Durango solo cubrió el 72.2% y en Madero el 57.6%, sin sumar la evaporación potencial que en ambas localidades superó 600 mm.

Cuadro 3. Datos de clima registrados durante el ciclo del cultivo en dos localidades. Año 2015.

Fecha de siembra	Variable	Meses			
		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Localidad Durango					
15 de Julio	Precipitación pluvial (mm)	92.2	25.0	75.6	60.6
	Días con lluvia	13	7	12	6
	Temperatura Máxima Promedio °C	26.7	29.0	28.0	25.8
	Temperatura Mínima Promedio °C	14.3	13.7	13.4	10.1
	Evaporación Potencial (mm)	112.5	179.8	156.0	156.0
Localidad Francisco I. Madero					
14 de Julio	Precipitación pluvial (mm)	92.4	45.0	41.8	36.8
	Días con lluvia	11	7	6	7
	Temperatura Máxima Promedio °C	26.2	27.8	27.3	25.1
	Temperatura Mínima Promedio °C	13.5	13.9	12.5	8.9
	Evaporación Potencial (mm)	157.1	151.4	143.7	149.1

Haciendo un comparativo entre ambas localidades, se señala que las condiciones de temperatura, textura del suelo, fecha de siembra y evaporación potencial fueron muy similares y aunque en Durango hubo 8 días más con lluvia con 37.4 mm, al parecer no fueron importantes

en la producción, por lo que resalta que las bajas densidades de plantas con el tratamiento 50%FQ+MI marcaron la diferencia en el rendimiento de grano

CONCLUSIONES

La mejor dosis de fertilización para producir frijol con menos costo y riesgo en temporales con humedad escasa, fue 50%FQ+MI con bajas densidades de población.

LITERATURA CITADA

- Acosta G., J. A. y Padilla R., S. 1991. Época de siembra y densidad de población en la variedad de frijol FMB. *In: Phaseolus*. Publicación Especial Núm 8. SARH/INIFAP/CRSP/MSU. Dgo, México. pp 163-178.
- Bashan, Y. 2008. El uso de inoculantes microbianos como una importante contribución al futuro de la agricultura mexicana. *In: Díaz, F.A. y Mayek, P.N. (eds). La biofertilización como Tecnología Sostenible. Plaza y Valdéz, CONACYT. México. pp 17-23*
- Blanco, F. A. y Salas, E. A. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial. *Rev. Agronomía Costarricense* 2(1). pp 55-67.
- Ferrera, C.R. y Alarcón, A. 2008. Biotecnología de los hongos micorrízicos arbusculares. *In: Díaz, F.A. y Mayek, P.N (eds). La biofertilización como Tecnología Sostenible. Plaza y Valdéz, CONACYT. pp 25-38.*
- García G., M. T. 1997. Uso de biofertilizantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos arenosos. <http://www.monografias.com/trabajos55/biofertilizante-frijol-suelo-atrenosos/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso.Shtml>.
- INIFAP, 2016. Enlace AGROCLIMA Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Estado de Durango. Campo Experimental "Valle del Guadiana" CEVAG. <http://www.inifap.gob.mx>
- INIFAP. 2017. Paquetes Tecnológicos del INIFAP en Durango. Campo Experimental "Valle del Guadiana. CIRNOC-CEVAG. Durango, Dgo. 2017.
- Jiménez G., J. C; Jacobo C., J. L; Acosta G. J.A. y Ramírez V., O. 2014. Altas densidades de plantas y fertilización en frijol de temporal para incrementar la producción en el estado de Chihuahua. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Folleto Técnico Num.31. 1ra Edición 2014.
- Little. T. M. y Hills F.J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Primera edición. Editorial Trillas. México, D. F. pp. 5-39
- Pajarito R., A. y Romero M., J. 2000. Transferencia de tecnología para el cultivo de frijol en el estado de Dgo. Análisis e Impacto. Publicación Especial Núm. 15. SAGAR-INIFAP-SAGDR-Inca Rural. Dgo, p. 12.
- Pajarito R., A. 2014. Producción de frijol en áreas con diferente potencial productivo. SAGARPA-INIFAP FPD. CIRNOC-CEVAG. Folleto Técnico Núm. 73. Durango, Dgo. pp. 1-22.
- Ruiz C., A. 1999. Requerimiento agroecológicos de cultivos. inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegiónNorte. Consultado en línea, mayo 2017.
- SAGARPA. 2010 y 2011. Producción agrícola. Cierre de producción agrícola por cultivo. Anuario estadístico de la producción agrícola. Estado Durango, cultivo de frijol, ciclo primavera-verano, modalidad temporal. http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/entidad/index.jsp. Consultado en línea en 2017.
- Sánchez V., I. 2001. Pinto Saltillo: Nueva Variedad de Frijol para el Sureste del Estado de Coahuila. Desplegable Técnica. Núm 8. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Saltillo.
- Vega, J. 2004. Aplicaciones de las micorrizas arbusculares (MA) sobre plataneras micropropagadas. Memorias del taller internacional sobre producción del banano orgánico y ambientalmente amigable. Pp. 106-107. http://musalit.inibap.org/pdf/IN020008_es.PDF

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ QPM EN EL ESTADO DE YUCATÁN

¹Genovevo Ramírez Jaramillo, ²Mónica G. Lozano Contreras, ²Justo A. Tepal Chalé y ¹Jorge H. Ramírez Silva

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

²Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

Autor para correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN.

El maíz es el cultivo agrícola más importante en México; cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas, y su producción representa el 60 por ciento del total de granos producidos en el país; además de ser parte fundamental en la comida de los mexicanos, donde más del 50% de las calorías y el 39 % de la proteína que consumen, proviene de esta gramínea. En México los rendimientos medios de maíz son muy bajos y no sobrepasan las 2.0 t/ha, lo cual es más evidente en regiones como el estado de Yucatán donde se tienen rendimientos medios de menos de 1.0 t/ha, ya que sus suelos predominantes son pedregosos, delgados y deficientes en fósforo.

La calidad biológica de la proteína del maíz común, está limitada por dos elementos importantes para tener un buen desarrollo físico y mental, lisina y triptófano, los cuales se encuentran en los maíces de alta calidad de proteína que representan una alternativa para coadyuvar en la disminución de la desnutrición infantil, como es el caso de Yucatán que ocupa el tercer lugar a nivel nacional, principalmente en aquellos niños que viven en las áreas marginales del medio rural donde se practica la tradicional milpa de subsistencia el cual se caracteriza por el uso de variedades criollas de maíz de grano normal con bajo potencial de rendimiento y deficientes en los aminoácidos mencionados.

En base a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012, Yucatán se encontró en el lugar veintiuno dentro de las entidades con mayor prevalencia de inseguridad alimentaria en el ámbito nacional (ENSANUT 2012), pues 7 de cada 10 hogares se encuentran en inseguridad alimentaria y al menos uno de cada diez hogares reportó haber padecido hambre en los tres meses previos a la encuesta. Al igual que lo que ocurrió con otros indicadores de vulnerabilidad

nutricional y de desarrollo social, los hogares de áreas rurales tuvieron mayor prevalencia de inseguridad alimentaria comparados con los hogares de áreas urbanas.

En el estado de Yucatán el material criollo con calidad proteínica es muy importante, ya que el contenido de estos aminoácidos es superior en un 50 % al de los maíces normales y su rendimiento factible de obtener, supera las 2.5 ton/ha bajo condiciones de buen temporal; además contienen el 75% de germoplasma criollo y un 25% del donador de calidad proteínica, es de ciclo intermedio tardío y poseen características innatas de los maíces criollos tales como su adaptación a las condiciones del sistema “milpa”.

Como alternativa a la desnutrición y baja producción, en diversos países donde el cultivo del maíz es importante, en los últimos años se trabaja con los llamados maíces de calidad proteínica (QPM, por sus siglas en inglés: Quality Protein Maize), los cuales contienen hasta 100% más lisina y triptófano que los maíces comunes; de hecho, la calidad proteínica de los maíces QPM es similar a la de la leche (Bressani, 1994).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico en ciclo otoño-invierno 2016-2017 bajo condiciones de riego, las dos variedades criollas mejoradas conversas a calidad proteínica generadas por INIFAP para el sistema de producción de roza-tumba-quema que han sido denominadas Sac Beh y Chichén Itzá, las cuales presentan un contenido de lisina y triptófano, superior en un 50% al de los maíces normales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización. El trabajo se estableció en el ciclo otoño-invierno 2016-2017 bajo condiciones de riego en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP, el cual se ubica en el municipio de Muna. Este municipio se encuentra entre los paralelos 20°20' y 20°36' de latitud norte; los meridianos 89°36' y 89°53' de longitud oeste; altitud entre 0 y 100 m. Colinda al norte con los municipios de Opichén y Sacalum; al este con los municipios de Sacalum y Ticul; al sur con los municipios de Ticul y Santa Elena y al oeste con los municipios de Santa Elena y Opichén. Ocupa el 1.06% de la superficie del estado. Cuenta con 13 localidades y una población total de 11 763 habitantes.

El municipio de Muna cuenta con un clima Aw_0 considerado como el menos húmedo de los cálidos subhúmedos, con una temperatura promedio anual entre 24 y 27 °C y una precipitación media anual de 1000 a 1100 mm, presentándose el 80 % de las precipitaciones de junio a

octubre, periodo en el cual se establece el temporal y el otro 20 % ocurre de noviembre a mayo, el mes más lluvioso es septiembre y el más seco abril.

La mayor parte de la superficie municipal es plana, considerada como llanura de barrera, con piso rocoso o cementado, escarpado. Cabe mencionar que en el extremo sureste existe una pequeña cordillera de baja altura. En el territorio municipal no existen corrientes superficiales de agua. Sin embargo, en el subsuelo se forman depósitos comúnmente conocidos como cenotes. En algunos casos los techos de estos se desploman y forman las aguadas.

Los suelos predominantes de la región son los suelos Leptosoles (pedregosos), seguidos de los Cambisoles y en menor medida los Nitisoles y Luvisoles, estos últimos con posibilidades de ser mecanizados en la península de Yucatán.

Variedad Sac Beh. Es una variedad derivada del segundo ciclo de selección recurrente mazorca por surco modificado, practicado en una población formada con colectas de maíces blancos nativos de la Península de Yucatán, conocidos como Xnuck'nal y Dzit-bacal, estos ecotipos de maíz están correlacionados con las razas Tuxpeño y sub raza Dzit'bacal de maíces Olotillo, respectivamente. La formación de la población blanca se inició en el ciclo de otoño-invierno 1998-1999, mediante una colecta de maíces criollos de la milpa de color de grano blanco, los cuales posteriormente se evaluaron en ensayos de rendimiento y se caracterizaron por tipo de mazorca cilíndrica.

Se seleccionaron los mejores maíces de ciclo tardío con estas características y se recombinaron en un lote aislado mediante familias de Medios Hermanos en la relación 2:1 para formar la población blanca tardía.

En el ciclo de primavera-verano 2002, mediante un programa de Retrocruzas se inició la incorporación del carácter de calidad proteínica, utilizando como fuente del de calidad proteínica al híbrido de cruz trilineal H-519 C, de esta manera se obtuvo la F1.

En el ciclo otoño-invierno del 2002-2003 se sembró la semilla F1, para obtener plantas F1, las cuales se autofecundaron para el avance generacional y obtener semilla F2. Esta semilla se utilizó para seleccionar, mediante lámpara fluorescente, segregantes de opacidad. Con los

cuales se obtiene la primera Retrocruza (RC1F2) y de esta forma se integró una población con el 75% de germoplasma criollo y el 25% del híbrido H-519 C.

En esta población se aplicó mejoramiento intrapoblacional mediante selección recurrente mazorca por surco modificada para mejorar el rendimiento, después de dos ciclos de selección se recombinaron las mejores familias para formar la variedad criollo blanco converso (Aguilar *et al* 2010).

Variedad Chichen Itzá. Es una variedad derivada del segundo ciclo de selección recurrente mazorca por surco modificado, practicado en una población formada con colectas de maíces amarillos nativos de la Península de Yucatán, conocidos como Xnuck'nal y están correlacionados con la raza Tuxpeño.

La formación de la población amarilla se inició en el ciclo de otoño invierno 1998-1999 con una colecta de maíces criollos de color de grano amarillo, los cuales posteriormente se evaluaron en ensayos de rendimiento y se caracterizaron por tipo de mazorca cilíndrica. Se seleccionaron los mejores maíces con esas características y se recombinaron en un lote aislado mediante familias de Medios Hermanos en la relación 2:1 para formar la población amarilla tardía.

En el ciclo de primavera-verano 2002, mediante un programa de retrocruzas se inició la incorporación del carácter de calidad proteínica, utilizando como fuente del carácter de calidad proteínica al híbrido de cruza trilineal H-519 C de grano blanco, obteniéndose de esta forma la F1.

En el ciclo otoño-invierno 2002-2003 se sembró la semilla F1, para obtener plantas F1, las cuales se autofecundaron para el avance generacional y obtener semilla F2. Esta semilla se utilizó para seleccionar mediante lámpara fluorescente, segregantes de opacidad, con los que se obtuvo la primera retrocruza (RC1F2) y de esta forma se integró una población con el 75% de germoplasma criollo y el 25% del híbrido H-519 C. Los análisis de laboratorio confirmaron que la población cuenta con la característica de calidad proteínica y se le denominó criollo amarillo converso.

En esta población se aplicó mejoramiento intrapoblacional mediante selección recurrente mazorca por surco modificada para mejorar el rendimiento, después de dos ciclos de selección

se recombinaron las mejores familias para formar la variedad criollo amarillo converso, con apariencia jaspeada debido a que presenta granos de color blanco ligados al donador H-519 C (Aguilar *et al* 2010).

Para su caracterización se utilizaron parcelas de 20 x 40 metros, se sembró la Sac beh el 7 de enero de 2017 y la Chichen Itza el 7 de febrero de 2017, esto con el propósito de que no se mezclen las semillas y conservarlas como tal, las variables a tomar en ambas variedades fueron: altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo, biomasa, peso de la mazorca, peso del grano y peso del olote.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Tanto la variedad Sac Beh como Chichen Itzá presentaron un ciclo tardío de 130 a 140 días de siembra a cosecha, la primera es de grano blanco con hasta un 20 % de grano morado y la segunda es de grano amarillo con hasta un 20 % de grano blanco (Figura 1), al igual que lo encontrado por el grupo de investigadores que las generaron y liberaron en 2010 (Aguilar *et al*, 2010).



Figura 1. Mazorcas de las Variedades evaluadas

En cuanto a los parámetros altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo, peso de la mazorca, peso de la mazorca, peso del grano y peso del olote se presentan en el cuadro 1. En comparación a los datos encontrados en el año 2000 se presentan datos cualitativos y cuantitativos de las variables estudiadas.

Cuadro 1. Características Agronómicas de las Variedades Sac Beh y Chichen Itzá

Características	Variedad	
	Sac Beh	Chichen Itzá
Forma de la punta de la primera hoja	Redonda	Redonda
Orientación de las hojas arriba de la mazorca	Semierecta	Semierecta
Grado de zigzagueo del tallo	Ligero	Fuerte
Diámetro de tallo	2.27 cm	3.03 cm
Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Fuerte	Ausente
Cubrimiento de panoja por hoja bandera	Leve	Ausente
Coloración de antocianinas en anteras frescas	Débil	Ausente
Forma de espiga	Semiabierta	Abierta
Coloración de antocianinas en los estigmas	Presente	Ausente
Forma de mazorca	Cilíndrica	Cilíndrica
Cantidad de hileras	14	13
Disposición de hileras	Recta	Recta
Tipo de grano	Semidentado	Semidentado
Altura a la mazorca (cm)	131	147
Altura de planta (cm)	185	197
Rendimiento Potencial con riego de auxilio	6.0	5.5
Rendimiento (t/ha) con riego de auxilio	4.5	4.0
Color del grano	Blanco con 20 % de grano morado	Amarillo con 20 % de grano blanco

Respecto a la biomasa Sac Beh tuvo un peso promedio de 410 gramos mientras que Chichen Itzá 354 gramos. En el caso de Sac beh el peso de la mazorca represento 44 % y en Chichen Itzá el 37 %, seguido de las hojas y tallo que representaron para Sac beh 21 y 19 %, y para Chichen Itzá 25 y 23 % (Figura 2)

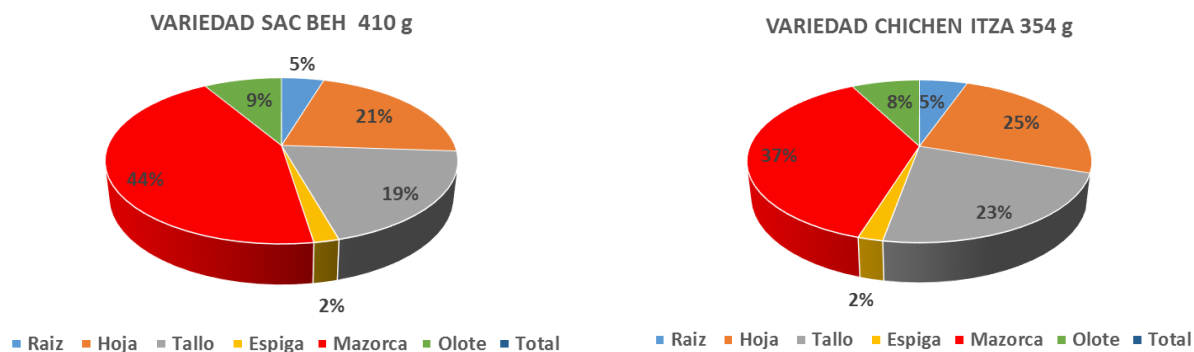


Figura 2. Porcentaje de biomasa de cada una de las partes de la planta en las Variedades Sac Beh y Chichen Itzá.

CONCLUSIONES

- a) Sac Beh y Chichen Itzá presentan un ciclo tardío
- b) El porte de la planta es alto en Sac Beh y Chichen Itzá
- c) Bajo condiciones de riego en el ciclo O-I el rendimiento potencial es de 5.5 a 6.0 t/ha
- d) El peso de la mazorca en Sac Beh representa el 44 % del total de la Biomasa y Chichen Itzá el 37 %.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar C. G., Gómez M. N., Torres P. H., Vázquez C, G., 2010. SAC-BEH Y CHICHEN ITZÁ: Variedades de maíz de calidad proteínica para el Sistema de Roza-Tumba-Quema de la Península de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Mocochoá. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán.
- Bressani, R. 1994. "Opaque 2 corn in human nutrition and utilization", en Quality protein maize: 1964-1994. Proc. of the international symposium on quality protein maize, Embrapa/cnpms, Sete Lagoas MG Brasil, diciembre 1-3, págs. 41-63.

VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE ESTEVIA

¹Genovevo Ramírez Jaramillo, ²Sergio F. Gongora Gonzalez y ²Mónica G. Lozano Contreras

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

²Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste-INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul.C.P.97454. Mocochoá, Yucatán.

Autor para correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La importancia de validar ciertas innovaciones tecnológicas radica en garantizar la confiabilidad para su transferencia, o descartarlas si se determina que en dicho proceso la innovación no significó beneficios para el productor, ni mejoría para el sistema. Por otro lado, esta segunda etapa en el desarrollo de tecnologías permite, además de producir información, cuantificar los esfuerzos que serán necesarios para transferir masivamente la tecnología generada. Finalmente, la meta de una validación es evaluar la tecnología permitiendo anticipar su adopción e impacto potencial. El propósito de este trabajo fue validar en terrenos de los productores de la localidad de Tahdziú, Yucatán la tecnología generada para estevia con el fin de conocer a nivel de unidad de producción sus ventajas técnicas y económicas.

La estevia o ka'a he'ë (*Stevia rebaudiana Bertoni*) es una especie del género *Stevia* de la familia de las Asteráceas nativa de la región tropical de Sudamérica en el Noroeste de Paraguay y Sur de Brasil, domesticada por los indios guaraníes. Los arbustos de esta especie son perennes y alcanzan los 0,9 m de altura. Sus hojas, lanceoladas o elípticas y dentadas, son alternas, simples, de color verde oscuro brillante y superficie rugosa, a veces algo vellosas, de hasta 5 cm de largo por 2 cm de ancho. Sus tallos, pubescentes y rectos, sólo se ramifican después del primer ciclo vegetativo, con tendencia a inclinarse. Las raíces son mayormente superficiales, aunque una sección engrosada se hunde a mayor profundidad; fibrosas, filiformes y perennes, son la única parte de la planta en la que no se presentan los Esteviósidos.

La demanda por edulcorantes naturales va en aumento en el mundo debido principalmente a los efectos secundarios que producen los edulcorantes sintéticos. Japón tiene prohibidos los edulcorantes sintéticos desde los años 70's y ha sustituido la mitad del consumo de azúcar de caña por cristales de estevia. Otros países de América Latina, Asia y Europa van por el mismo

camino. En nuestro país el consumo de edulcorantes naturales también va en aumento, ya se observa en los supermercados, tiendas naturistas, etc., la presencia y consumo creciente de estevia proveniente de Brasil, China, Colombia y Paraguay en distintas formas.

El incremento en la demanda en el mercado nacional e internacional y la nula disponibilidad de materia prima en el cultivo de estevia ha dado lugar a iniciativas para aumentar su superficie por parte de las autoridades gubernamentales, industriales, empresarios particulares y del sector social, por lo que es necesario generar información para su aplicación en México. El INIFAP en Yucatán realiza investigación desde el 2010 en *Stevia rebaudiana* Bertoni, trabajando en aspectos de materiales genéticos, densidades de población, mecanización de la cosecha, nutrición y determinación de los contenidos de glucósidos en las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Validación de la Tecnología. Consistió en llevar a nivel de Unidad de Producción (U. P.) la tecnología generada en el cultivo de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), con el propósito de confirmar o verificar si se puede constituir en una opción productiva y económica para los agricultores de Tahdziú, Yucatán.

Localización Geográfica. La parcela de validación se estableció en el municipio de Tahdziú, considerado como el municipio de más alta marginación en el estado de Yucatán y se localiza entre los paralelos 20° 12' y 20° 15' de latitud norte y los meridianos 88° 51' y 88° 59' de longitud oeste (Figura 1). Presenta altitudes menores a 43 msnm y un clima AW₀, el cual es considerado el menos húmedo de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano. El Cociente Precipitación/Temperatura se encuentra por debajo de 43.2. La temperatura media anual es de 26° C y la precipitación pluvial media anual esta entre 800 a 1,000 mm. Cuenta con suelos Leptosoles y Cambisoles con pequeños lunares de 1 a 2 hectáreas de suelos profundos. El uso que se le ha estado dando a la vegetación en áreas vírgenes, es para aprovechar las plantas melíferas, y en otras partes para la actividad agrícola “milpas” mediante el sistema de roza-tumba-quema.

Parcela de Validación. La parcela se estableció en la unidad de riego Tumben Cuxtal en 3000 m² en suelo Luvisol y bajo condiciones de riego con los componentes tecnológicos que se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Componentes Tecnológicos Validados en Stevia Bajo Condiciones de Riego en Tahdziú, Yucatán.

Componente	Tecnología 1 (1500 m ²)	Tecnología 2 (1500 m ²)
Variedad	Morita II	Criolla de Paraguay
Preparación del terreno	Convencional más bordos	Convencional más bordos
Control de Maleza	Acolchado	Acolchado
Densidad de Siembra	60 mil plantas/hectárea	60 mil plantas/ hectárea
Control de Enfermedades	Sulfato de Cobre Pentahidratado	Sulfato de Cobre Pentahidratado
Control de Plagas	Aceite de resino Aceite de Neem	Aceite de resino Aceite de Neem
Cosecha	Manual	Manual

Análisis de Ingreso. Se realizó un análisis de ingreso para las tecnologías consideradas en el estudio, mediante la metodología del Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial con el propósito de determinar los coeficientes técnicos, los precios de mercado, el presupuesto privado, la estructura de costos y los indicadores económicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se efectuó la medición quincenal de 20 plantas seleccionadas totalmente al azar. Se realizó una fertilización de base con 180-60-92 y se complementó con sulfato de amonio y nitrato de potasio y seis aplicaciones de fertilizante foliar. Se dieron tres podas de formación al momento de que se apreciaba la formación de algunos botones florales en un 5 % de la población. El control de la maleza se realizó con acolchado plástico negro/plateado y posteriormente dos controles manuales de maleza. El riego se realizó con cintilla cada tercer día. La cosecha se realizó en forma manual con tijeras de podar. La hoja se secó con exposición al sol en un periodo de dos a tres días y se embolso para su almacenamiento (Figura 1).



Figura 1. Parcela de Validación Establecida con el Cultivo de Estevia en Tahdziú, Yuc.

El comportamiento de la planta en las parcelas de validación se muestra en el cuadro 2. El centro de origen de la Stevia presenta una precipitación media anual de 1,500 mm bien distribuida, con temperaturas promedio anuales entre 15 a 30 °C y suelos con buen drenaje y un pH de 6 a 7 (Villa y Chifa, 2006; Jarma-Orozco, 2008). Para el caso del sitio evaluados se presenta una precipitación media anual que fluctúa entre 1,000 a 1,100 mm, con un periodo seco de 6 meses lo que implica la necesidad del riego, temperatura promedio anual entre 26 a 28 °C.

El desarrollo de la planta se indica que es entre 40 a 90 centímetros; en donde si bien no alcanza su mayor altura en la localidad de Tahdziú, si presenta un buen número de brotes en ambos casos, así como el diámetro de copa. El cultivo de estevia se puede constituir en una alternativa para los productores de la región considerando que es un cultivo que con un adecuado manejo es factible sostenerlo hasta por cuatro años. Logrando rendimientos de más de cuatro toneladas se recupera la inversión inicial en el primer año y como en el caso de la tecnología 1 se logran buenas utilidades.

Cuadro 2. Comportamiento de la Stevia en 2014 en Tahdziú, Yucatán.

Característica	Tecnología 1	Tecnología 2
Altura de planta en cm.	50.0	40.0
Diámetro de copa en cm	46.0	38.0
Diámetro de tallo en cm	1.19	1.02
Número de brotaciones	49.36	30.73
Longitud de la hoja en cm	6.90	5.08
Ancho de la hoja en cm	2.08	1.50
Peso fresco hoja gr/planta	120.8	80.09
Peso seco hoja en gr/planta	36.43	20.05
Peso fresco tallo gr/planta	65.85	63.07
Peso seco tallo en gr/planta	24.07	20.08
Rendimiento Medio de Hoja Seca en t/ha (4 cortes)	8.00	4.48
Rendimiento Medio de Tallos secos en t/ha	1.00	1.00
Costos de Producción	210,000	210,000
Precio del Producto por Tonelada	50,000	50,000
Ingresos	400,000	224,000
Utilidad	190,000	14,000
Relación B/C	1.90	1.06

CONCLUSIONES

- a). La estevia se adapta a las condiciones de suelo y clima del estado de Yucatán
- b). Con rendimientos superiores a 4 toneladas es factible recuperar la inversión en el primer año.
- c). En un año se logran realizar 4 cortes con 1 a 2 t/ha de hoja seca
- d). Es una alternativa productiva para Yucatán

BIBLIOGRAFÍA

- Jarma-Orozco A. 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado (*Stevia rebaudiana* Bert.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Una revisión, en: Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol.2 No. 1. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Ramírez J. G., Avilés B. W. I.; Moguel O. Y., Góngora G. S. F. May L. C. 2011. Estevia (*Stevia rebaudiana*, Bertoni), un cultivo con potencial productivo en México. Publicación Especial No. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. Mérida, Yucatán. México.
- Villa M. P., Chifa C. 2006. Contribución al comportamiento de la "Yerba dulce" *Stevia rebaudiana* (Bertoni), Asteraceae en el Chaco argentino, en: Revista Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2006. Universidad Nacional del Nordeste. Chaco, Argentina

RESULTADOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE PAPA *Solanum tuberosum* L., DEL CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO.

Víctor M. Parga Torres, * Juan M. Covarrubias Ramírez, Víctor M. Zamora Villa e Isidro H. Almeyda León.

*Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tel. (01 800) 088 22 22 ext. 83510. México. C.P. 25315.
parga.victor@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

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, podemos 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 cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en México y en particular en la región de Coahuila- Nuevo León, es probablemente el mejor ejemplo para explicar el fenómeno de vulnerabilidad de cultivos. 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, que requiere entre 15 y 30 aplicaciones de fungicidas preventivos y de 4 a 12 sistémicos para la protección adecuada del cultivo, representando un volumen de más de 5 mil toneladas anuales de agroquímicos sólo para el control de ésta enfermedad. A pesar de este número y dosis de fungicidas, se ha tenido daño en el tubérculo. Al inicio de la década de 1990 se introdujeron en México variedades con características de calidad adecuadas para la industria, debido al auge en el consumo de comidas rápidas y de papa frita (hojuela); sin embargo, las variedades introducidas (Atlantic, Snowden, Chipeta, Premiere, César, Adora, Vivaldi etc.) muestran alta susceptibilidad a las principales enfermedades (tizón tardío, tizón temprano, fusarium, verticillium, virus, fitoplasmas, etc.), y a las temperaturas extremas adversas. Dado que las variedades comerciales utilizadas en la producción de papa, en México tienen un parentesco cercano al provenir principalmente de Holanda y Norteamérica, han ocasionado una fuerte dependencia hacia el uso de agroquímicos debido a la baja resistencia a las enfermedades y a la falta de adaptación de los cultivares a las condiciones adversas. En el ciclo agrícola 2004, los daños por punta morada

fueron responsables por más 50% de pérdidas en producción y hasta del 100 % en calidad (Flores *et al.*, 2004). Actualmente, para producir papa en el Noreste de México, se requieren de 30 a 50 aplicaciones de insecticidas para el control de los principales vectores de virus, liberibacter y fitoplasmas (Parga *et al.*, 2008). Debido a esto se ha hecho un uso intensivo de agroquímicos, los cuales representan hasta el 35% del costo del cultivo de acuerdo a estimaciones del Fideicomiso Institucionalizado de Recursos para la Agricultura (FIRA, 2016). Lo anterior es preocupante por el riesgo que representa para los productores, trabajadores, consumidores y ecosistemas de la región.

El principal programa de mejoramiento genético en México, 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. Sin embargo, debido al incremento del problema del síndrome de punta morada, actualmente, se están realizando evaluaciones para determinar y detectar fuentes de resistencia contra este complejo de enfermedades que causan el síndrome.

MATERIALES Y MÉTODOS

El INIFAP, interesado en apoyar la tecnificación del cultivo de papa en el sureste de Coahuila y Nuevo León, inició la investigación a partir de 1985 y a unido esfuerzos con instituciones, productores, compañías para generar y promover los resultados y experiencias de investigación que realiza el programa de mejoramiento de papa y que representan alternativas tecnológicas que den soluciones a los problemas que inciden negativamente en la productividad, inocuidad calidad, sanidad y ecología de este cultivo.

En las áreas productoras del noreste de México se utilizan variedades altamente susceptibles al tizón tardío. Este patógeno es el que mayores pérdidas económicas y desequilibrio ecológico ha ocasionado en la región. En los programas de mejoramiento genético de cultivos, es importante la evaluación de germoplasma en etapas intermedias y avanzadas en diferentes ambientes de producción con el objeto de conocer su comportamiento. Por lo anterior, el programa de papa del Campo Experimental Saltillo inicio a partir de 1985 la introducción de germoplasma del Programa Nacional de Papa del INIFAP y del Centro Internacional de la Papa (CIP). Las evaluaciones se realizaron con el objeto de seleccionar genotipos de papa con resistencia al tizón tardío y características agronómicas y de calidad deseables.

En 1991, se realizaron las primeras cruzas debido a la necesidad de generar germoplasma de ciclo intermedio (100 al desvare después de la emergencia), tolerantes al tizón tardío y con características de calidad para la industria para dar respuesta a las necesidades de materia prima nacional. La selección de progenitores inicia con 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).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las introducciones de germoplasma, se liberaron las variedades Norteña y Montserrat.

Norteña, se originó de la cruce entre la variedad Atzimba, de origen *Tuberosum andigenum*, y el clon 55-22-3 de origen *Tuberosum tuberosum* de origen norteamericano. El proceso de obtención fue mediante el método clonal o de pedigree, comprendiendo de 1985 a 1992 y su genealogía fue “75-08-15”, liberándose como variedad Norteña en 1992. Norteña, es de madurez tardía (120 días). Esta ha mostrado estabilidad en rendimiento y calidad para la industria. Posee igual o mayor producción que la variedad testigo Alpha protegida con fungicidas preventivos y sistémicos, y que varía de 35 a 45 t/ha. En lo referente a calidad, presenta 56 a 58 de color Agrton y de 18 a 20.3% de sólidos, características que la hacen aceptable para la industria. Bajo condiciones óptimas para el desarrollo del tizón tardío, la variedad presenta un alto grado de tolerancia, observándose hasta un 15% de daño foliar en situaciones en las que la variedad Alpha presenta un 100% de infección (Parga *et.al.*1999 a). Montserrat, se originó de la cruce entre los clones 7-AM-9 de origen mexicano con resistencia al tizón tardío y el clon 57-DZ-23 de origen norteamericano. Esta variedad, presenta rendimientos que varían de 30 a 40 t/ha. Es de madurez semitardía (110 días), su tubérculo es apto para el mercado fresco e industrial, ya que presenta de 18 a 20% de sólidos y un color Agrton que varía de 58 – 60 (Parga *et al.*, 1999 b).

Ambas variedades, en condiciones normales sin aplicación de fungicidas para la prevención y control del tizón tardío, superan en producción en un 80% a las variedades Alpha y Atlántic, cultivares en los cuales, si no es controlado el patógeno, las pérdidas pueden ser del 100% en pocos días e incluso con niveles más bajos de infección, la cosecha puede resultar no apta para almacenamiento.

Como resultados de los cruzamientos de papa en el Campo Experimental Saltillo, se liberaron las variedades; Nieder, Bayonera y Enrica (Parga *et al.*, 2007). La variedad Nieder, se obtuvo de la cruce entre los progenitores Murca de origen mexicano y con resistencia al tizón tardío del Programa Nacional de Papa y la variedad Nook Sack generada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con calidad para la industria. La variedad Bayonera, se obtuvo de la cruce entre los progenitores Ileri del Programa Nacional de Papa del INIFAP y el clon USA-4 de los Estados Unidos de Norteamérica con excelente calidad para la industria de

la hojuela. La variedad Enrica, se generó de la cruce entre los progenitores Atlantic del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y la variedad Ireri. En el Cuadro 1, se observa las cualidades de estas variedades liberadas. En rendimiento superaron a las variedades testigos; Alhpa, Gigant y Atlantic en 10 ambientes de evaluación con productores cooperantes. El ciclo de los cultivares es en promedio alrededor de los 100 días al desvare. Alpha, es el de más baja producción debido a que su ciclo es de 120 días después de emergencia. El promedio de sólidos obtenido es aceptable por la industria de hojuela ($\geq 14\%$). En tolerancia al tizón tardío, es significativamente más baja que las variedades introducidas. Sobresaliendo la variedad Nieder con 0.08. Esta, característica las hace más sobresalientes.

Cuadro 1. Media de características de las nuevas variedades de ciclo intermedio.

Genotipo	Producción Comercial. t/ha.	Días a desvare después de emergencia.	Sólidos %	Tasa de infección del tizón tardío.
Bayonera	38.6	96	17	0.11
Enrica	37.2	97	18	0.13
Nieder	35.7	97	17	0.08
Gigant	33.0	95	17	0.26
Alpha	30.8	100	19	0.22
Atlantic	31.8	95	18	0.32

A finales de la década de 1990, la calidad del producto dirigido tanto al mercado fresco como para la industria, ha sido afectada por condiciones que favorecen al síndrome de la punta morada, con pérdidas del 35% por mala calidad y manchado interno del tubérculo (Parga, 2000). A través de las evaluaciones de germoplasma se han identificado genotipos que presentan resistencia al pardeamiento interno del tubérculo como son la variedad Gigant, 5-10, 02-95, NAU-6, Alpha y 91-29-10 (Rubio y Cadena, 2011; Parga, 2009) presentan menor susceptibilidad al manchado de tubérculo. Actualmente no se ha reportado resistencia a los fitoplasmas, ni a liberibacter. Las variedades resistentes pueden proveer aproximación al control

de enfermedades causadas por fitoplasmas y por liberibacter. Sin embargo, solo variaciones de susceptibilidad han sido reportadas, pero muy pocos ejemplos han sido documentados.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el uso de variedades introducidas sigue siendo un grave problema en la producción de papa en el noreste de México, tanto por las pérdidas que ocasionan en producción como en calidad, debido a la susceptibilidad a los principales problemas bióticos y abióticos que favorecen al síndrome de la punta morada.

El Programa de papa del Campo Experimental Saltillo del INIFAP, ha generado germoplasma de acuerdo a los sistemas de producción y para los principales problemas que inciden negativamente en la productividad y sanidad del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Flores, O. A., N. I. A. Alemán y Z. M. I. Notario. 2004. Alternativas para el manejo de la punta morada de la papa. Simposio Punta Morada de la Papa. XXI Semana del Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 75 p.
- FIRA. 2016. Fidecomiso Instituidos en Relación con la Agricultura. Memoria de cálculo de la estimación de costos de producción de una hectárea de papa comercial bajo condiciones de riego por bombeo para Coahuila – Nuevo León.
- Parga, T. V.M., Fernández, E. J. y Sánchez, V. I. 1999a. Norteña: Variedad de papa con tolerancia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y excelente rendimiento. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 3. Coahuila, México. 6 p.
- Parga, T. V.M., Fernández, E. J. y Sánchez, V. I. 1999b. Montserrat: Nueva variedad de papa tolerante al tizón tardío y excelente calidad. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 4. Coahuila, México. 5 p.
- Parga. 2000. Devoran a la Papa: Plaga y Altos costos. Nota periodística publicada el 23 de octubre del 2000 en el periódico la PALABRA. Saltillo Coah. México.
- Parga, T. V. M., Covarrubias, R. J. M., Almeyda, L. I. H., Zamora, V. V M., Villavicencio, G. E. E., Rivera P. A. y Rocha, R. R. 2007. Nieder, Bayonera y Enrica, Variedades de Papa para Consumo en Fresco e Industria. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 28. Coahuila, México. 34 p.
- Parga, T. V. M. 2008. Mejoramiento genético por resistencia a punta morada de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Detección, Diagnóstico y Manejo de la Enfermedad Punta Morada de la Papa. Ed. Parnaso. Málaga-España. pp. 49-56.
- Parga, T. V. M. 2009. Evaluación, selección y caracterización de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes al síndrome de la punta morada. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 115p.
- Rivera-Peña, A. 2001. Metodologías tradicionales usadas en el mejoramiento genético de papa en México. INIFAP-CRCE. Campo Experimental Valle de Toluca, Metepec, Estado de Mexico. Libro técnico. Núm. 3. 45p.
- Rubio-Covarrubias, O.A. y Cadena –Hinojosa, M.A. 2011. Validación de clones y variedades tolerantes al pardeamiento interno del tubérculo provocado por el complejo de la punta morada de la papa en el estado de México. Informe de investigación. Sitio Experimental Metepec INIFAP.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TRES VARIEDADES DE AJO (*Allium sativum* L.) EN EL ESTADO DE DURANGO

Maihualy Martínez Fernández¹, Manuel Reveles Hernández², Juan José Figueroa González², Homero Sarmiento López¹

¹Campo Experimental Valle del Guadiana: INIFAP. Carretera Durango – El Mezquital Km. 4.5, C. P. 34210 Durango, Dgo., México. ²Experimental Zacatecas. INIFAP. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km 20.5. Calera, Víctor Rosales, Zacatecas, México. A. P. 18. C. P. 98500.
martinez.maihualy@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El origen del cultivo del ajo por el hombre es muy antiguo, y no se sabe con seguridad de dónde procede. Se sabe que era utilizado en la India en el siglo VI a.C., aunque la mayoría de los autores indican que es originario del Suroeste de Siberia. En las pirámides egipcias existen pruebas de su consumo y cultivo, y fue muy apreciado por los romanos y los griegos. En la Edad Media el ajo fue considerado remedio y protección contra las pestes y epidemias (Reveles y col., 2009). A partir del siglo XVII el ajo fue consumido sólo por las clases bajas, ya que la alta sociedad lo rechazaba por su olor. En la actualidad es muy apreciado como condimento, y se cultiva en casi todo el mundo, principalmente en Asia, donde se obtiene más del 80% de la producción mundial. Los principales países productores son China, India, República de Corea y Egipto.

El ajo, procedente del centro y sur de Asia desde donde se propagó al área mediterránea y de ahí al resto del mundo, se cultiva desde hace miles de años. Unos 3.000 años a. C., ya se consumía en la India y en Egipto. A finales del siglo XV los españoles introdujeron el ajo en el continente americano (Macías 2010).

En México, ha sido uno de los principales países productores de ajo en el mundo, colocándose entre los diez primeros lugares por su volumen de producción, aunque con baja participación, respecto a las ventas mundiales. En el país, los estados productores más importantes son: Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Puebla, Sonora, Querétaro y San Luis Potosí; en su conjunto, estas entidades producen cerca del 94% del total nacional (Macías, *et al.*, 2014).

El consumo de ajo fresco *per cápita* anual, es de aproximadamente 400 gramos; sin embargo, se considera que alrededor de un 10% de la producción nacional se destina para uso industrial (aceite, polvo, medicamentos, entre otros), un 63% se consume en fresco y el restante 27% es exportado (Reveles y col., 2011).

Según el SIAP en el 2017 La superficie sembrada a nivel nacional en el ciclo otoño – invierno 2016 fue de 6098 ha, con una producción de 62,281 ton .

El cultivo de ajo representa una alternativa de producción en el Estado de Durango, debido a su potencial de producción y rendimiento, acomodo en el mercado, requerimientos edafoclimaticos aptos para su producción. El rendimiento de este cultivo para el Estado de Durango en el año 2016 fue de 9,926 ton ha⁻¹ en un total de 81 ha cultivadas (SIAP, 2017). Sin embargo, no es un cultivo potencial en la zona, por lo que el objetivo del presente estudio, fue evaluar el establecimiento de tres variedades de ajo en el Estado de Durango, para calcular su capacidad adaptativa a las condiciones edafoclimáticas de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

La ejecución se llevó a cabo en el predio de los invernaderos Francisco Villa, ubicados en la localidad Gabino Santillán en el municipio de Durango en las coordenadas: 23°58'19.4' N, 104°35'53.4' O, durante el ciclo agrícola invierno 2016 – primavera 2017

Se estableció un cultivo de ajo, bajo un diseño de camas meloneras de 1.8 m de ancho por 100 m de largo con, con seis líneas de cultivo cada cama, bajo un diseño completamente al azar. La densidad tota de plantas establecidas para la realización del trabajo fue de 333, 333 plantas/ha. El total de superficie cultivada fue una hectárea, en un suelo tipo arcillo-limoso. Dicha superficie se dividió entre tres lotes, donde en cada uno se estableció el cultivo con tres variedades diferentes de ajo, las cuales se han sido nombrados bajo la siguiente nomenclatura: Chino 6, EC-4 y Platero. Posterior al establecimiento del cultivo, se realizaron actividades culturales como: deshierbes, fertilización 250 N -100 P - 265 K - 120 Ca, aplicación de riegos, aporcado, a partir del 2do., mes se realizará el monitoreo del desarrollo del cultivo de ambas variedades, llevando a cabo la siguiente metodología:

Se seleccionarán cinco puntos dentro cultivo completamente al azar, cada punto se identificará por medio de una banderilla previamente de un color elegido para cada variedad y previamente etiquetada con el nombre de la variedad y el número de repetición, cada repetición constará de cinco plantas.

Para la determinación de la curva de crecimiento del cultivo se tomarán en cuenta las siguientes variables: *número de planta, repetición, variedad, diámetro de planta, altura, numero, largo y ancho de hojas.*

El monitoreo se realizó cada tres semanas hasta antes de la cosecha del cultivo; el total de monitoreos fue de 4, en las siguientes fechas: 8 de febrero, 2 y 27 de marzo y 4 de mayo de 2017.

Durante los monitoreos se tomaron en cuenta las variables: diámetro al cuello de la planta, altura de la planta, número de hojas, largo y ancho de cada hoja.

Para la toma de datos de altura, largo y ancho de hoja se utilizó una regla de 50 cm de longitud marca Maped®, para el diámetro un vernier electrónico marca TITAN®

Para la toma de datos de la altura de planta se tomó en cuenta desde la base de la planta a ras del suelo hasta el ápice de la hoja más larga, el diámetro se midió de la base del cuello de cada planta, para el número de hojas se tomaron en cuenta las hojas con más del 50% de parte vegetativa y que al ser hojas nuevas ya estuvieran desdobladas; para las medidas de largo de hoja, se tomó en cuenta desde la base de la hoja sobre el tallo hasta el ápice y para el ancho se tomó en cuenta la parte más ancha de cada una.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de los datos obtenidos durante los monitoreos realizados en las cuatro fechas antes mencionadas se obtuvo la curva de crecimiento del cultivo por medio de las variables diámetro y altura.

En dichas graficas se puede apreciar que el comportamiento de las variedades durante el desarrollo del cultivo fue muy variable, sin embargo, al final del ciclo de desarrollo en ambas variables los gráficos muestran que fenotípicamente el mejor comportamiento se presentó en la variedad Platero (Figura 1 y 2).

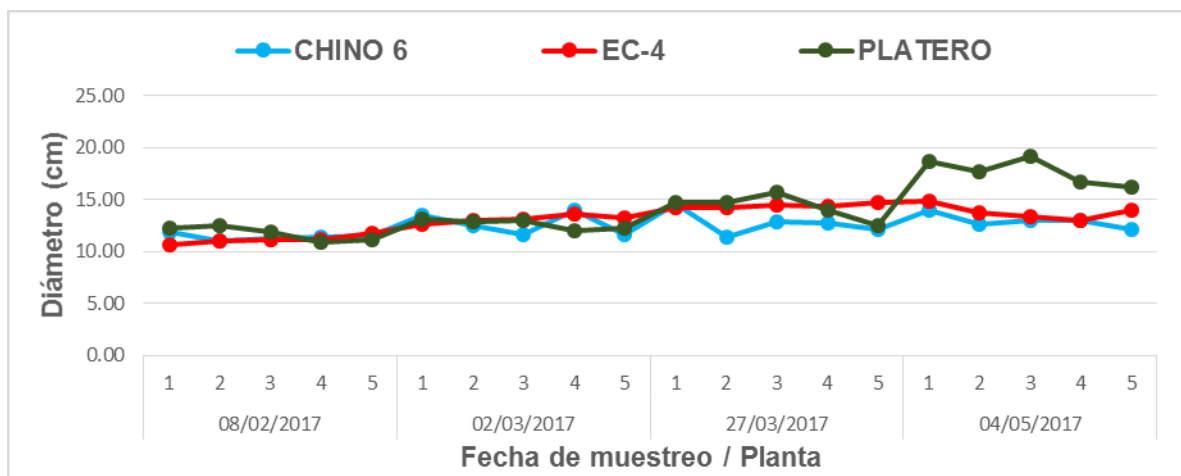


Figura 1. Curva de crecimiento de la variable diámetro en las plantas por fecha por variedad.

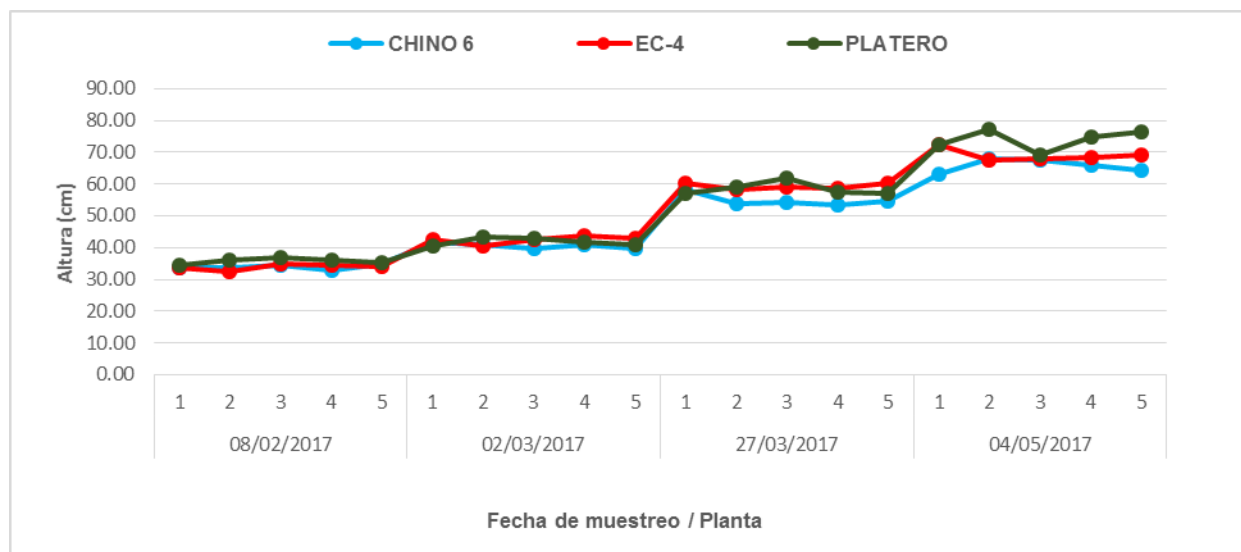


Figura 2. Curva de crecimiento de la variable altura en plantas por fecha por variedad

Para la evaluación de los tratamientos se empleó la prueba de Kruskal Wallis, y un diseño completamente al azar, en el que cada variedad representó los tratamientos, donde cada uno tuvo 5 repeticiones, seleccionadas al azar, cada repetición se conformó de 5 plantas.

Durante el monitoreo del desarrollo del cultivo se tomaron en cuenta las siguientes variables: diámetro al cuello de la planta y altura de planta, número de hojas, largo de hoja y ancho de hojas, los resultados muestran que durante el muestreo realizado en la fecha 1 y 2 (Cuadro 1.), el comportamiento del cultivo en el total de las variables no mostró diferencias significativas, esto podría ser debido a la etapa fenológica en la que se encontraba el cultivo

Cuadro 1. Matriz de significancias de altura, diámetro, no. de hojas, largo de hojas y ancho de hojas de tres variedades de ajo en Durango, durante cuatro fechas de muestreo

Variable	F1	F2	F3	F4
Altura	0.5455	0.7191	0.0455	0.0001
Diámetro	0.1125	0.1581	0.0109	0.0001
No. Hojas	0.0719	0.4442	0.0201	0.0001
Largo hojas	0.0875	0.6986	0.1841	0.0029
Ancho hojas	0.3185	0.5265	0.0129	0.0572

F: fecha

Sin embargo, durante la fecha tres en que se realizó la toma de datos, los resultados muestran que existen diferencias significativas (Cuadro 2), para las variables: Diámetro, Altura, No. de hojas y ancho de hoja.

Cuadro 2. Medias obtenidas mediante el análisis por medio de la prueba de Kruskal Wallis por fecha para las variables diámetro y altura.

Variedad	Variables							
	DF1	DF2	DF3	DF4	HF1	HF2	HF3	HF4
Chino 6	11.2	12.46	12.5	12.34*	33.61	40.24	54.7	63.5*
EC-4	10.9	12.84	14*	13.24*	33.66	42.18	58.92*	68.8*
Platero	11.5	12.46	14.1*	17.27	35.41	41.68	57.91*	73.2

D = diámetro; H= altura; F = fecha de muestreo; * = medias con mejor comportamiento

Para la variable diámetro, se muestra que el mejor comportamiento lo obtuvo la variedad Platero, mostrando el valor de la media más alta en la fecha de muestreo número 4 con un valor de 17.27. Para la variedad altura se muestra que valor de la media más alto se encontró en la fecha de muestreo número 3 en las variedades EC-4 y Platero, respectivamente, con un valor de 58.92 y 57.91, y aunque se muestra una diferencia numérica la prueba de media para esta variable para la misma fecha no indica existencia de diferencias significativas (Cuadro 3.)

Cuadro 3. Prueba de medias de las variables: Diámetro, Altura, No. de hojas y Ancho de hojas durante de la fecha de muestreo número 3.

Prueba de medias para Diámetro F3			Prueba de medias para Altura F3		
Variedades	Ranks		Variedades	Ranks	
Chino 6	29.16	A	Chino 6	27.68	A
Platero	42.14	B	Platero	40.84	B
EC-4	42.7	B	EC-4	45.48	B

En el transcurso intermedio entre las fechas de muestreo 2 y 3 se presentó una etapa de sequía en el cultivo por lo que el comportamiento del cultivo se vio mermado debido a que durante esta etapa de desarrollo las plantas son mayormente demandantes de nutrimentos para poder alcanzar rendimientos significativos.

Los resultados arrojados en la evaluación de la fecha de muestreo número 4, señalan que el comportamiento durante este período del cultivo el comportamiento entre las variedades Chino 6 y Platero fue homogéneo en las variables: diámetro, altura, número de hojas, y largo de hojas, indicando que no existen diferencias significativas entre éstas (Cuadro 5), además de mostrar valores bajos en comparación a los que se indican en la variedad EC-4 con valores superiores, los cuales indican que entre esta variedad y las otras dos si existe diferencia significativa (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias obtenidas mediante la prueba de Kruskal Wallis para las variables: diámetro, altura, no. de hojas y largo de hojas en la fecha 4 de muestreo.

Variedad	Variable							
	Diámetro	p	Altura	p	No. de hojas	P	Largo de hoja	P
Chino 6	12.34	<0.0001	63.52	<0.0001	7.76	<0.0001	45.88	0.0029
Platero	13.24		68.82		8.2		46.85	
EC-4	17.27*		73.16*		12.04*		51.17*	

*= valores que indican diferencia significativa entre variedades

Cuadro 5. Prueba de medias de las variables: Diámetro, Altura, No. de hojas y Ancho de hojas durante de la fecha de muestreo número 4

Prueba de medias para Diámetro F4				Prueba de medias para Altura F4			
Variedades	Ranks			Variedades	Ranks		
Chino 6	25.84	A		Chino 6	26.46	A	
Platero	32.52	A		Platero	35.3	A	
EC-4	55.64	B		EC-4	52.24	B	

Prueba de medias para No. de hoja F4				Prueba de medias para Largo de hoja F4			
Variedades	Ranks			Variedades	Ranks		
Chino 6	26.58	A		Chino 6	33	A	
Platero	26.74	A		Platero	30	A	
EC-4	60.68	B		EC-4	50.1	B	

CONCLUSIONES

La variedad EC-4 arrojó resultados para la evaluación del desarrollo del cultivo, se recomienda repetir el establecimiento del experimento para corroborar dicho resultado. Aunque fenotípicamente la variedad Platero arrojó datos de mayores magnitudes en el total del tiempo en el que se desarrolló el cultivo, en el momento de la cosecha presentó características poco adecuadas para la selección de los frutos, acorde a los requerimientos del mercado. Caso contrario a la variedad EC-4 que durante el desarrollo del cultivo no parecía cumplir con los caracteres adecuados de calidad, pero de acuerdo a los resultados obtenidos, es la variedad que obtuvo mejor respuesta al establecimiento del cultivo en las condiciones agroecológicas del Estado de Durango.

BIBLIOGRAFÍA

- Macías, D. R.; Grijalva, C. R. L.; Robles, C. F. 2010. Productividad y Calidad de variedades de Ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. Biotecnia, VOL. XII, No. 1 44-47-53 p.
- Macías, V. L. M; Maciel, P. L. H; Silos, E. H. 2014. Diamante: Variedad de Ajo Blanco tipo California generada por selección individual. AGROFAZ. 53 p.
- Reveles, H. M; Velásquez, V. R; Bravo, L. A. G. 2009, Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. INIFAP. 3 - 66 - 75 - 195 - 203 p.
- Reveles, H. M; Velásquez, V. R; Alvarado, N. M. D.; Rubio, D. S. 2011. "CEZAC 06": nueva variedad de ajo tipo jaspeado para la región norte centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- SIAP – SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016 <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consulta: 15 de junio de 2017

EFFECTO RESIDUAL DE FUENTES Y DOSIS DE FÓSFORO, EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Juan Manuel Cortés Jiménez¹, Alma Angélica Ortiz Avalos¹, Manuel Madrid Cruz¹, Miguel Rivera González¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo Experimental Valle del Yaqui. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000,

Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81210.

²Centro Interdisciplinario de Relación Agua, Suelo y Atmósfera, Km. 6.5 Margen Derecha Canal De Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35150, Tel. (0155) 38718700 Ext.80513

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de fósforo en el suelo es un factor limitativo para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Aunque generalmente no está sometido a pérdidas por lixiviación ni volatilización, su absorción por la planta puede limitarse por la fijación fisicoquímica a la que está sujeto por los minerales del suelo, que hacen insolubles en agua y soluciones ácidas diluidas a las especies fosfatadas (Cruz *et al.*, 2001).

En el Valle del Yaqui, se aplica fósforo prácticamente en todos los tipos de suelo y en toda la variedad de cultivos que se siembran en la región. El fosfato mono amónico 11-52-0 o MAP por sus siglas en inglés, es la fuente de fósforo recomendada por el INIFAP y la más utilizada en la región, aun cuando se han encontrado incrementos al utilizar MAP 11-44-0 (Cortés *et al.*, 2011). Evaluaciones en trigo con Ortho Fosfato Plus en dosis de 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅, indicaron que esta fuente superó al MAP con 221 kg ha⁻¹. En otro estudio con el MAP 11-40-0-15 se obtuvieron 132 kg ha⁻¹ adicionales con respecto al MAP 11-52-0 y 143 kg ha⁻¹ adicionales cuando se aplicó polifosfato de amonio 10-34-0 (Cortés, 2015).

En todos los casos, el incremento en rendimiento de trigo con relación al MAP no alcanzó a pagar la diferencia en costo de los diferentes fertilizantes, por lo cual la recomendación se ha mantenido en base al MAP 11-52-0. Correndo y García (2016), no encontraron evidencias consistentes de que las fuentes sólidas difieran en eficiencia de uso de P. Siempre que se apliquen dosis equivalentes de P y de los demás nutrientes acompañantes, tampoco observaron mayor eficiencia de las fuentes líquidas de P y éstas últimas tienen un costo más elevado. En un estudio previo, el MAP 11-52-0, superó al MicroEssentials® SZ (12-40-0-10-1 de N, P₂O₅, K₂O, S y Zn) al comparar dosis de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha⁻¹ de ambos fertilizantes, combinados con dosis de 0, 1.0 y 2.0 ton ha⁻¹ de Nutripellet (Cortés *et al.*, 2016). El

objetivo de la presente evaluación fue determinar el efecto residual de dos fuentes y cinco dosis de fósforo, así como de un fertilizante orgánico, sobre el rendimiento de trigo variedad CIRNO C2008.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo otoño-invierno 2016/2017 en un suelo arcilloso con 9.36 ppm de P Bray P1, ubicado a 27°22'06.41" N y 109°55'18.69" W. Se evaluó el efecto residual de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha⁻¹ de Fosfato mono amónico (11-52-00 de NPK), y de MicroEssentials® SZ, (12-40-0-10-1 de N, P₂O₅, K₂O, S y Zn), aplicados durante el ciclo 2015/2016. La preparación del suelo en ambos ciclos, consistió en dos pasos de cultivadora con triple barra porta-herramientas para reutilizar el surco del cultivo anterior. Los tratamientos se aplicaron al voleo y se incorporaron con un paso de cultivadora. La siembra se llevó a cabo el 6 de diciembre con la variedad CIRNO C2008, en surcos a 80 cm con dos hileras de plantas por surco y 108 kg ha⁻¹ de semilla. Se aplicó un riego de presembrado el 15 de noviembre y cuatro riegos de auxilio; el 24 de enero, 14 de febrero, 9 de marzo y 22 de marzo. Se fertilizó con 400 kg de urea, la cual se aplicó al voleo el día 13 de febrero. Para el control de plagas se liberó crisopa, sin embargo, fue necesaria una aplicación de Muralla contra pulgón el día 10 de febrero y una aplicación de fungicida Opus contra roya de la hoja antes del tercer riego de auxilio. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. En la repetición uno se agregó en presembrado 2.0 ton ha⁻¹ de Nutripellet, en la repetición dos se aplicó una tonelada y en la repetición tres no se aplicó este fertilizante orgánico peletizado, el cual tiene registro OMRI. En el cuadro 1 se describe su composición de acuerdo a su ficha técnica. La parcela mayor correspondió a las fuentes de fósforo y la menor a las dosis. La unidad experimental fue de 4 surcos de 6.25 metros de longitud y se cosechó como parcela útil un surco de 2 metros de largo. La variable evaluada fue el rendimiento de grano al 12% de humedad. Los datos se analizaron en MSTAT.

Cuadro 1. Características del fertilizante orgánico Nutripellet de acuerdo a su ficha técnica.

Característica	Valor	Característica	Valor
pH (1:5 agua destilada)	6-7	Potasio (K ₂ O) %	2-3
C.E. dS m ⁻¹ 1:5 agua	10-12	Calcio %	11-16
Densidad g cm ⁻³	0.7-0.9	Sodio %	1.0-1.5
Humedad %	12-18	Magnesio %	1.0-1.6
Cenizas	50-55	Fierro %	0.4-1.0
Relación C/N	11-13	Zinc ppm	400-700

Materia Orgánica %	40-45	Cobre ppm	60-90
Nitrógeno total %	2-3	Manganeso ppm	450-800
Fósforo (P ₂ O ₅) %	2.5-4.0	Boro ppm	40-100
Azufre (S-SO ₄) %	0.5-1.5		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el primer ciclo de evaluación 2015-2016, se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de fósforo y altamente significativas entre las dosis de fertilizante evaluadas (Cortés *et al.*, 2016). No se observó interacción significativa entre fuentes y dosis de fósforo (Cuadro 1). El MAP 11-52-0 superó en rendimiento al MicroEssentials® SZ, la diferencia entre ambos fue de 0.633 ton ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano. Fuentes y dosis de fósforo.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F calculada	Probabilidad
Repeticiones	2	0.400	0.200	2.358	0.2977
Fuentes de fósforo (A)	1	3.009	3.009	35.449	0.0271
Error	2	0.170	0.085		
Dosis de fósforo (B)	4	27.48	6.870	45.214	0.0000
A x B	4	0.155	0.039	0.256	
Error	16	2.431	0.152		
Total	29	33.64			

C.V.: 7.46%

Cuadro 2. Efecto de la fuente y la dosis de fósforo en el rendimiento de trigo.

Fertilizante kg ha ⁻¹	Rendimiento de grano ton ha ⁻¹		
	MicroEssentials® SZ	MAP	Media
0	3.234	4.042	3.638 d
100	4.446	5.200	4.823 c
200	5.075	5.471	5.273 bc
300	5.763	6.355	6.059 ab
400	6.013	6.630	6.321 a
Media	4.906 a	5.539 b	5.233

Tukey 0.05 Fuentes: 0.457 Tukey 0.01 Dosis: 0.873

En el ciclo 2016-2017, se encontró efecto residual significativo entre repeticiones y altamente significativo entre dosis de fósforo. No se observó interacción entre fuentes y dosis de fósforo (Cuadro 3). Los rendimientos obtenidos se reportan en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de grano. CENEB-INIFAP. Ciclo 2016-2017

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F calculada	Probabilidad
---------------------	------	------	------	-------------	--------------

Repeticiones	2	2.081	1.041	66.222	0.0149
Fuentes de fósforo (A)	1	0.049	0.049	3.1264	0.2191
Error	2	0.031	0.016		
Dosis de fósforo (B)	4	4.949	1.237	5.2345	0.0069
A x B	4	0.283	0.071	0.2988	
Error	16	3.782	0.236		
Total	29	11.17			

C.V.: 14.7%

Durante el ciclo 2015-16, la aplicación de las dos fuentes de fósforo en cualquiera de las dosis fue una práctica rentable. Para el ciclo 2016-2017, con un precio del trigo de \$4,500 por ton, el efecto residual de la dosis de 100 kg ha⁻¹ de cualquiera de las dos fuentes evaluadas, reportó ingresos superiores al costo de ambos fertilizantes. Con 400 kg ha⁻¹ de MAP 11-52 el efecto residual fue de 1.397 ton ha⁻¹, que representan \$6,286 por hectárea. Este efecto residual de fósforo ya se había observado en experimentos previos, en los cuales la eficiencia máxima en la recuperación de fósforo fue del 21%. Para suelos con menos de 10 ppm de fósforo Bray, se confirma la calibración del método Bray P1 realizada para los suelos del sur de Sonora (Cortés y Ortiz, 2003; Cortés *et al.*, 2011).

Cuadro 4. Efecto residual de la fuente y la dosis de fósforo en el rendimiento de trigo.

2015-16 kg ha ⁻¹	Rendimiento de grano ton ha ⁻¹ ciclo 2016-17		
	MicroEssentials® SZ	MAP	Media
0	2.704	2.718	2.711 b
100	3.124	2.990	3.057 ab
200	3.250	3.426	3.338 ab
300	3.546	3.484	3.515 ab
400	3.705	4.115	3.910 a
Media	3.266 a	3.347 a	3.306

DMS Tukey 0.01: 1.089

La diferencia significativa entre repeticiones, atribuible al efecto de la aplicación del fertilizante orgánico, se reporta en el cuadro 3. La dosis de una y dos toneladas por hectárea fueron estadísticamente iguales entre si y superiores al testigo sin aplicación. El incremento en producción al aplicar 1.0 ton ha⁻¹ de Nutripellet fue de 0.47 ton ha⁻¹ de trigo, que representaron un ingreso de \$2,115 por hectárea. El costo del fertilizante orgánico fue de \$2,800 por tonelada.

El mismo efecto residual de los abonos orgánicos ya fue reportado para diferentes estiércoles (Cortés, 2007).

Cuadro 3. Efecto residual del Nutripellet en el rendimiento de trigo

Nutripellet ton ha ⁻¹	Rendimiento de grano ton ha ⁻¹
0	2.944 a
1.0	3.414 b
2.0	3.561 b

DMS Tukey 0.05: 0.329

CONCLUSIONES

No se observaron diferencias significativas entre el efecto residual del fosfato mono amónico 11-52-0 y el MicroEssentials® SZ 12-40-0-10-1. Cada dosis de fósforo aplicada el ciclo 2015-2016, incrementó el rendimiento el ciclo 2016-2017. El mayor efecto residual se obtuvo con la mayor dosis de MAP 11-52-0, seguida de la mayor dosis de MicroEssentials® SZ. La aplicación de una y dos ton ha⁻¹ de fertilizante orgánico Nutripellet, tuvo un efecto residual significativo con respecto al testigo, no se observaron diferencias significativas entre dosis.

BIBLIOGRAFIA

- Correndo, A.A. y F.O. García. 2016. Trigo 2016. Algunas pautas para el manejo nutricional del cultivo. International Plant Nutrition Institute IPNI. 9 p. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/72A012E0C96ABC2F03257FA30074307E/\\$FILE/Trigo%202016%20-%20Pautas%20Nutrici%C3%B3n.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/72A012E0C96ABC2F03257FA30074307E/$FILE/Trigo%202016%20-%20Pautas%20Nutrici%C3%B3n.pdf) Consultado el 14/07/2016.
- Cortés, J.J.M., A.A. Ortiz, y S. Beltrán. 2016. Respuesta del trigo a la fuente y dosis de fósforo en un suelo arcilloso del Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México. p. 622-626.
- Cortés, J.J.M. 2015. Fertilizantes químicos convencionales y de liberación lenta o controlada. In: Hernández-Tejeda, T. (Ed). Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. Libro Técnico Núm. 9. CENID-COMEF, INIFAP. México, D. F. pp. 99-112.
- Cortés, J.J.M., G. Fuentes, J.E. Ortiz, L.M. Tamayo, E. Cortez, A.A. Ortiz, P. Félix, y I. Armenta. 2011. Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. 238 pp.
- Cortés, J.J.M. 2007. Residualidad del uso de estiércoles en trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. p. 209-214.
- Cortés, J.J.M. y J.E. Ortiz. 2003. Fertilización y mejoradores de suelos. Memoria del Día del Agricultor 2003. Publicación especial No. 10. Campo Experimental Valle del Yaqui. INIFAP. pp. 22-23.
- Cruz, F., G., Tirado T.J. L.; Alcántar González, G.; Santizo Rincón, J. A. (2001). Eficiencia de uso de fósforo en triticale y trigo en dos suelos con diferente capacidad de fijación de fósforo. *Terra Latinoamericana*, enero-marzo, 47-54.

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE HÍBRIDOS DE MAIZ EN SURCOS CONVENCIONALES Y ESTRECHOS

Oralia Antuna Grijalva¹, Jonathan Ortega Sánchez¹, Armando Espinoza Banda¹, Genny Llaven-Valencia² y José Luis Coyac Rodríguez¹

¹ Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico "Raúl López Sánchez" km 2. Torreón, Coahuila. CP. 27054, ² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera Internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, C.P. 81110
e-mail: oantuna_77@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera, la industria lechera demanda incrementar el rendimiento de maíz forrajero sin disminuir su calidad. Una alternativa de manejo agronómico es la siembra en surcos estrechos, con un distanciamiento menor al convencional (76 cm). Esta práctica permite incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie debido, principalmente, a una intercepción de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Barbieri *et al.*, 2013). En la medida en que se reduce la distancia entre surcos e incrementa la distancia entre plantas se mantiene constante la densidad de plantación y es posible incrementar de 7 a 20% el rendimiento de grano (Murphy *et al.*, 1996).

Otro factor importante además de la calidad de forraje de maíz, es la calidad de la semilla ya que es importante para los agricultores y la industria semillera, de ello depende el número de plantas existentes en un área determinada de cultivo, es decir, prefiere aquellas que muestran alto vigor (Delouche y Cadwell, 1960). Para la industria es trascendente la calidad de la semilla por la gran variación en tipo de grano que exhiben las variedades e híbridos de maíz.

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la relación de surcos convencionales y estrechos en la calidad fisiológica de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético consistió en cinco híbridos comerciales de maíz: Alicante, Canguro, Cimarrón, Garañón y Guepardo. La siembra se realizó el 30 de marzo de 2016 en el ciclo primavera, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, el cual se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 25°31'11" de latitud norte y 103°25'57" de longitud oeste. El diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con un arreglo factorial 5x3, para el factor A se colocaron los cinco híbridos de maíz y el factor B fueron los tres distanciamientos entre surcos. La parcela experimental consistió en dos surcos

de 5 m de longitud con una distancia entre surcos de 0.75 m, 0.60 m y 0.40 m, para así obtener una densidad de 100,000 plantas por hectárea con un distanciamiento entre planta y planta de 13.2 cm, 16.6 cm y 25 cm, respectivamente. La parcela útil se determinó con la siguiente fórmula:

$$SC = \text{número de surcos} * \text{largo de surco cosechado} * \text{ancho de surco cosechado}$$

donde: SC = superficie cosechada

Germinación estándar (GE)

Se evaluó la de calidad fisiológica de la semilla mediante la prueba de germinación estándar. Se utilizó el método “entre papel” siguiendo las normas establecidas por la International Seed Testing Association (Moreno, 1996). Se cuantifico el número de semillas germinadas que desarrollaron plántulas normales. El porcentaje de germinación se determinó con la siguiente fórmula:

$$GE = \frac{PN}{NS} * 100$$

donde: PN = plántulas normales y NS = número de semillas utilizadas en el ensayo.

Longitud media de plúmula (LP)

Consistió en medir la longitud de la plúmula de 25 plántulas. Se calculó el vigor y el resultado se clasifico por la escala propuesta por Peretti (1994).

$$LP = \frac{1n + 3n + 5n + 7n + 9n + 11n + 13n}{ns}$$

donde: LP : longitud de plúmula, n = número de plántulas normales y ns = número de semillas utilizadas en el ensayo.

Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquél en que se observó la primera plántula emergida; el final del conteo fue a quince días después del establecimiento del experimento. El IVE se calculó de acuerdo a la propuesta de Maguire (1962).

$$IVE = \sum \left(\frac{n_i}{\sum t_i} \right)$$

donde: n_i : número de plántulas procedentes de semillas germinadas durante el intervalo t_i , $\sum t_i$ tiempo desde la siembra hasta el conteo de germinación t_i .

Peso de mil semillas (PMS)

Se tomaron ocho repeticiones de 100 semillas y se registro su peso en gramos.

Peso volumétrico (PV)

Se colocó la semilla en un recipiente volumen conocido y se tomó el peso de cada una de las repeticiones. Posteriormente se registro el peso en kilogramos hectolitro.

$$PV = \left[\frac{P}{\frac{1000}{V}} \right]$$

donde: P =peso de la semilla y V =volumen del recipiente

Diseño estadístico

Para el análisis de datos se realizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 5x3. El modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta + \text{Factor A} + \text{Factor B} + \text{Factor A} * \text{Factor B} + \varepsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} = Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B, μ = Efecto constante denominado media global, β = efecto producido por el nivel j -ésimo del factor B= efecto producido por la interacción entre AXB y ε_{ij} = efecto del error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de varianza (Cuadro 1) se observó diferencia estadística ($p \leq 0.05$) para la fuente de variación híbridos en PV, PMS. Asimismo, se presentó diferencia ($p \leq 0.05$) entre los híbridos en distancia en las variables: PMS y IVE. En la interacción V*D no se presentaron diferencias significativas.

Los coeficientes de variación oscilaron de 2.5 a 16.2%, donde la variable IVE fue el de mayor con 16.2% esto se debe al manejo que se le dio a las plántulas en el invernadero. Las demás variables presentan valores confiables de acuerdo con De la Cruz *et al.*, (2007) quienes afirman que los coeficientes de variación se consideran confiables, cuando es menor al 15 %.

Cuadro 1. Cuadrados medios de calidad fisiológica de semilla de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

FV	gl	GE (%)	LP (cm)	PV (kg hL ⁻¹)	PMS (g)	IVE (d)
Híbridos	4	19.200ns	1.265ns	17.668*	25.392*	4.188ns
Distancia	2	0.533ns	0.570ns	9.048ns	245.116**	33.873**
V*D	8	9.200ns	0.836ns	2.952ns	6.262ns	2.837ns

Bloque	1	0.533ns	1.348ns	10.644ns	7.076ns	8.490ns
Error	14	6.247	0.977	2.530	7.150	2.329
Total	29					
CV%		2.536	8.716	3.101	9.272	16.265

*, ** Los valores significativos al 0.05 y 0.01% ns= no existe significancia, GE= Germinación, LP= Longitud de Plúmula, PV= Peso Volumétrico, PMS= Peso de Mil Semillas e IVE= Índice de Velocidad de Emergencia

Germinación

El comportamiento promedio (Figura 1) de Germinación (GE), señala que los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Guepardo y Cimarrón con valores de: 100% y 99.33%. En general los híbridos presentaron un buen comportamiento en los diferentes distanciamientos entre surcos. El acortamiento entre surcos no afectó la germinación, esto quiere señalar que se puede sembrar a una distancia menor entre surco sin afectar la capacidad de la semilla para producir plántula normal.

Longitud media de plúmula (LP)

Los híbridos Guepardo, Cimarrón y Canguro (Figura 2) presentaron la mayor longitud media de plúmula (11.8 cm y 11.3 cm) con respecto a los demás. Se observa que los materiales se expresaron igual en cada distanciamiento. La emergencia de las plántulas no se vio afectada por los distanciamientos de surcos, ya que los resultados obtenidos en el ensayo nos indican que los materiales cuentan con plántulas de alto vigor (Peretti, 1994).

Peso Volumétrico (PV)

En cuanto a la variable de peso volumétrico (Figura 3), los híbridos Canguro, Guepardo y Alicante acumularon el mayor valor con 53.8 kg hL⁻¹, 52.1 kg hL⁻¹ y 50.9 kg hL⁻¹ respectivamente. Los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 52.0 kg hL⁻¹, para los demás distanciamientos de 0.60 m y 0.75 m, con medias de 51.59 kg hL⁻¹ y 50.22 kg hL⁻¹. El peso volumétrico se vio afectado por el distanciamiento ya que no se encuentra dentro de los estándares de calidad de semilla reportados por Moreno (1996) quien señala que semilla de maíz de buena calidad registran un peso volumétrico de 75 kg hL⁻¹.

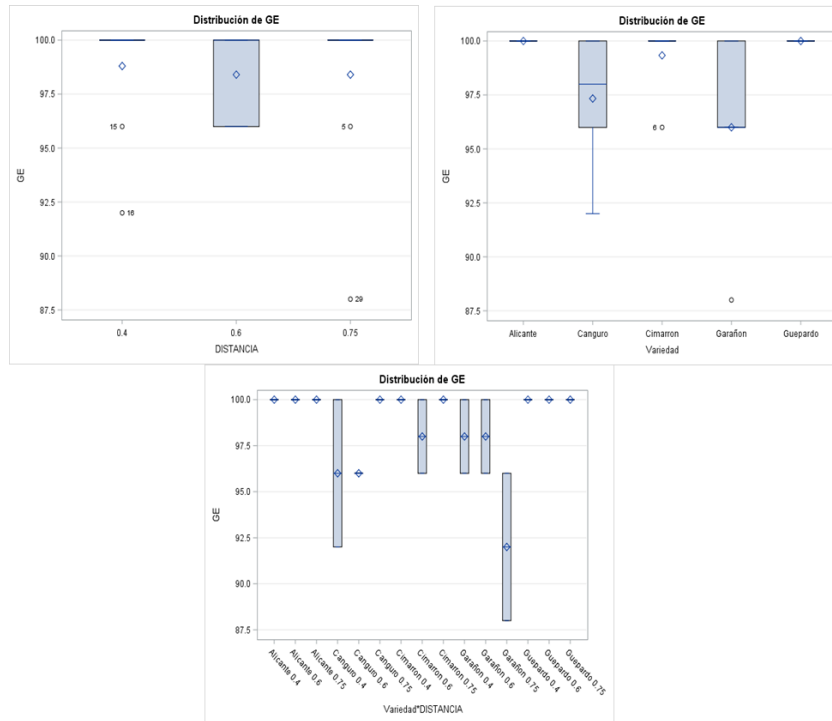


Figura 1. Promedio de Germinación (GE) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

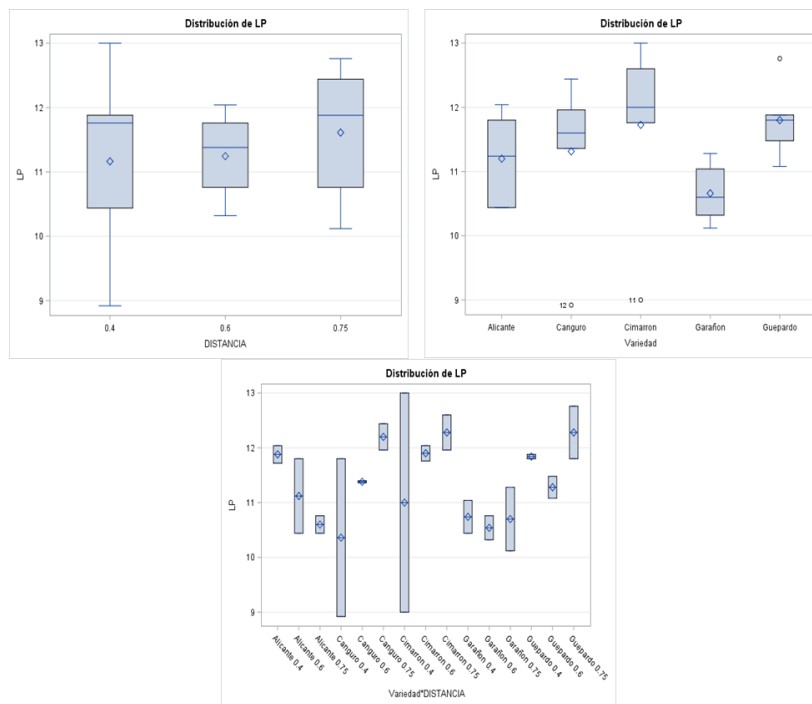


Figura 2. Promedio de Longitud media de plúmula (LP) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

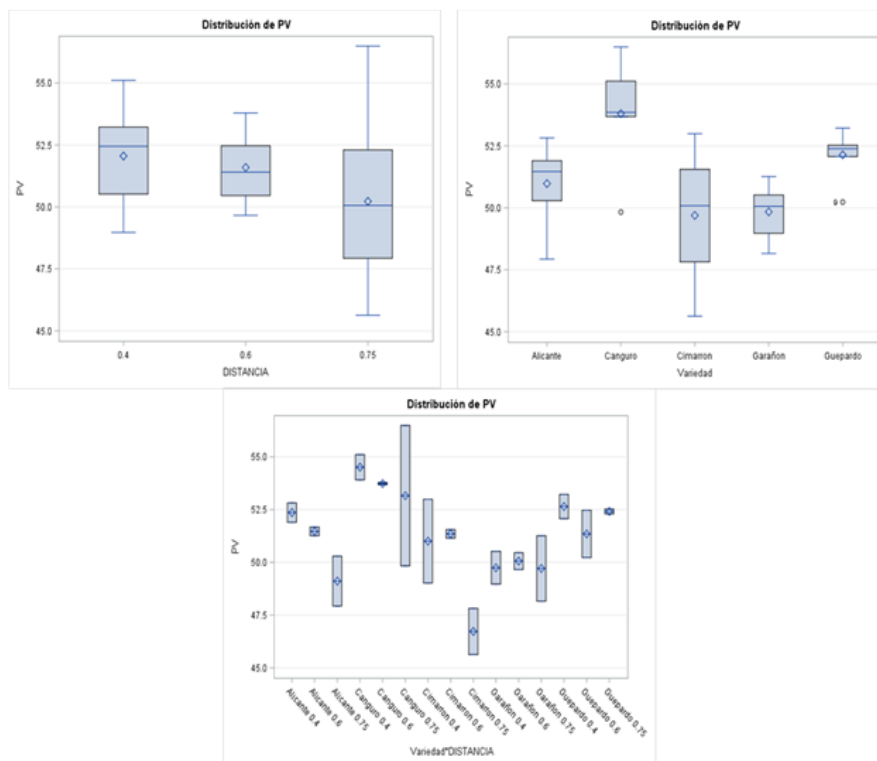


Figura 3. Promedio de Peso Volumétrico (PV) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

Peso de Mil Semillas (PMS)

El peso de mil semillas (Figura 4) se vio afectado por el distanciamiento ya que no se registra como semilla de buena calidad dentro del rango reportado por Peretti (1994) quien indica que semillas de maíz de calidad poseen un peso absoluto de 250g a 400 g. Los híbridos más sobresalientes fueron Guepardo, Garañón y Canguro con las siguientes medias 32.0 g , 28.8 g y 28.5 g, los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 34.40 g.

Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Los híbridos más sobresalientes en índice de velocidad de emergencia (Figura 4), fueron Alicante, Guepardo y Garañón, con las siguientes medias 10 días, 10 días y 9 días, los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 7 días, para los demás distanciamientos de 0.60 m y 0.75 m, con medias de 10 días respectivamente. El acortamiento entre surcos aumenta la velocidad de emergencia, ya que la semilla emergió en menor tiempo y sin afectar su calidad.

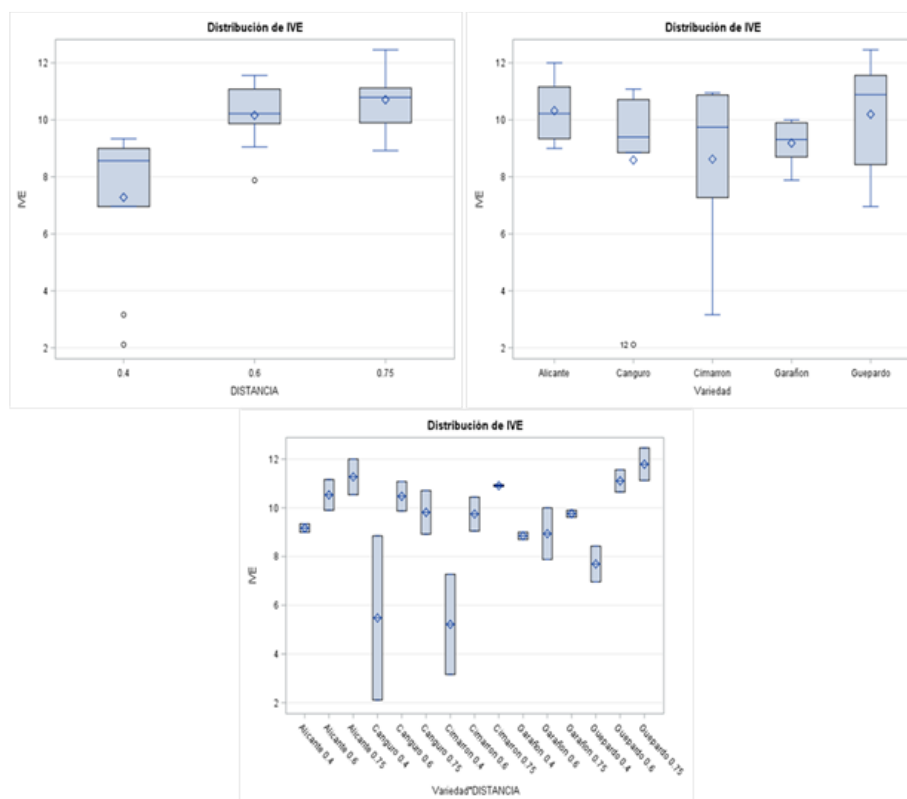


Figura 4. Promedio de Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

CONCLUSIONES

-El distanciamiento entre surcos no afectó la eficiencia fisiológica de la semilla en las variables de germinación, longitud media de plúmula e índice de velocidad de emergencia.

-Las diferencias en calidad fisiológica en las variables de peso volumétrico y peso de mil semillas entre los híbridos, se puede atribuir tal vez al manejo agronómico del lote experimental.

BIBLIOGRAFIA

- Barbieri, P. A., Echeverría, H. E., Rozas, H. R. S., & Andrade, F. H. (2013). Nitrogen status in maize grown at different row spacings and nitrogen availability. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(6), 1049-1058.
- De la Cruz-Lázaro, E., Rodríguez-Herrera, S. A., Palomo-Gil, A., López Benítez, A., Robledo-Torres, V., Gómez-Vázquez, A., & Osorio-Osorio, R. (2007). Aptitud combinatoria de líneas de maíz de alta calidad de proteína para características forrajeras. *Universidad y Ciencia*, 23(1).
- Delouche, J.C.; Caldwell, W.P. (1960). Seed vigor and vigor tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 50: 124-129.
- Moreno, M. E. (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3a edición. Instituto de Biología. UNAM. México. D.F. 393 p.
- Murphy, S. D., Yakubu, Y., Weise, S. F., & Swanton, C. J. (1996). Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. *Weed science*, 865-870.
- Peretti, A. (1994). Manual para análisis de semillas. INTA. Editorial Hemisferio Sur SA 281 pp.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO CON RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS, EN EL CICLO 2015-2016

Ivón Alejandra Rosas-Jauregui, Guillermo Fuentes-Dávila, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y Pedro Félix-Valencia

Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000. Correo: rosas.ivon@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Entre las condiciones adversas afrontadas por los sistemas agrícolas a nivel mundial, el estrés por altas temperaturas constituye uno de los factores abióticos de mayor impacto en la productividad de las plantas cultivadas (Asseng *et al.*, 2015). Aproximadamente el 59% de la superficie agrícola mundial se encuentra afectada por esta condición estresante que, en su mayoría, supera la tolerancia de las especies de cultivos tradicionales (Kurepin *et al.*, 2015). El estrés térmico afecta directamente el rendimiento de los cultivos, tras la alteración de su óptimo desarrollo, modificando las relaciones hídricas, fundamentalmente la tasa de transpiración, el balance fotosíntesis-respiración, eficiencia del uso de agua (Azcón-Bieto y Talón, 2008), la síntesis proteica, la actividad enzimática y en consecuencia disminuyen los rendimientos agrícolas e industriales (Walter *et al.*, 2013). Actualmente, se estima que será el trigo uno de los cultivos mayormente afectados por el estrés térmico en los próximos diez años, debido fundamentalmente a la estrecha relación del rendimiento con la cantidad de horas frío que necesita el cultivo (Asseng *et al.*, 2015). Entre las estrategias de producción de alimentos ante el cambio climático, el uso de especies y cultivares tolerantes al estrés térmico se considera de primordial importancia y ha tenido especial atención en el mundo durante los últimos cinco años (Asseng *et al.*, 2015). Sin embargo, los estudios de aclimatación y tolerancia aún no cumplen todas las expectativas, por lo que se tendrá que trabajar en la mejora genética para este carácter (Gutiérrez *et al.*, 2015). También es necesario desarrollar alternativas como las asociaciones entre especies y consorcios microbianos que permitan incrementar la tolerancia al calor (Argentel *et al.*, 2016). Algunos estudios demuestran que el rendimiento disminuye en más de un 5% cuando ocurre un incremento térmico diurno de 3°C durante la fenofase de amacollamiento y, en general se prevé que la producción global de trigo podría reducirse en 6% por cada grado centígrado de incremento en temperatura (Asseng *et al.*, 2015). El carácter poligénico de la tolerancia a estrés abiótico en general y el térmico en particular, ha sido la principal limitante para la mejora genética en el trigo (FAO, 2017). Por ello es necesario monitorear el germoplasma disponible e identificar caracteres morfológicos, fisiológicos,

bioquímicos y agronómicos promisorios en cultivares y especies, ante los escenarios del cambio climático global que pudieran ser utilizados en programas de mejora (Bahuguna y Jagadish, 2015). El objetivo del presente trabajo fue evaluar en campo líneas avanzadas de trigo harinero con tolerancia a alta temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El 29 de diciembre de 2015 se sembraron 50 genotipos de líneas avanzadas de trigo harinero con adaptabilidad a alta temperatura que formaron parte del vivero 14vo. HTWYT (High Temperature Wheat Yield Trial) (Cuadro 1) del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, en la Estación Experimental Norman E. Borlaug, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, ubicada en la manzana 910 del Valle del Yaqui a 27° 22'04.64" de latitud norte y 109° 55'28.26" longitud oeste, 37 msnm, con clima cálido [BW (h)] y calor extremo, de acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por García (1988). Las parcelas consistieron en una cama de 1 m de largo con dos hileras, de 0.80 m de separación sin repeticiones y una densidad de siembra de 100 kg/ha. Para el ensayo se siguieron las recomendaciones técnicas del INIFAP (Figuroa-López *et al.*, 2011). Las temperaturas máximas, mínimas y promedio diarias (°C) y la humedad relativa, así como las precipitaciones se registraron durante la temporada de cultivo. Las horas frío se determinaron como la temperatura > 0.1°C a < 10°C que ocurrió durante una hora determinada. Las variables que se evaluaron fueron: a) espigamiento (días), b) peso de mil granos (g), y c) rendimiento por parcela (g).

Cuadro 1. Líneas avanzadas de trigo harinero con resistencia a altas temperaturas (14vo. HTWYT).

No.	Pedigrí e historial de selección
1	MOVAS (testigo)
2	KACHU #1 CMSS97M03912T-040Y-020Y-030M-020Y-040M-4Y-2M-0Y
3	BAJ #1 CGSS01Y00134S-099Y-099M-099M-13Y-0B
4	FRANCOLIN #1 CGSS01B00056T-099Y-099M-099M-099Y-099M-14Y-0B
5	KIRITATI/4/2*SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/5/HUW234+LR34 /PRINIA//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07 CMSS09Y00249S-099Y-099M-099Y-1M-0WGY
6	KIRITATI//2*PRL/2*PASTOR/3/HUHWA1 CMSS09Y00250S-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-21WGY-0B
7	PRL/2*PASTOR//WAXWING*2/KRONSTAD F2004/4/PBW343*2/KUKUNA//KRONSTAD F2004/3/PBW343*2/KUKUNA CMSS09Y00695T-099TOPM-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-7WGY-0B
8	PRL/2*PASTOR//WAXWING*2/KRONSTAD F2004/4/PBW343*2/KUKUNA//KRONSTAD F2004/3/PBW343*2/KUKUNA CMSS09Y00695T-099TOPM-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-10WGY-0B
9	DANPHE/2*BAJ #1

- 10 CMSS09Y00703T-099TOPM-099Y-099M-099Y-19WGY-0B
SERI.1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ/4/CIRCUS/5/2*PRL/2*PASTOR//PBW343*2
/KUKUNA/3/ROLF07
- 11 CMSS09Y00724T-099TOPM-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-25WGY-0B
ELVIRA/5/CNDO/R143//ENTE/MEXI75/3/AE.SQ/4/2*OCI/6/VEE/PJN//KAUZ
/3/PASTOR/7/2*PBW343*2/KUKUNA//PBW343*2/KUKUNA
CMSS09Y00794T-099TOPM-099Y-099M-099Y-1WGY-0B
- 12 BAJ #1*2/BECARD
CMSS09Y00803T-099TOPM-099Y-099M-099Y-11WGY-0B
- 13 BAJ #1*2/5/SW89.5277/BORL95//SKAUZ/3/PRL/2*PASTOR/4/HEILO
CMSS09Y00808T-099TOPM-099Y-099M-099Y-4WGY-0B
- 14 KACHU*2//WHEAR/SOKOLL
CMSS09Y00818T-099TOPM-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-10WGY-0B
- 15 PAURAUQUE #1/3/PBW343*2/KUKUNA//PBW343*2/KUKUNA/4/BAJ #1
CMSS09Y00835T-099TOPM-099Y-099M-099Y-3WGY-0B
- 16 WBLL1*2/BRAMBLING//SAAR/2*WAXWING/4/PBW343*2/KUKUNA//KRONSTAD
F2004/3/PBW343*2/KUKUNA
CMSS09Y00843T-099TOPM-099Y-099M-099Y-12WGY-0B
- 17 MELON//FILIN/MILAN/3/FILIN/4/PRINIA/PASTOR//HUITES/3/MILAN
/OTUS//ATTILA/3*BCN/5/MELON//FILIN/MILAN/3/FILIN
CMSS09Y01061T-099TOPM-099Y-099M-099Y-8WGY-0B
- 18 92.001E7.32.5/SLVS/5/NS732/HER/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/6/SOKOLL
/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU
CMSA09Y00409T-099B-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-10WGY-0B
- 19 CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
/5/HUW234+LR34/PRINIA//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07
CMSA09Y00638S-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-7WGY-0B
- 20 BAVIS/4/TC870344/GUI//TEMPORALERA M 87/AGR/3/2*WBLL1
CMSA09Y00643S-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-8WGY-0B
- 21 SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/WHEAR/SOKOLL
CMSA09Y00810S-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-19WGY-0B
- 22 MILAN//PRL/2*PASTOR/4/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGO/3/BAV92/5/PAURAUQ
CMSA09M00542S-050ZTM-0NJ-099NJ-15WGY-0B
- 23 PICAFLOR #1/5/FRET2/KUKUNA//FRET2/3/YANAC/4/FRET2/KIRITATI
CMSS09B00251S-099ZTM-099NJ-099NJ-4WGY-0B
- 24 DANPHE/3/PBW343*2/KUKUNA//PBW343*2/KUKUNA
CMSS09B00317S-099ZTM-099NJ-099NJ-10WGY-0B
- 25 BAJ #1/6/WBLL1*2/4/YACO/PBW65/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU #1
CMSS09B00483S-099M-099Y-3WGY-0B
- 26 FRANCOLIN #1/BAJ #1
CMSS09B00490S-099M-099Y-2WGY-0B
- 27 PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI/5/WHEAR/SOKOLL
CMSS09B00506S-099ZTM-099NJ-099NJ-16WGY-0B
- 28 SUP152*2/PFUNYE #1
CMSS09B00816T-099TOPY-099ZTM-099NJ-099NJ-6WGY-0B
- 29 PFAU/WEAVER*2//TRANSFER#12,P88.272.2/7/TNMU/6/CEP80111/CEP81165/
5/IAC5/4/YKT406/3/AG/ASN//ATR/8/BABAX/LR42//BABAX*2/3/PAVON 7S3, +LR47
CMSS09B01018T-099TOPY-099M-099Y-1M-0WGY
- 30 CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
*2/5/WHEAR/SOKOLL
CMSA09M00056T-077(SR25HET)Y-050ZTM-0NJ-099NJ-8WGY-0B
- 31 ROLF07/KINGBIRD #1//MUNAL #1
CMSA09M00147T-050Y-050ZTM-050Y-2WGY-0B
- 32 SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU*2/4/PASTOR//MILAN/KAUZ/3/BAV92
CMSA09M00229T-050Y-050ZTM-050Y-2WGY-0B
- 33 CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
/5/TRCH/SRTU//KACHU
CMSS10Y00023S-099Y-099M-10WGY-0B
- 34 BAJ #1/3/TRCH/SRTU//KACHU
CMSS10Y00030S-099Y-099M-6WGY-0B
- 35 SUP152/3/INQALAB 91*2/TUKURU//WHEAR
CMSS10Y00045S-099Y-099M-10WGY-0B

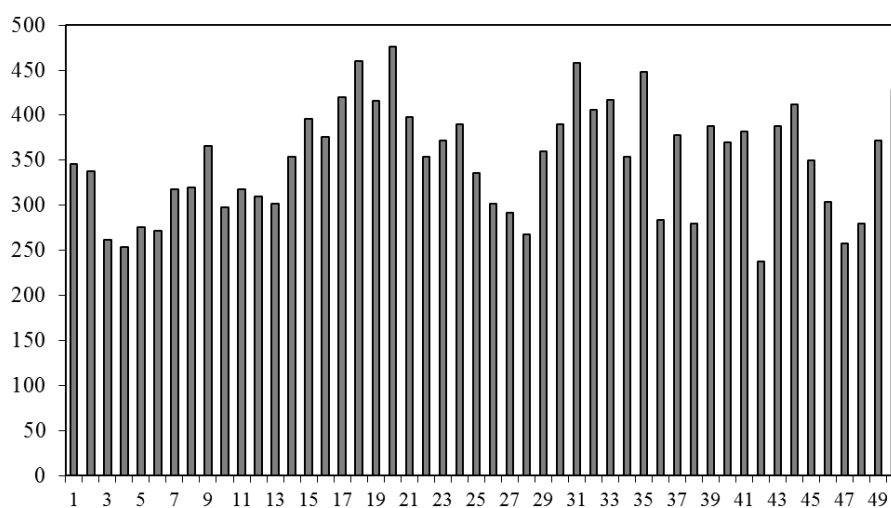
36	ATTILA*2/HUITES//FINSI/3/ATTILA*2/PBW65/4/TRCH/SRTU//KACHU CMSS10Y00272S-099Y-099M-16WGY-0B
37	TUKURU//BAV92/RAYON/6/NG8201/KAUZ/4/SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/ 5/MILAN/KAUZ/7/TRCH/SRTU//KACHU CMSS10Y00314S-099Y-099M-3WGY-0B
38	TILHI/SOKOLL*2//KINGBIRD #1 CMSS10Y00766T-099TOPM-099Y-099M-10WGY-0B
39	TUKURU//BAV92/RAYON/6/NG8201/KAUZ/4/SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/ 5/MILAN/KAUZ*2/7/KINGBIRD #1 CMSS10Y00844T-099TOPM-099Y-099M-7WGY-0B
40	FRET2/KIRITATI/5/NAC/TH.AC//3*PVN/3/MIRLO/BUC/4/2*PASTOR*2/6/PVN CMSS10Y00845T-099TOPM-099Y-099M-10WGY-0B
41	HUW234+LR34/PRINIA//KIRITATI*2/3/KINGBIRD #1 CMSS10Y00916T-099TOPM-099Y-099M-2WGY-0B
42	ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING/4/WBLL1/KUKUNA// TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1 CMSS10Y00973T-099TOPM-099Y-099M-15WGY-0B
43	KACHU/6/WHEAR/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/C80.1/3*BATAVIA //2*WBLL1/7/TRCH/SRTU//KACHU CMSS10Y01009T-099TOPM-099Y-099M-12WGY-0B
44	WBLL1*2/BRAMBLING/WHEAR/KRONSTAD F2004/3/TRCH/SRTU//KACHU CMSS10Y01021T-099TOPM-099Y-099M-8WGY-0B
45	WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1*2/6/WBLL1*2/4/YACO/PBW65/ 3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU #1 CMSS10Y01063T-099TOPM-099Y-099M-5WGY-0B
46	BAJ #1*2/4/WAXWING/3/PFAU/WEAVER//BRAMBLING CMSS10Y01213T-099TOPM-099Y-099M-4WGY-0B
47	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR/8/2*SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/4/HAAS8446/2*FASAN/5/C BRD/KAUZ/6/MILAN/AMSEL/7/FRET2*2/KUKUNA CMSS10Y01238T-099TOPM-099Y-099M-5WGY-0B
48	PBW343*2/KUKUNA//PBW343*2/KUKUNA/3/2*BAJ #1 CMSS10Y01250T-099TOPM-099Y-099M-6WGY-0B
49	HUWA1/2*PAURAQ CMSS10Y01336T-099TOPM-099Y-099M-2WGY-0B
50	VEE/MJI//2*TUI/3/2*PASTOR/4/BERKUT/5/2*BAVIS CMSA10Y00166T-099B-050Y-050ZTM-12WGY-0B

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de los días a espigamiento fue 72.2, con un intervalo de 64 a 78; las líneas más precoces fueron ATTILA*2/HUITES//FINSI/3/ATTILA*2/PBW65/4/TRCH/SRTU//KACHU, BAJ #1*2/4/WAXWING/3/PFAU/WEAVER//BRAMBLING y PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA(TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR/8/2*SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/4/HAAS8446/2*FASAN/5/CBRD/KAUZ/6/MILAN/AMSEL/7/FRET2*2/KUKUNA, mientras que las más tardías fueron DANPHE/2*BAJ#1, PFAU/WEAVER*2//TRANSFER#12,P88.272.2/7/TNMU/6/CEP80111/CEP81165/5/IAC5/4/YKT406/3/AG/ASN//ATR/8/BABAX/LR42//BABAX*2/3/PAVON7S3+LR47 y KACHU/6/WHEAR/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/7/TRCH/SRTU//KACHU. El promedio del peso de mil granos fue de 49.5 g, con un intervalo de 38 a 58 g. Las líneas con el mayor peso fueron CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/HUW234+LR34/PRINIA//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07, FRET2/KIRITATI/5/NAC/TH.AC//3*PVN/3/MIRLO/BUC/4/2*PASTOR*2/6/PVN

y PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPSSQUARROSA(TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR/8/2*SHA7//PRL/VEE#6/3/FASAN/4/HAAS8446/2*FASAN/5/CBRD/KAUZ/6/MILAN/AMSEL/7/FRET2*2/KUKUNA, mientras que la de menor peso fue el testigo Movas C2009 con 38 g seguida de KACHU*2//WHEAR/SOKOLL con 40 g. El rendimiento promedio de grano por parcela fue de 350.7 g, con un intervalo de 238 a 476 g (Figura 1). El rendimiento de grano más alto se mostró en la línea BAVIS/4/TC870344/GUI//TEMPORALERAM87/AGR/3/2*WBLL1, con 476 g, seguida por 92.001E7.32.5/SLVS/5/NS-732/HER/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/6/SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU con 460 g (Figura 1). Varias líneas tuvieron un buen desempeño, incluso sin tener en cuenta el posible efecto de las olas de calor, las cuales indican que el estrés térmico es el principal factor que causa una reducción en la productividad del trigo debido a las altas temperaturas Savin *et al.* (1997). El rendimiento de grano se correlaciona en gran medida con el número de horas frío acumuladas, lo que permite predecir el rendimiento esperado con un 89% de confianza. La relación muestra que una base de 340 CH esperaríamos un rendimiento de grano de 4,63 t ha⁻¹, y para cada incremento de 100 CH el rendimiento aumentaría de 330 kg.

Rendimiento por parcela (g)



Líneas avanzadas de trigo harinero

Figura 1. Rendimiento de grano por parcela (g), de 50 líneas avanzadas con tolerancia a temperaturas altas.

CONCLUSIONES

Materiales prometedores con una buena respuesta en condiciones de altas temperaturas fueron las líneas BAVIS/4/TC870344/GUI//TEMPORALERAM87/AGR/3/2*WBLL1 y

92.001E7.32.5/SLVS/5/NS732/HER/3/PRL/SARA/TSI/VEE#5/4/FRET2/6/SOKOLL/3/PASTOR //HXL7573/2*BAU, que mostraron un buen rendimiento de grano, aunque la primera estuvo por abajo del promedio de peso de mil granos y la segunda estuvo en el promedio con 50 g. La primera línea tiene potencial para llegar a 5.95 t/ha y la segunda para 5.75 t/ha bajo las condiciones de siembra tardía.

BIBLIOGRAFÍA

- Argente, L., Garatuza, J., Yépez, E.A. y de los Santos-Villalobos, S. 2016. Evaluación de la tolerancia de variedades mexicanas de trigo a la salinidad, a través de indicadores fisiológicos, bioquímicos y agronómicos, cultivadas en Cuba en condiciones de campo. *Cultivos Tropicales* 37(1):91-101. ISSN 0258-5936.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D., Kimball, B.A., Ottman, M.J., Wall, G.W., White, J.W., Reynolds, M.P., Alderman, P.D., Prasad, P.V.V., Aggarwal, P.K., Anothai, J., Basso, B., Biernath, C., Challinor, A.J., De Sanctis, G., Doltra, J., Fereres, E., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Izaurralde, R.C., Jabloun, M., Jones, C.D., Kersebaum, K.C., Koehler, A.-K., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O'Leary, G., Olesen, J.E., Palosuo, T., Priesack, E., Eyshi Rezaei, E., Ruane, A.C., Semenov, M.A., Shcherbak, I., Stöckle, C., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Thorburn, P.J., Waha, K., Wang, E., Wallach, D., Wolf, J., Zhao, Z. y Zhu, Y. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5(2):143-147. ISSN 1758-678X, DOI 10.1038/nclimate2470.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2a ed. Ed. McGraw-Hill/Interamericana. Barcelona, España. 651 p. ISBN 978-84-481-5168-3.
- Bahuguna, R.N., and Jagadish, K.S.V. 2015. Temperature regulation of plant phenological development. *Environmental and Experimental Botany* 111:83-90. ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2014.10.007.
- FAO. 2017. *World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO perspective* [en línea]. Ed. FAO, Rome, Italy. 154 p. ISBN 92-5-104835-5, [Consultado: 10 de enero de 2017], Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e00.htm>.
- Figuerola-López, P., Fuentes-Dávila, G., Cortés-Jiménez, J.M., Tamayo-Esquer, L.M., Félix-Valencia, P., Ortiz-Enríquez, J.E., Armenta-Cárdenas, I., Valenzuela-Herrera, V., Chávez-Villalba, G. y Félix-Fuentes, J.L. 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. ISBN 978-607-425-518-8.
- 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 p.
- Gutiérrez, M., Reynolds, M.P., and Klatt, A.R. 2015. Effect of leaf and spike morphological traits on the relationship between spectral reflectance indices and yield in wheat. *International Journal of Remote Sensing* 36(3):701-718. ISSN 0143-1161, 1366-5901, DOI 10.1080/01431161.2014.999878.
- Kurepin, L.V., Ivanov, A.G., Zaman, M., Pharis, R.P., Allakhverdiev, S.I., Hurry, V., and Hüner, N.P.A. 2015. Stress-related hormones and glycinebetaine interplay in protection of photosynthesis under abiotic stress conditions. *Photosynthesis Research* 126(2-3):221-235. ISSN 1573-5079, DOI 10.1007/s11120-015-0125-x.
- Savin, R., Stone, P.J., Nicolas, M.E., and Wardlaw, I.F. 1997. Grain growth and malting quality of barley. 1. Effects of heat stress and moderately high temperature. *Australian Journal of Agricultural Research* 48:615-624.
- Walter, J., Jentsch, A., Beierkuhnlein, C., and Kreyling, J. 2013. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes. *Environmental and Experimental Botany* 94:3-8. ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2012.02.009.

PREDICCIÓN DE CRUZAS DOBLES Y TRIPLES DE CRUZAS SIMPLES DE MAÍZ

Armando Espinoza Banda^{1*}, Oralia Antuna Grijalva¹, José Luis Coyac Rodríguez¹, Genny Llaven Valencia² y Aidé Hernández Hernández²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Perif. Raúl López Sánchez Km. 2, Torreón Coah. CP:27054. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, CP: 81110, Juan José Ríos, Sinaloa.
*e-mail: aebanda7@yahoo.com.mx

INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera, el maíz ha tomado relevancia desde 1991 con la caída del cultivo del algodón y el surgimiento de la actividad pecuaria en la región. Por año se siembran en promedio 45 mil hectáreas en los ciclos primavera y verano. El 90% se siembra con híbridos comerciales para grano de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país. Por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003), por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. De acuerdo a Núñez *et al.* (2006), la producción en el ciclo primavera es mayor que en verano, lo que se atribuye a las condiciones climáticas que prevalecen en dichos ciclos y, en especial la temperatura, la cual es en promedio 2.6°C más alta en verano (CONAGUA, 2011). De acuerdo con Kumar and Wigge (2010) las plantas son altamente sensibles a la temperatura y pueden percibir una diferencia de hasta un grado centígrado. Aún bajo condiciones óptimas de manejo, el rendimiento se puede reducir hasta 4 por ciento por cada 1°C que aumente la temperatura media debido al acortamiento del período de llenado del grano (Stapper y Fischer, 1990). Por lo anterior, se justifica la generación de híbridos que produzcan bien en ambos ciclos en la Comarca Lagunera. En un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, la aptitud combinatoria específica (ACE) es más importante que la aptitud combinatoria general (ACG) ya que con la ACE se puede hacer mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistasia. Con base a la información de las cruza simples derivados de un sistema de cruza dialélicas, es posible predecir las mejores cruza triples ó trilineales y las cruza dobles. En principio se planteó el uso como hembras las cruza simples y alguna otra línea y/o una cruza simple como machos, lo que da origen a las cruza triples y dobles respectivamente (Jones, 1918). La predicción de todas las cruza posibles triples y dobles, resulta impráctico por el número que resulta. Con 6 líneas, se generan 15, 60 y 360 cruza simples, triples y dobles respectivamente, por lo que se han generado diversos métodos

predictivos. Los más utilizados son los cuatro propuestos por Jenkins (1934) para cruza dobles.

En el presente trabajo se utilizaron los datos provenientes de un dialélico 6x6 evaluados en dos ambientes con tres líneas del CIMMYT y tres del programa de mejoramiento de maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, con el objeto de predecir las cruza triples y dobles más sobresalientes de las 15 cruza simples.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el campo experimental de la UAAAN, durante los ciclos primavera y verano de 2011 en condiciones de riego. Se usaron seis líneas endocriadas, tres provenientes del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) y tres del programa de mejoramiento de maíz de la UAAANUL, Cuadro 1.

Cuadro 1. Número, descripción y pedigrí de las líneas.

No	Línea	Pedigrí
24	CML-506 (A)	[92SEW2-77/[DMRESR-W]EarlySel-#1-2-4-B/CML386]-B-11-3-B-2-#-BB
25	CML-508(A)	[89[G27/TEWTSRPool]#-278-2-XB/[COMPE2/P43SR//COMPE2]F#-20-1-1]-B-32-2-B-4-#-2-BB
26	CML-509(B)	[92SEW1-2/[DMRESR-W]EarlySel-#L-2-1-B/CML386]-B-22-1-B-4-#-1-BB
23	AN-77-185	P60xAN6-77-185-#-12-5-1
27	AN-82-190	P68xAN7-82-190-#-20-2-1
28	AN-78-186	P64xAN2-78-186-#-18-4-1

Las 15 cruza y los seis progenitores se evaluaron en el Campo Experimental de la UAAAN-UL en los ciclos agrícolas de primavera y verano del 2011. La siembra de primavera y verano se realizaron el 09 de abril y el 04 de junio respectivamente. Ambas fechas son recomendadas para maíz en la región (SAGARPA, 1999). Las 15 cruza posibles se generaron de acuerdo al diseño-II de Griffing (1956), Cuadro 2. Además del rendimiento, se tomaron variables agromorfológicas las cuales se excluyen del presente trabajo. El rendimiento de grano se utilizó para la predicción de las cruza dobles y triples. Para la predicción se utilizaron el método 2 propuesto por Jenkins (1934). Este mes es el mas exacto y real para predecir satisfactoriamente el comportamiento de las cruza dobles (Doxtator y Johnson, 1936; Anderson, 1938: Hayes *et al.*, 1946) además aprovecha la acción génica aditiva y no aditiva (Eberhart *et al.*, 1964).

Cuadro 2. Aptitud combinatoria general (ACG) de las seis líneas y rendimiento (kg ha⁻¹) de las 15 cruzas simples.

	24	25	26	27	28	ACG
23	8213	6633	5680	7014	7245	100.37
24		7268	7858	7315	4639	435.64
25			5977	6604	7265	174.25
26				7219	6617	-187.5
27					4036	-182.86
28						-339.9

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a las 15 cruzas simples utilizadas para la predicción de cruzas triples como dobles, en teoría se generan 60 cruzas triples y 360 dobles. Estos números son imposibles de evaluar por lo que con base a la ACG, se predijeron las mejores cruzas triples y dobles, consignadas en los cuadros 3 y 4.

En el Cuadro 3, se enlistan las 10 cruzas dobles predichas con los rendimientos mas sobresalientes. Los valores medios oscilaron de 7483 a 6841.3 kg ha⁻¹ para la cruz (23x26)x(24x28) y (23x25)x(24x28) respectivamente. La mejor cruz fue (23x26)x(24x28), donde se combinan dos líneas (23 y 24) con valores altos y positivos de ACG y adicionalmente, estas líneas provienen de germoplasma diferente; la línea 23 es germoplasma de la UAAAN y la línea 24 proviene del germoplasma tropical del CIMMYT, pues de acuerdo con De La Cruz *et al.* (2002) y Ramírez *et al.* (2007) los mejores resultados heteróticos se obtienen cuando se cruzan líneas no relacionados.

Respecto a la predicción de cruzas triples, en teoría se pueden generar 60 posibles cruzas, sin embargo, en el cuadro 4 se presentan 16 de las mejores cruzas predichas. Los rendimientos de grano en las cruzas más sobresalientes oscilan de 6934.5 a 8035.5 kg ha⁻¹. La cruz triple predicha 24(23x26) es la más sobresaliente de acuerdo al método B de Jenkin (1934). En la predicción de esta cruz intervienen las combinaciones de germoplasma diferente (23x24) y, en el caso de 23x26, ambas líneas del CIMMYT pero de diferente grupo heterótico.

Cuadro 3. Rendimiento medio (kg ha⁻¹) de las cruzas dobles mas sobresaliente predichas por el método "B" de Jenkins (1934).

Cruza Doble	CS†	REN‡	Cruza Doble	CS	REN
(23x26)x(24x28)	23x24	8213	(23x24)x(26x27)	23x26	5680
	23x28	7245		23x27	7014
	24x26	7858		24x27	7315
	26x28	6617		24x26	7858
	Media	7483.3		Media	6966.8
(25x26)x(24x28)	24x25	7268	(27x28)x(25x26)	25x27	6604
	25x28	7265		26x27	7219
	24x26	7858		25x28	7265
	26x28	6617		26x28	6617
	Media	7252		Media	6926.3
(23x24)x(25x27)	23x25	6633	(25x26)x(27x28)	25x27	6604
	23x27	7014		25x28	7265
	24x27	7315		26x27	7219
	24x25	7268		26x28	6617
	Media	7057.5			6926.3
(23x25)x(27x28)	23x27	7014	(23x24)x(25x26)	23x25	6633
	23x28	7245		23x26	5680
	25x27	6604		24x25	7268
	25x28	7265		24x26	7858
	Media	7032.0		Media	6859.8
(23x26)x(27x28)	23x27	7014	(23x25)x(24x28)	23x24	8213
	23x28	7245		23x28	7245
	26x27	7219		24x25	7268
	26x28	6617		24x28	4639
	Media	7023.8		Media	6841.3

†Cruza simple, ‡Rendimiento

Cuadro 4. Rendimiento medio (kg ha⁻¹) de las cruza triples más sobresaliente predichas por el método "B" de Jenkins (1934).

Cruza Triple	CS†	REN‡	Cruza Triple	CS	REN
24(23x26)	23x24	8213	23(27x28)	23x27	7014
	24x26	7858		23x28	7245
	Media	8035.5		Media	7129.5

24(23x27)	23x24	8213	24(25x27)	24x25	7268
	24x27	7315		24x27	7315
	Media	7764.0		Media	7291.5
24(23x25)	23x24	8213	25(24x28)	24x25	7268
	24x25	7268		25x28	7265
	Media	7740.5		Media	7266.5
23(24x28)	23x24	8213	25(23x24)	23x25	6633
	23x28	7245		24x25	7268
	Media	7729.0		Media	6950.5
23(24x27)	23x24	8213	25(23x28)	23x25	6633
	23x27	7014		25x28	7265
	Media	7613.5		Media	6949.0
24(26x27)	24x26	7858	23(24x26)	23x24	8213
	24x27	7315		23x26	5680
	Media	7586.5		Media	6946.5
24(25x 26)	24x25	7268	23(25x28)	23x25	6633
	24x26	7858		23x28	7245
	Media	7563.0		Media	6939.0
23(24x25)	23x24	8213	25(27x28)	25x27	6604
	23x25	6633		25x28	7265
	Media	7423.0		Media	6934.5

†Cruza simple, ‡Rendimiento

CONCLUSIONES

De acuerdo a la predicción de las cruzas dobles y triples generadas con el método "B" de Jenkins (1934):

Las mejores cruzas dobles fueron: (23x26)x(24x28), (25x26)x(24x28) y (23x24)x (25x27), con rendimientos de 7483.3, 7252 y 7057.5 kg ha⁻¹ respectivamente.

La mejores cruzas triples predichas fueron: 24(23x26), 24(23x27) y 24(23x25) con rendimientos 8035.5, 7764.0 y 7740 kg ha⁻¹.

Las cruzas triples en promedio superan en rendimiento a las cruzas dobles.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, D C (1938) The relation between single and double cross yield in corn. Jour. Am. Soc. Agron. 30:209-211.

- Doxtator C W and I J Johnson (1936) Prediction of double cross yields in corn. *J. Am. Agron.* 28: 460-462.
- Eberhart S A, Penny L. H. and Sprague G F (1964) Intraplot competition among maize single crosses. *Crop Sci.* 4: 467-471.
- Griffing B J (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Hayes H K, Rinke E H and Tsiang Y S (1946) Experimental studies on conversant and backcrossing in corn. *Minn. Agric. Exp. Stat Tech. Bull.* 172: 3-4.
- Jenkins M T 1934. Methods of estimating the performance of double in corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 26:199-204.
- Jones, D.F. 1918. The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. *Conn. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 207: 5-100.
- Kumar S V and Wigge P A (2010) H2A.Z-Containing Nucleosomes Mediate the Thermosensory Response in *Arabidopsis*. *Cell*, 140, 136-140.
- La Cruz L L de, J Ron P, J L Ramírez D, J J Sánchez G, M M Morales R, M Chuela B, S A Hurtado P, S Mena M (2003) Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev.Fitotec. Mex.* 26 (1): 1-10.
- Núñez H G, A Peña R, F González C, R Faz C (2006) Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje. In: *Maíz Forrajero de Alto Rendimiento y Calidad Nutricional*. J G Martínez R, Y I Chew M, I Reyes J, G Núñez H (eds). Libro Científico Núm. 3. INIFAP–CIRNOC– CELALA. pp:45–97.
- Peña RA, Núñez HG, González CF (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41(1): 63-74.
- Ramírez D J L, M Chuela B, V A Vidal M, J Ron P y F Caballero H (2007) Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30 (4): 453 – 461.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 1999. Paquetes tecnológicos y costos de producción de los principales cultivos de la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Durango, México.

COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE 15 HÍBRIDOS DE MAÍZ DE RIEGO, EN DURANGO, DGO., MÉXICO

Adán Castillo Rosales¹

¹INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5 carretera Durango-Mezquital

castillo.adan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada de maíz para grano bajo riego en los últimos seis años (2009 – 2014) en Durango fue de 23,556 hectáreas (ha) en promedio. El 83 % de la superficie se ubicó en seis municipios: Durango (10,198 ha), Poanas (2,975 ha), Santiago Papasquiari (2,095 ha), Nombre de Dios (1,895 ha), Guadalupe Victoria (1,565 ha) y Vicente Guerrero (939 ha).

La productividad del maíz para grano bajo riego en Durango fue de 5.70 (t ha⁻¹) en promedio durante el período de 2009 a 2014. Los más altos índices de productividad los presentaron los municipios de: Panuco de Coronado (8.20 t ha⁻¹), Durango (8.18 t ha⁻¹), Guadalupe Victoria (8.15 t ha⁻¹), Canatlán (8.00 t ha⁻¹) y Nuevo Ideal (8.00 t ha⁻¹).

La problemática más importante del cultivo de maíz bajo riego en Durango, son la presencia de suelos salino-sódicos y desnivelados, así como el bajo uso de fertilizantes, herbicidas y semillas mejoradas. Aunado a lo anterior, en años recientes se ha presentado incidencia alta de enfermedades, como el carbón común (*Ustilago maydis*) y el carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), que han causado daños de consideración en algunas parcelas, por lo que es de gran importancia que las variedades recomendadas incluyan resistencia genética a estas y otras enfermedades. Otro problema de enfermedades del maíz que se ha venido observando en las siembras de maíz de riego, es el achaparramiento causado por el patógeno *Spiroplasma kunkelii*, cuyo agente trasmisor es la chicharrita (*Dalbulus maidis* y *D. elimatus*).

De las plagas del cultivo, las principales son: el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y el picudo del maíz (*Sphenophorus maidis*), las dos primeras se presentan en forma temprana en las siembras de maíz de riego en el Valle del Guadiana.

Hibridación en Maíz.

La heterosis o vigor híbrido es la base del mejoramiento genético por hibridación. Este fenómeno fue observado por primera vez en 1871 por Darwin (Wallace y Brown, 1956) y se define como el exceso de vigor de la F_1 de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores (Gowen, 1952).

Existen dos hipótesis principales que explican el fenómeno de heterosis: la de dominancia y la de sobredominancia (Allard, 1960).

El uso de la hibridación para el desarrollo de híbridos fue iniciado por Beal (1880): sembró dos variedades en surcos adyacentes, una de las cuales fue elegida como progenitor femenino y, por lo tanto, fue desespigada, mientras que la otra variedad sirvió como polinizadora masculina; este híbrido entre variedades rindió más que las variedades parentales de polinización abierta.

La investigación innovadora llevada a cabo por Shull (1908, 1909) sobre el método de mejoramiento de maíz basado en las líneas puras dio las bases para una exitosa investigación y desarrollo de los híbridos. Esto ahora está avalado por cerca de 105 años de investigación de los fitomejoradores de maíz en los Estados Unidos de América y en otros países. El esquema de híbridos de cruza simple fue sugerido inicialmente por Shull (1908, 1909) y East (1908), quienes desarrollaron los cruzamientos de dos líneas endocriadas por el método de la línea pura, pero que no fue comercialmente exitoso a causa de las dificultades encontradas y el alto costo de la producción de las cruza simple. El maíz híbrido fue una realidad comercial cuando Jones (1918) sugirió que dos cruza simple podían ser cruzadas entre sí para producir híbridos dobles. Hallauer y Miranda (1988) describieron los aspectos importantes del desarrollo de la investigación del maíz híbrido desde las cruza simple de Shull y East hasta el concepto moderno de usar dos líneas endocriadas para hacer una cruza simple. Después del éxito de Jones (1918) con los híbridos dobles, las siguientes aportaciones fueron: pruebas de *topcross* para habilidad combinatoria (Davis, 1927); predicciones sobre los híbridos dobles (Jenkins, 1934); pruebas tempranas de líneas puras (Jenkins, 1935; Sprague, 1946); concepto de variabilidad genética e híbridos (Cockerham, 1961); cruza de tres vías y, finalmente, híbridos simple desarrollando líneas puras superiores de alto rendimiento.

Los prerrequisitos para el desarrollo de cualquier tipo de híbrido son contar con buenos progenitores derivados de fuentes de germoplasma superior con caracteres agronómicos deseables y alta habilidad combinatoria general y específica.

Los conceptos de aptitud combinatoria general (*ACG*) y aptitud combinatoria específica (*ACE*) fueron definidos por Sprague y Tatum (1942). La técnica más usual para estimar los efectos de

ACG (g_i) de las líneas y de ACE (s_{ij}) de sus cruzas, es el diseño dialélico de Griffing (1956) mediante alguno de sus cuatro métodos.

El objetivo del presente trabajo fue Identificar híbridos superiores que garanticen mayor rendimiento, potencial genético y resistencia a enfermedades, con características agronómicas ventajosas para el productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo PV-2016 se evaluaron 9 híbridos de maíz solicitadas por las compañías de semillas Porter Sedds (4), Semyca (3) y Agribiotech (2), además de seis nuevos híbridos del INIFAP. El testigo de comparación fue el H-311. La evaluación se realizó en un suelo típico de la región, en terrenos del Campo Experimental "Valle del Guadiana"; de textura arcillo-arenoso con contenido moderado de sales sódicas ($PS1=7$) y pH alcalino (7.9).

El manejo agronómico de los experimentos se llevó a cabo con el paquete tecnológico recomendado por el Campo Experimental, con excepción de la dosis de fertilizante la cual fue 180-80-00. Lo anterior fue con el fin de eliminar la posibilidad de deficiencias de nutrientes.

La densidad de población sembrada fue de aproximadamente 120 mil plantas por hectárea ajustándose después de la primera escarda a 76 mil plantas por hectárea. Se usaron parcelas de cuatro surcos de 5.0 m de largo, con surcos a 0.81 m de ancho (Figura 1). En 2016 se sembraron todas las variedades en un solo experimento el día 26 de mayo. El diseño experimental utilizado fue en látice simple cuadrado 4 X 4 (Cuadro 1).

Se dieron dos aplicaciones de insecticida con Lorsban 480 con una dosis de 1.0 l por hectáreas para el control del gusano cogollero los días 15 de junio y 5 de julio. El riego de pre-siembra se aplicó el 19 de mayo. Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron cuatro riegos de auxilio de 10 cm de lámina aproximadamente. La precipitación acumulada de mayo a noviembre en la estación meteorológica del CEVAG fue de 413 mm.

Cuadro 1. Ensayo de híbridos comerciales de maíz, bajo riego, Dgo-2016

Núm.	Genealogía	Compañía	Repeticiones			
			I	II	III	IV
1	ABT 1280	ABT 2015	103	213	304	407
2	ABT ORO	ABT 2015	102	210	302	416
3	Torreón A	Porter Seeds	101	207	301	412
4	Torreón A2	Porter Seeds	104	203	303	404
5	Torreón 1	Porter Seeds	111	214	314	408
6	Torreón 2D	Porter Seeds	110	211	315	413
7	MAX-3351	Semyca 2015	109	206	313	409
8	MAX-3359	Semyca 2015	112	204	316	401
9	MAX-3366	Semyca 2015	108	215	310	406
10	H-379	INIFAP	107	209	309	414
11	H-324	INIFAP	106	205	312	411
12	H-326	INIFAP	105	202	311	403
13	H-383	INIFAP	113	216	307	405
14	H-385	INIFAP	116	212	308	415
15	HCP1	Asgrow	114	208	305	410
16	H-311TI	INIFAP	115	201	306	402

Parcela Experimental: Cuatro surcos de 5 m de longitud.

Repeticiones: 4

Diseño: Látice simple 4x 4

F. de S. = 26/May/2016

Nota: TI= Testigo Intermédio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de grano (Cuadro 2) se detectaron diferencias altamente significativas entre variedades ($\alpha = 0.01$). Para el rendimiento de grano, sobresalieron en el primer grupo estadístico (a) los híbridos HCP1 y ABT 1280, con rendimientos de 13487 y 12624 kg ha⁻¹, según la DMS_{0.05} = 1192 kg ha⁻¹ (Cuadro 3), estos dos híbridos superaron al testigo de comparación H-311, el cual presentó un rendimiento de 9438 kg ha⁻¹. Los híbridos que también superaron al testigo de comparación fueron: Torreón A, Torreón 1, H-385, Torreón A2, MAX 3366 y ABT ORO, con rendimientos de 11728, 11406, 11048, 11017, 10942 y 10827 kg ha⁻¹ respectivamente, de los cuales Torreón A, Torreón A2 y ABT ORO son de grano amarillo. El coeficiente de variación del análisis fue de 7.8 %, el cual se considera muy aceptable para este tipo de pruebas bajo condiciones de riego.

Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento del ensayo de híbridos comerciales de maíz bajo riego, en Durango, Ciclo PV-2016.

FV	gl	CM	SIGNIF
REP	3	706947	
VAR	15	7232009	**
BLOQ	12	1213774	
ERROR	33	687091	
TOTAL	63		

CV= 7.8 %

DMS= 1,192 kg ha⁻¹

Como puede denotarse en el Cuadro 3, del grupo sobresaliente (a) destaca el híbrido HCP1 por su mayor porcentaje de cuateo (18 %) y el buen anclaje de las plantas al suelo (0 % de acame), mientras que el híbrido ABT 1280 sobresale por la buena cobertura de sus mazorcas (1 % de plantas con mala cobertura), y la sanidad de sus mazorcas (2 % de mazorcas podridas). Las condiciones climáticas del año 2016 (temperatura y humedad relativa) no fueron favorables para la proliferación del Carbón de la espiga *Sphacelotheca reilina* siendo muy bajos los valores de plantas atacadas. El híbrido con la mayor altura de planta fue Torreón 1, con 3.40 m; y el más bajo el H-324 con 2.49 m. Los híbridos más precoces a madurez fisiológica fueron Torreón A y H-326 con 146 y 147 días después de la siembra (DDS), y los más tardíos Torreón 1 y MAX-3359 con 158 DDS. Los híbridos que mostraron los mayores porcentajes de plantas con achaparramiento fueron MAX-3359 y MAX-3351, con valores de 14 y 10 por ciento.

CONCLUSIONES

Dentro del grupo de variedades evaluadas ocho híbridos (HCP1, ABT 1280, Torreón A, Torreón 1, H-385, Torreón A2, MAX-3366 y ABT ORO) superaron al testigo de comparación H-311, con rendimientos que van de 10827 a 13487 kg ha⁻¹. Los restantes híbridos evaluados mostraron un nivel de rendimiento similar al testigo de comparación. Se recomienda evaluar durante dos años más a los híbridos sobresalientes para observar su estabilidad a través de los años, y de corroborar su comportamiento puedan ser incorporados en el boletín de variedades de maíz recomendadas para el estado de Durango que publica la SAGARPA.

Cuadro 3. Media del ensayo de híbridos comerciales de maíz, Bajo riego, en Durango. 2016

Núm.	Híbrido	Df		Alt. Pta.	Calif. Pta.	Calif. Mz.	Porc. Cob.	Porc. Acame	Porc. Cuateo	Porc. C.E.	Porc. Achap.	Porc. Mz-Pod.	Rend. Gr. kg ha ⁻¹	Gr.
		Masc.	DMF											
15	HCP1	80	154	280	1.5	1.5	4	0	18	0	1	2	13487	a
1	ABT 1280	82	157	319	2.0	1.5	1	0	2	0	0	2	12624	a b
3	Torreón A	76	146	273	2.5	2.0	9	1	20	0	3	5	11728	b c
5	Torreón 1	88	158	340	2.0	2.0	0	3	8	0	1	1	11406	c
14	H-385	79	151	273	1.5	1.5	6	4	13	1	0	2	11048	c
4	Torreón A2	80	153	258	1.5	1.5	3	0	6	0	1	2	11017	c
9	MAX.3366	80	152	285	2.0	2.0	8	1	21	0	4	3	10942	c
2	ABT ORO	79	152	271	1.5	1.5	2	6	0	1	0	0	10827	c
7	MAX-3351	81	151	295	2.0	2.0	17	1	8	0	10	4	10587	c
13	H-383	83	157	316	1.5	1.5	0	0	1	0	0	3	10450	
8	MAX-3359	83	158	285	2.0	2.0	7	1	20	0	14	6	10024	
12	H-326	74	147	274	2.0	2.0	21	0	1	0	4	3	9863	
16	H-311TI	80	153	303	2.5	2.0	6	1	7	0	6	3	9438	
10	H-379	84	156	305	2.5	2.5	3	2	12	0	2	4	8859	
6	Torreón 2D	87	156	304	2.0	2.0	2	0	8	0	6	3	8775	
11	H-324	81	150	249	2.0	2.0	13	0	10	0	6	4	8698	

CV= 7.8 %

DMS_{0.05}= 1,192 kg ha⁻¹

Rendimiento Promedio= 10,594

Fecha de Siembra= 26/Mayo/2016

Fecha de Cosecha= 01/Diciembre/2016

Fertilización= 180-80-00

Densidad= 76 Mil pts ha⁻¹

Número de riegos= 4

2 Aplicaciones= Lorsban 480

TI= Testigo Intermedio.

Notas: Escala de Calificación de planta y mazorca: 1= Excelente; 2= Buena; 3= Regular; 4= Mala; 5= Pésima.

BIBLIOGRAFÍA

- Allard R W (1960) Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. London 485 p.
- Beal, W.J. 1880. Indian corn. *Mich. State Board Agr. Ann. Rpt.*, 19: 279-289.
- Cockerham, C.C. 1961. Implications of genetic variances in a hybrid breeding program. *Crop Sci.*, 1: 47-52.
- Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeder. In *Puerto Rico Agric. Exp. Sta. Ann. Rpt. 1927*, p. 14-15.
- East, E.M. 1908. Inbreeding in corn. In *Connecticut Agric. Exp. Sta. Rpt. 1907*, p. 419-428.
- Gowen J W (ed) (1952) Heterosis. Iowa State College Press, Ames. 552 p.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Hallauer, A.R. & Miranda, J.B. 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*, 2nd ed. Ames, IA, USA, Iowa State University Press.
- Jenkins, M.T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 26: 199-204.
- Jenkins, M.T. 1935. The effects of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. *Iowa State Coll. J. Sci.*, 9: 429-450.
- Jones, D.F. 1918. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. *Conn. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 207: 5-100.
- Sprague, G.F. 1946. Early testing of inbred lines of corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 38: 108-117.

Shull, G.H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Breed. Assoc. Rep.*, 4: 296-301.

Shull, G.H. 1909. A pureline method of corn breeding. *Am. Breed. Assoc. Rep.*, 5: 51-59.

Sprague G F, L A Tatum (1942) General vs specific combining ability in single-crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 43:923–932.

Wallace H A, W L Brown (1956) The great grandfather of hybrid corn: *In: Charles Darwin. Corn and its Early Fathers.* The Michigan State University Pres. 134 p.

COMPLEJO HORMONAL Y MICRONUTRIENTES EN MANDARINA EN DOS CICLOS DE EVALUACIÓN

Ma. Guadalupe Pérez Ovalle*¹, Juan José Galván Luna¹, Víctor Manuel Reyes Salas, Marco Antonio Bustamante García y Fabiola Aureoles Rodríguez¹**

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México CP. 25315. *Autor para correspondencia: doctorgalvanluna@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

Veracruz, Puebla, Nuevo León y San Luis Potosí son los principales Estados productores de Mandarina en México, de los cuales Nuevo León ocupa el tercer lugar, con una producción de 41,488.22 toneladas según reportes del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014).

Los reguladores de crecimiento se definen como compuestos orgánicos, naturales o sintéticos que modifiquen o inhiban en cierta cantidad el crecimiento o desarrollo de la planta, siempre que lo hagan de manera similar a como actúan las hormonas vegetales (Lluna, 2006).

La mandarina presenta alternancia en la producción, de manera que a cosechas abundantes de fruto pequeño siguen cosechas pequeñas de fruto grande, pero de muy baja calidad por lo que es necesario realizar prácticas como el anillado de ramas, aclareo de frutos, pulverizaciones con reguladores de crecimiento para corregir este irregular comportamiento productivo (Gómez, 2011).

Biozyme* TF es un producto natural clasificado como regulador del crecimiento vegetal que, al aplicarlo a las plantas en desarrollo, acelera su crecimiento e incrementa el número y tamaño de frutos y con ello aumenta el rendimiento, así como la calidad de la cosecha (Arysta, 2014)

POLIQUEL*MULTI es un fertilizante foliar quelatado de alta solubilidad, formulado con un complejo de varios agentes quelatantes o secuestrantes que acomplejan el Magnesio, Hierro, Manganeso y Zinc. Su aplicación permite prevenir las deficiencias nutricionales de los elementos menores y balancea la nutrición general de las plantas, para obtener mejores rendimientos y calidad de cosecha (Arysta, 2014)

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos del complejo hormonal "Biozyme ® TF" y micronutrientes en el rendimiento y calidad de la mandarina Dancy e Identificar las mejores

dosificaciones aplicadas que den como resultado un mayor rendimiento y calidad de la mandarina Dancy en dos ciclos de producción (2014 – 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el periodo enero-diciembre 2014 y enero-diciembre 2015 en árboles de mandarina del cultivar “Dancy” de 14 años de edad, ubicados en la huerta de la hacienda “La Española” de Montemorelos, N.L., con una altitud de 423 msnm y una precipitación de 600 a 1000 mm.

Se trabajó con un suelo no Salino, arcilloso, con un pH de 7.1, rico en materia orgánica, con una densidad aparente de 1.19 gr/cm³, árboles con nivel deficiente de nitrógeno, magnesio y zinc, óptimo en cuanto a las concentraciones de potasio, calcio, hierro y cobre; bajo en manganeso, con riego rodado y agua proveniente del río.

Montemorelos NL; por su temperatura predomina un clima semi-calido con unas temperaturas promedio anual de 18°C a 22°C y por su grado de humedad, como sub-húmedo, con lluvias intermedias en verano e invierno, de acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificado por (García, 2004).

Descripción de los tratamientos

Primer experimento

Tratamiento	Cantidad aplicada por producto				
	Agua	Bionex	Biozyme TF	Poliquel Zinc	Poliquel Multi
1	testigo				
2	8 lts.	16 ml.	8 ml.		
3	8 lts.	16 ml.	8 ml.	16 ml.	
4	8 lts.	16 ml.	8 ml.	24 ml.	
5	8 lts.	16 ml.	8 ml.		32 ml.

Segundo experimento

Tratamiento	Agua	Bionex	Biozyme	Poliquel
			TF	Zn.
1	testigo			
2	8 L	16 mL	0.5 ml ⁻¹	
3	8 L	16 mL	1.0 ml ⁻¹	
4	8 L	16 mL	0.5 ml ⁻¹	2.0 ml ⁻¹
5	8 L	16 mL	1.0 ml ⁻¹	3.0 ml ⁻¹

Como se puede observar y de acuerdo con los resultados preliminares, en este experimento se suprimió el Poliquel multi y se variaron las dosis del Biozyme TF.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, 5 tratamientos con 4 repeticiones obteniendo un total de 20 observaciones en cada experimento, utilizando la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (2000).

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso del fruto:

De acuerdo al análisis de varianza hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos para esta variable, (figura 1); el tratamiento 4 (8 ml del complejo hormonal y 24 ml de Poliquel zinc) presenta un incremento de 25.737 g comparando con el testigo. Lo anterior confirma los resultados obtenidos por (Tolentino, 2010) que obtiene un incremento de 20.94 g inferior al de este experimento. Presentándose la misma tendencia en el experimento realizado en el segundo año de estudio.

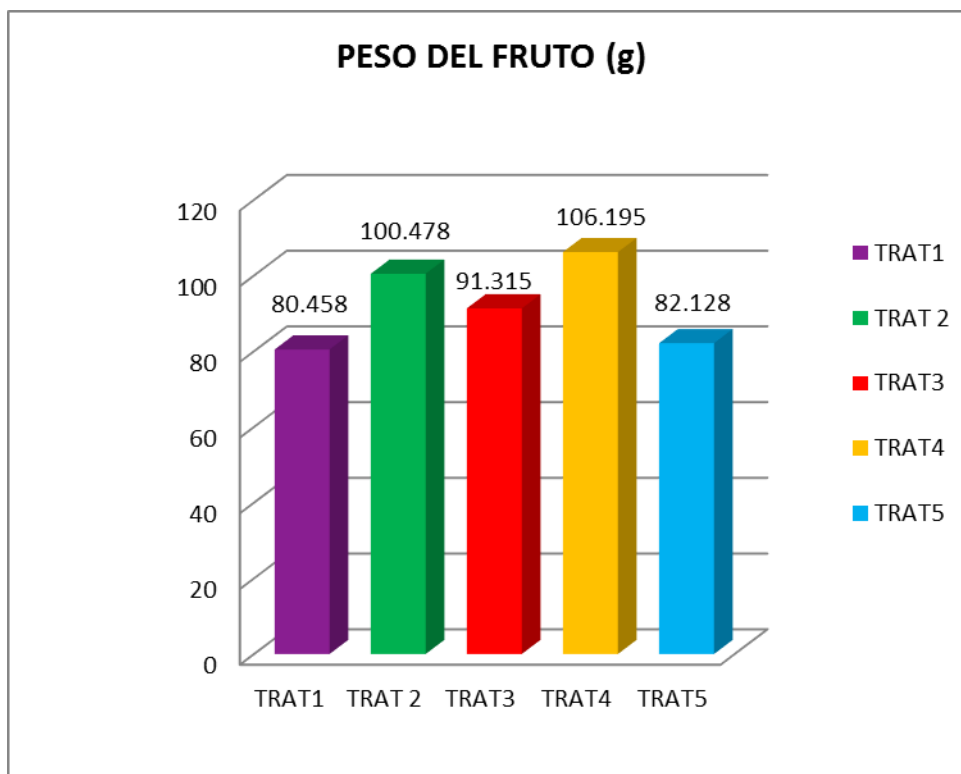


Figura 1. Peso del fruto en mandarina 'dancy' en Montemorelos N. L. con la aplicación de un complejo hormonal y micronutrientes.

Diámetro ecuatorial:

De acuerdo de análisis de varianza se encontró que hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos, (figura 2). Resultando el mejor tratamiento el 4 (8 ml del complejo hormonal y 24 ml de Poliquel zinc) con mayor diámetro ecuatorial, presenta una media de 6.17 cm mayor que el testigo con una media de 5.73 cm. Comparando con el testigo sin aplicación existe un incremento de 0.44 cm. Lo anterior confirma los resultados obtenidos por (Rodríguez, 2008). En donde obtiene un incremento de 1.8 cm superior al obtenido en este experimento.

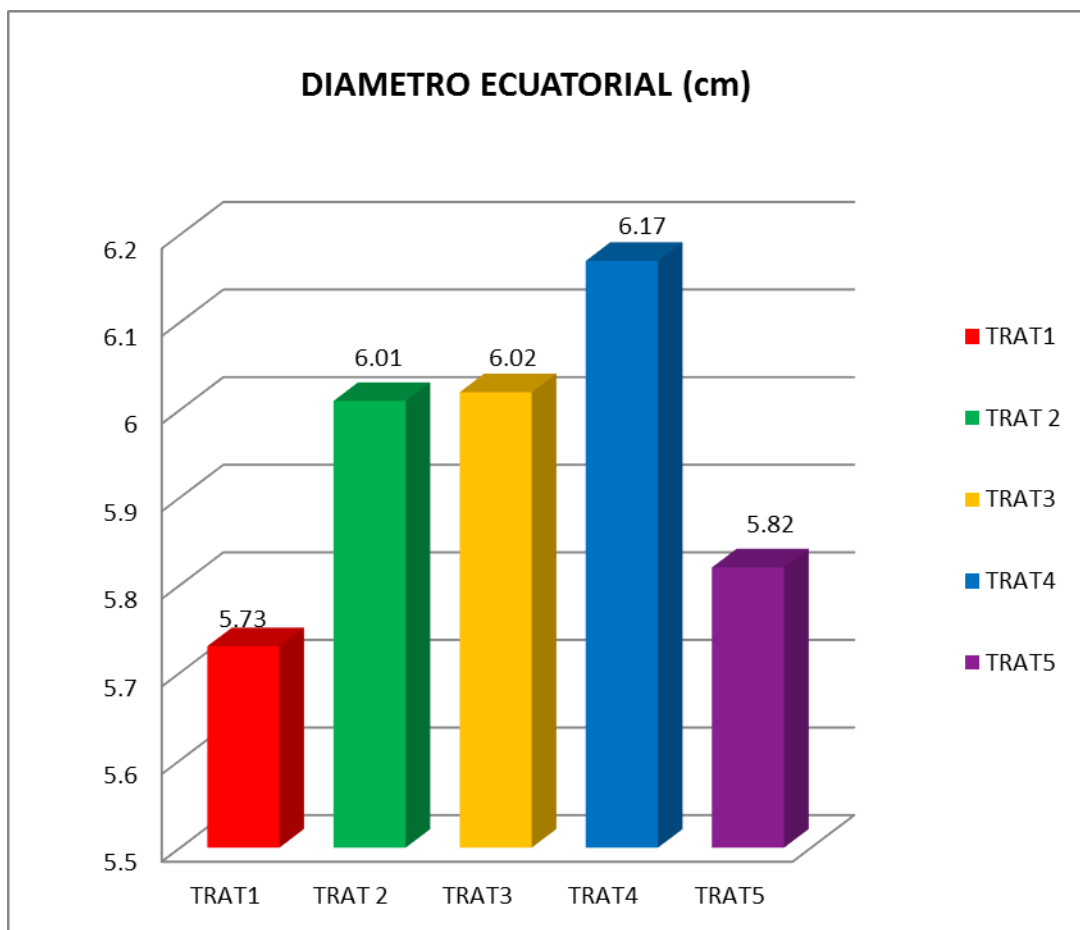


Figura 2. Diámetro ecuatorial del fruto en mandarina 'dancy' en Montemorelos N. L. con la aplicación de un complejo hormonal y micronutrientes.

Sólidos solubles (° Brix):

En esta variable no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para la concentración de azúcares (°Brix) (figura 3); sin embargo el que resulta mejor es el tratamiento 4 (8 ml del complejo hormonal y 24 ml de Poliquel zinc) presentando una media de 11.5 °Brix el cual es mayor al compararlo con el testigo que tiene como media 11.1 °Brix, resultados que superan los trabajos experimentales realizados por (Guardiola et; al, 2000) obteniendo una media de 9.025 °Brix, de la misma forma por (Vázquez, 2009) con una media de 10.20 °Brix, (Tolentino, 2010) una media de 10.9°Brix y (Mateus y Orduz, 2015) con una media de 10.8 °Brix.

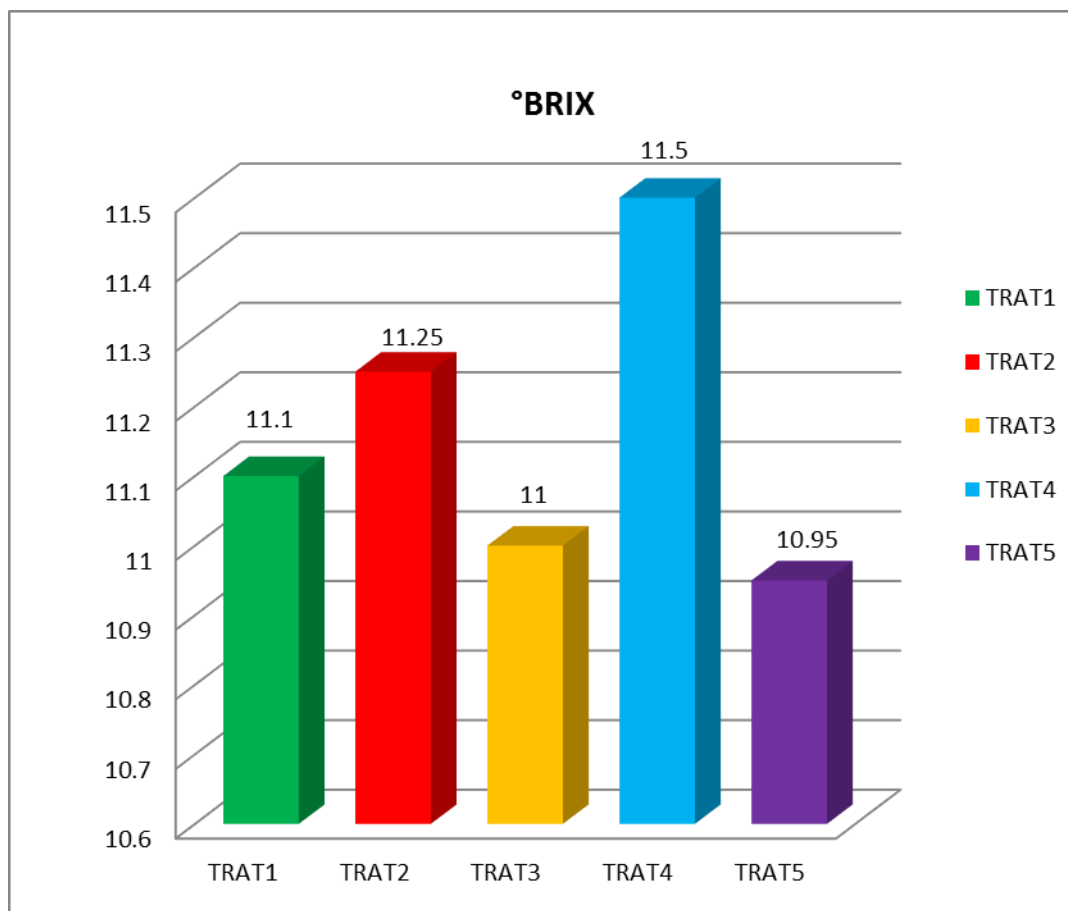


Figura 3. Contenido de sólidos solubles (°Brix) del fruto en mandarina 'dancy' en Montemorelos, N. L. con la aplicación de un complejo hormonal y micronutrientes.

Cabe mencionar que en el segundo experimento se evaluaron otras variables como Grosor de la cáscara, Contenido y Volúmen de jugo y Vitamina "C", destacando nuevamente el tratamiento 4 como el de mejores resultados en grosor de la cáscara y vitamina "C".

CONCLUSIONES

Los efectos del complejo hormonal (Biozyme) y el micronutriente (Poliquel zinc), presentan efectos positivo y progresivo en algunos parámetros de calidad de la mandarina "dancy", encontrándose como mejores dosis 0.5 ml^{-1} de Biozyme y 2.0 ml^{-1} de Poliquel Zn.

BIBLIOGRAFIA

- ARYZTA LifeScience, 2014. Catálogo de productos agroquímicos.
- García E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gómez G. 2011. El cultivo de la mandarina (*Citrus reticulata*) en el municipio de Martínez de la Torre Veracruz [tesis]. [Veracruz]: Universidad Veracruzana
- Guardiola, J. 2000. Regulation of flowering and fruit development: Endogenous Factors and exogenous manipulation. *Proc. Citrus Int Soc* 1: 342-346.
- Lluna D. R.; 2006. Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta, tecnología de la producción. Citado el 2 de septiembre del 2010 de:<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Reguladores%20genea.pdf>
- Mateus-Cagua D, Orduz-Rodríguez JO. 2015 mandarina Dancy: una nueva alternativa para la citricultura del piedemonte llanero de Colombia. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 16(1): 105-112
- Rodríguez, Víctor A. - Martínez, Gloria C. - Mazza, Silvia M. - Alvarenga, Luis - Ortiz, María L. 2008 Reguladores de Crecimiento, su Efecto sobre la Productividad de Mandarinas Clemenules. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes – Argentina.
- SAS Institute. 2000. SAS / STAT version 8.0. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA
- SIAP (2014) Producción nacional de mandarina <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Tolentino C. A. 2010. Uso de un complejo hormonal y micronutrientes en dos momentos de la floración en naranja “valencia” Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., Méx.
- Vázquez R. F. 2009. Uso de un complejo hormonal y micronutrientes en naranja “valencia” Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., Méx.

RENDIMIENTO DE CINCO VARIEDADES DE FRIJOL DE TEMPORAL EN CAMAS A CUATRO HILERAS

Esteban Salvador Osuna-Ceja¹, José Saúl Padilla-Ramírez¹, Raúl Vidal García Hernández¹ y M.A. Martínez-Gamiño²

¹ Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, INIFAP. Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas. Apartado Postal 20. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. osuna.salvador@inifap.gob.mx ;

² Campo Experimental San Luís, SLP, CIRNE-INIFAP

INTRODUCCIÓN

En la región templada, semiárida del Centro-Norte de México, donde llueven entre 250 y 500 mm en un período de 70 a 100 días y la temperatura media es de 15 a 20 °C (Medina *et al.*, 2006); en promedio se siembra bajo agricultura de temporal 950 mil hectáreas de frijol anualmente, con un rendimiento medio de 630 kg ha⁻¹ y una producción promedio de 1.2 millones de toneladas por año (SIAP-SAGARPA, 2015). Hoy en día, es necesario incrementar la productividad y competitividad del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de temporal. Para ello, es importante optimizar el rendimiento de las nuevas variedades mejoradas. El sistema de siembra en camas a cuatro hileras incrementa la densidad de plantas por hectárea. Este sistema de siembra permite hacer un uso más eficiente del suelo y el agua, reduce espacio para las malezas e incrementa el rendimiento y rentabilidad del cultivo, en comparación con la siembra tradicional, donde los productores de frijol de la región semiárida realizan sus siembras de frijol en surcos de 76 cm. Sin embargo, el uso de este método de siembra no permite evaluar correctamente el rendimiento potencial de las nuevas variedades de frijol con hábito de crecimiento e índice de área foliar diferente a las tradicionales (más tardías) (Osuna *et al.*, 2013). El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta agronómica y el rendimiento de grano de cinco variedades de frijol en condiciones de temporal bajo la siembra en camas a cuatro hileras y su comparación con la siembra tradicional en Aguascalientes, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Sitio Experimental “Sandoval” (22° 11’ N y 102° 20’ O y 2100 msnm) ubicado en el municipio el “Llano” Aguascalientes, durante el verano de 2015 y 2016. La siembra en condiciones de temporal y en suelo húmedo se realizó el 26 de junio en 2015 y el 9 de julio en 2016. Se evaluaron cinco variedades de diferente desarrollo y precocidad: Flor de Mayo Dolores, Flor de Junio Dalia y Azufrado 26, variedades intermedias y de gran desarrollo y elevada área foliar por planta (Acosta *et al.*, 2008), Pinto Saltillo, y Pinto

Centenario, variedades precoces de desarrollo modesto y reducida área foliar por planta (Rosales *et al.*, 2004).

Las variedades de frijol fueron sembradas en forma convencional (hilera sencilla) y en camas de 1.52 m de ancho a cuatro hileras mediante una sembradora versátil capaz de realizar ambos métodos de siembra. Se depositó una semilla cada 14 cm en los dos casos, con lo que se establecieron las densidades de población $\pm 90,000$ y $180,000$ pl ha⁻¹ para el sistema tradicional y de camas, respectivamente. Además, la sembradora tiene acoplado un rodillo Aqueel que imprime pequeños reservorios para captación de agua de lluvia *in situ* sobre la cama de siembra, con la ventaja de que tiene integrado un contenedor dosificador de fertilizante que permite aplicar abono orgánico a un lado de la línea de siembra; todo, en un solo paso del equipo, con lo cual se reducen los costos de establecimiento y manejo del cultivo (Rojas *et al.*, 2014). También se establecieron piletas en los costados de la cama que tienen un ancho de trocha del tractor.

La semilla fue inoculada al momento de la siembra con micorriza (cepa INIFAP *Glumus intrararices*, a dosis de 350 gr ha⁻¹ de sustrato micorrízicos). Además, se hizo una aplicación de fertilización foliar durante el llenado de grano con urea y ácido fosfórico al 2 y 1 %, respectivamente. En cada variedad, la unidad experimental consistió en diez surcos de 100 m de longitud con una separación de 76 cm en la siembra convencional y cinco camas a cuatro hileras de 100 m de longitud, con una separación entre hileras de 30 cm. Para el registro de las etapas fenológicas y la determinación del rendimiento y sus componentes, dentro de cada unidad experimental se tomaron al azar cinco segmentos de cuatro surcos y tres camas de 5 m de longitud, por método de siembra. La información de las características cuantificadas en las variedades se analizó con base en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones con arreglo de parcelas subdivididas, donde la parcela mayor fue años, la mediana métodos de siembra y la menor las variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como en todo cultivo de temporal la precipitación pluvial es factor categórico de productividad, aún más si se trata de una región semiárida como es la mayor parte de la entidad (Arellano *et al.*, 2015). En este caso, los dos años de estudio resultaron extremos. El 2015 se caracterizó por húmedo y una buena distribución durante el ciclo de cultivo con una lluvia acumulada de 320.6 mm y el 2016 fue particularmente atípico, con 366.4 mm, Figura1).

En realidad, la diferencia principal entre ambos se debe a la distribución y no a la cantidad de lluvia que se presentó en el ciclo de cultivo; es decir existió mayor o menor disponibilidad de agua en la fase final de la etapa vegetativa o en la fase inicial de la etapa reproductiva del cultivo.

Sin embargo, ésta diferencia en distribución de lluvia repercutió en la diferencia del rendimiento para los dos años. Lo anterior no afecta lo comentado por INIFAP (2006) sobre la utilización de variedades mejoradas de frijol de madurez temprana las cuales muestran poca variación en la duración de las etapas vegetativas y reproductivas, en respuesta a esas condiciones adversas.

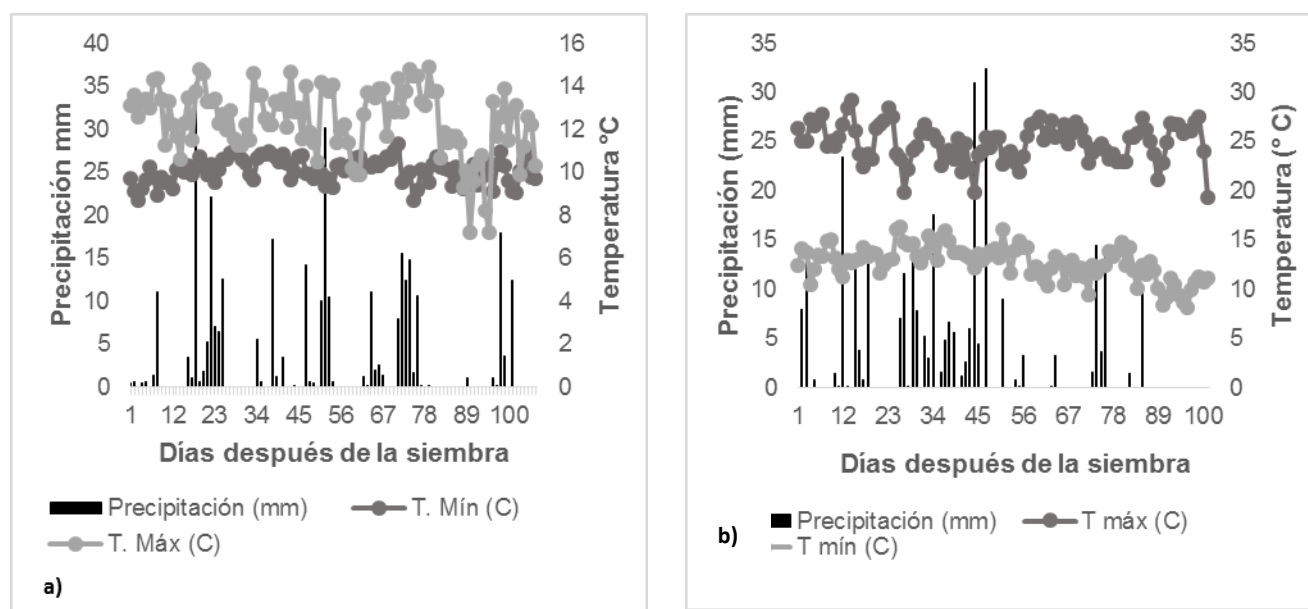


Figura 1. Temperatura máxima y mínima y precipitación diaria, durante el ciclo de cultivo de maíz de temporal. Sandoval, Aguascalientes. a)2015 b) 2016

La variedad Pinto Centenario presentó una precocidad de 38 días a floración y 85 días a madurez fisiológica, mientras que la floración de Pinto Saltillo y Pinto Centauro fue a los 40 días y llegaron a madurez fisiológica a los 90 días. Por otro lado, los genotipos Flor de Mayo Dolores, Flor de Junio Dalia y Azufrado 26, su floración fue a los 48 y 50 días y llegaron a madurez fisiológica a los 95 y 100 días después de la siembra.

Los resultados del análisis estadístico y promedios del rendimiento de grano, paja, número de vainas, número de granos por vaina y peso de cien semillas de los diferentes tratamientos se observan en el Cuadro 1. Los resultados del análisis estadístico indicaron que hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la mayoría de variables determinadas.

Se encontró respuesta significativa ($p \leq 0.05$) para efecto de años. El rendimiento más alto de grano y paja de frijol se obtuvo en 2016 en comparación con 2015. Los rendimientos promedio a través de métodos de siembra y variedades fueron 1.82 y 1.16 t ha⁻¹; 1.42 y 0.74 t ha⁻¹, respectivamente. Este mismo orden se observó en los componentes de rendimiento número de vainas por planta y número de granos por vaina, siendo sus diferencias significativas al 5 %, respectivamente, en el análisis combinado. Sin embargo, el peso de 100 semillas no fue significativo.

Con respecto al método de siembra, se encontró respuesta significativa ($p \leq 0.05$), con promedios a través de variedades y años de 1.96 y 1.03 t ha⁻¹ de grano y 1.38 y 0.79 t ha⁻¹ de paja, para siembra en camas a cuatro hileras, seguido de la siembra tradicional, respectivamente. En relación al número de vainas por planta (NV PL⁻¹) se observó que a medida que se incrementa el número de plantas por hectárea el NV PL⁻¹ es menor. Sin embargo, este hecho no afecta el rendimiento de grano y paja debido a que se cosecha el doble de plantas en el tratamiento de camas a cuatro hileras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedio de número de vainas por planta, número de grano por vaina, peso de cien semillas, rendimiento de grano y paja de cinco variedades de frijol de temporal bajo alta densidad de población. Sandoval, Aguascalientes, México. 2015-2016

FACTORES	NV PL ⁻¹	NG V ⁻¹	Peso 100 Semillas	RG (t ha ⁻¹)	RP (t ha ⁻¹)
AÑOS					
2015	16.1b	3.74 b	30.44	1.16 b	0.74 b
2016	25.92a	4.10 a	29.45	1.82 a	1.42 a
MEDIA	21.01	3.92	29.95	1.49	1.08
Tukey (0.05)	9.314	0.324	<i>ns</i>	0.512	0.503
MÉTODOS DE SIEMBRA					
Siembra a Hilera Sencilla	27.26 a	3.82	31.02	1.03 b	0.79 b
Siembra en Camas a 4 hileras	14.76 b	4.02	28.89	1.96 a	1.38 a
MEDIA	21.01	3.82	29.95	1.49	1.08
Tukey (0.05)	3.056	<i>ns</i>	<i>ns</i>	0.201	0.190
VARIEDADES					
Pinto Saltillo	25.25	4.35	29.74 ab	1.66 ab	1.06
Pinto Centenario	21.45	3.50	32.98 a	1.58 ab	0.95
Azufrado 26	16.25	3.26	29.49 ab	0.90 c	1.03
Flor de Mayo Dolores	18.60	4.50	28.97 b	1.34 bc	1.22
Flor de Junio Dalia	23.50	3.98	28.56 b	1.97 a	1.17
MEDIA	21.01	3.92	29.95	1.49	1.08
Tukey (0.05)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	3.508	0.614	<i>ns</i>

NV PL⁻¹- número de vainas por planta; NG V⁻¹- número de granos por vaina; RG- rendimiento de grano y RP- rendimiento de paja. Valores con la misma letra en la misma columna son iguales entre sí al 95 % de probabilidad.

En relación a las variedades de frijol las mismas mostraron diferencia estadística cuyos promedios de rendimiento a través de años y métodos de siembra fueron 1.97, 1.66, 1.58, 1.34 y 0.90 t ha⁻¹ de grano para Flor de Junio Dalia, Pinto Saltillo, Pinto Centenario, Flor de Mayo Dolores y Azufrado 26, respectivamente. Con excepción del Azufrado 26, el resto de los genotipos evaluados presentan una alternativa potencial para esta región semiárida ya que lograron superar a la media regional que es de 0.45 t ha⁻¹ bajo la siembra tradicional. Por otro lado, el rendimiento de grano en el sistema de siembra en camas superó al sistema tradicional.

CONCLUSIONES

La siembra en camas a cuatro hileras fue el factor que más influyó sobre el rendimiento de grano, lo cual se debió a los mayores índices de cobertura y área foliar, lo que favoreció que en este sistema de siembra con altas densidades de plantas se conserve mejor la humedad del suelo, haya un menor crecimiento de malezas y se intercepte mayor energía. Las variedades mejoradas Flor de Junio Dalia y Pinto Saltillo fueron de mayor rendimiento de grano, por lo que ambas representan una buena opción para la siembra en el área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G.J.A. 2008. Las variedades mejoradas de frijol de temporal para el altiplano de San Luis Potosí. 81-95. *In*. Martínez, G., M.A., E.S. Osuna C., J.P. Padilla R., J.A Acosta G. y C. Loredó O. (eds). 2008. Tecnología para la producción de frijol en el Norte Centro de México. Libro técnico No. 4. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 206P.
- Arellano-Arciniega, S., E.S. Osuna-Ceja., M.A. Martínez-Gamiño y L. Reyes-Muro. 2015. Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (3) 313-318.
- INIFAP, 2006. Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Centro Norte de México. Comp. Bravo, A.L., H. Salinas, G. y A.R. Rumayor. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.
- Medina-García g., L.H. Maciel P., J.A. Ruiz C., V. Serrano A. y M.M. Silva S. 2006. Libro Técnico No. 2. INIFAP, Fundación Produce, Ags., SAGARPA. 156 p.
- Osuna-Ceja, E.S, J.S. Padilla-Ramírez, L. Reyes-Muro, R. Rosales-Serna y J.A. Acosta-Gallegos. 2013. Efectos del sistema de siembra sobre el rendimiento de 10 variedades de frijol de temporal en Aguascalientes. *Revista Chapingo serie Zonas Áridas XII (2):* 51-56
- Rojas-Santillán, E.S. Osuna-Ceja, J.S. Padilla-Ramírez and L. Reyes-Muro. 2014. Validation of dry vean sowing prototypes in Aguascalientes, México. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 57:257-258.
- Rosales, S. R., J.A. Acosta, G., J.S. Muruaga, M., J.M. Hernández, C., G. Esquivel, G. y P. Pérez. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6 Dirección Agrícola. INIFAP-CIRNOC-CEVAG 147p.
- SIAP-SAGARPA. 2015. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_frijol.html.

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE 10 HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO COMPARADOS CON UN TESTIGO REGIONAL

**¹Martínez Agüero, Héctor Javier, ¹Espinoza Banda, Armando, ¹Ángel García, Oscar
¹Juárez Hdz, Omar Gustavo, ²Martínez Barraza, Héctor Javier**

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Perif. Raúl López Sánchez Km. 2, Torreón Coah. ²Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No.48).

* hjmtza15@hotmail.com

INTRODUCCION

En las cuencas lecheras de México el ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los forrajes comúnmente usados en la alimentación del ganado lechero, y puede constituir de 30 a 40 % de la dieta de vacas en producción.

Los ensilajes de maíz en México tienen menor contenido energético que los de Estados Unidos de Norte América y Europa, lo cual posiblemente sea consecuencia del escaso mejoramiento genético para calidad de forraje y del poco desarrollo de prácticas de manejo del cultivo (Chalupa, 1995).

En la Comarca Lagunera el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del padrón de cultivos por el alto valor energético que aporta a las reacciones de ganado bovino lechero. En la región la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 154 toneladas de forraje seco, este cultivo ocupa una superficie aproximada de 22,000 hectáreas, las cuales su mayoría son regadas con agua de bombeo, siendo poca la superficie que se riega con agua de gravedad (Yescas, 2005).

En los últimos años se ha incrementado el uso del forraje de maíz para la alimentación animal, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda. En la Comarca Lagunera se siembra alrededor de 60 mil hectáreas de maíz para grano y forraje, sin embargo existe apatía entre los productores para la aplicación de alta tecnología en este cultivo, debido a su baja rentabilidad ya que se considera como un cultivo de subsistencia alimenticia (Carmona, 2004).

El maíz forrajero es la fuente más económica para la alimentación del ganado, para elegir un cereal destinado a la producción de forraje, debe basarse a su capacidad de adaptación en el medio local, productividad, beneficio para el ganado y su valor nutritivo. De ahí que el maíz forrajero sea uno de los materiales vegetativo de fácil acceso con los que se alimenta el ganado, pues este material incluye heno o ensilado (Carmona, 2004).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento agronómico de 11 híbridos en cuanto a su capacidad de calidad nutricional de forraje en las condiciones agroclimáticas de la Región Lagunera durante el ciclo primavera-verano del 2015.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en la SPR. Fresno del Norte Mpio. de Francisco. I. Madero, Coahuila localizado en el Km 30 de la carretera Torreón a Francisco I. Madero, Coahuila, durante el ciclo primavera-verano del 2015. Se evaluaron 10 genotipos de compañías semilleras comparados con un testigo regional (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones usando como modelo estadístico el SAS. La parcela experimental quedo establecida con cuatro surcos de cada uno de los híbridos con una distancia entre plantas de .14 mts. y .75 mts entre surco y surco. Se estableció en surcos de 0.75 m de ancho y 104 m de largo. Con una distancia entre plantas de 14 cm, para una densidad de siembra de 9 semillas por metro lineal equivalente a 90,000 plantas por hectárea. La fecha de siembra se realizó en el día 24 de abril 2015.

Cuadro 1. Material genético empleado en el estudio.

HÍBRIDOS DE MAÍZ	COMPAÑÍA SEMILLERA
CANGURO	COOPERATIVA AGRÍCOLA.
ABT-1404	ABT (Agrobiotech)
ABT-1285	ABT (Agrobiotech)
ABT-1226	ABT (Agrobiotech)
ABT-8576	ABT (Agrobiotech)
ARRAYAN PLUS	ABT (Agrobiotech)
ABT-1280	ABT (Agrobiotech)
JPX-101	SEMILLAS PORTER
JPX-102	SEMILLAS PORTER
JPX-33	SEMILLAS PORTER
TORREÓN II	SEMILLAS PORTER

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2, pueden observarse los resultados de campo de la comparación de los diez híbridos con el testigo. De acuerdo a la floración masculina y femenina los resultados indican que el híbrido TORREON II fue el más tardío 84 y 88 días y el más precoz fue el híbrido ABT-1226 con 71 y 74 días. Con respecto al rendimiento de forraje fresco el híbrido que mostro resultados sobresalientes fue el híbrido CANGURO con 75 Mg ha⁻¹ y el de menor rendimiento

fue el híbrido JPX-102 con 44 Mg ha⁻¹. De acuerdo a los resultados obtenidos de materia seca el híbrido con mejor rendimiento fue el CANGURO con 19.5 Mg ha⁻¹.

Cuadro 2.- Resultados de 10 híbridos ciclo de maíz de alto potencial forrajero comparados con un testigo regional ciclo agrícola P.V. 2015.

HIBRIDO DE MAÍZ	COMPAÑIA SEMILLERA	DENSIDAD DE POBLACIÓN PTS/HA	RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO Mg ha ⁻¹	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Mg ha ⁻¹	RENDIMIENTO NETO DE FORRAJE FRESCO Mg ha ⁻¹	% DE FORRAJE FRESCO	% DE MATERIA SECA	FLORACIÓN 50% DE ANTESIS	
CANGURO (TESTIGO)	COOPERATIVA AGRICOLA	120,000	75,000	19,500	55,500	74%	26%		
ABT-1404	AGRIBIOTECH	115,000	73,000	17,520	55,480	76%	24%	74	78
ABT-1285	AGRIBIOTECH	76,000	65,000	17,550	47,450	73%	27%	75	78
ABT-1226	AGRIBIOTECH	102,000	63,000	18,900	44,100	70%	30%	71	74
ABT-8576	AGRIBIOTECH	89,000	62,000	16,020	45,880	74%	26%	76	81
ARRAYAN PLUS	AGRIBIOTECH	89,000	63,000	17,000	45,990	73%	27%	75	77
ABT.1280	AGRIBIOTECH	98,000	50,000	15,000	35,000	70%	30%	73	77
TORREON II	SEMILLAS PORTER	67,000	55,000	12,650	42,350	77%	23%	84	88
JPX-101	SEMILLAS PORTER	102,000	51,000	13,770	37,230	73%	27%	76	79
JPX-102	SEMILLAS PORTER	98,000	44,000	13,200	30,800	70%	30%	72	76
JPX-33	SEMILLAS PORTER	93,000	49,000	16,170	32,830	67%	33%	73	77

ANÁLISIS DE CALIDAD BROMATOLOGICA DE LABORATORIO.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis bromatológico.

Fibra detergente acida (FDA)

La calidad forrajera de los híbridos de maíz mostraron un 31% de FDA y se encontró una buena calidad para los genotipos ABT 1404, JPX 101, JPX 102, ABT 8576, ABT 1285, JPX 33 y CANGURO (testigo) los cuales alcanzaron un rango óptimo los cuales se encuentran dentro de los establecidos por Herrera 1990 y INIFAP 2012 con un rango de 25-32%. El mayor porcentaje de FDA lo obtuvieron los genotipos TERREON II, con 35.98%, al igual que para los híbridos ABT 1280, ARRAYAN PLUS.

Cuadro 3. Promedio de cuatro análisis bromatológicos de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo intermedio-precoc Vs un testigo regional evaluado en SPR Fresno del Norte municipio de Francisco I Madero en la comarca lagunera ciclo agrícola P.V. 2015.

	FDN	FDA	DIG	ENL
ABT 1404	49.817c	27.94de	67.13ab	1.1033cd
JPX 101	55.033abc	29.767bcde	65.713abcd	1.2267abcd
JPX 102	50.713c	27.033e	67.84 ^a	1.0967d
ABT 8576	54.737abc	31.233bcde	64.567abcd	1.22abcd
ABT 1285	57.423abc	31.287bcde	64.527abcd	1.2867abcd
JPX 33	51.657bc	29.267cde	66.1abc	1.1433bcd
ABT 1226	53.68bc	32.217abcd	63.803bcde	1.1933bcd
ABT 1280	60.047ab	33.46abc	62.84cde	1.3533ab
ARRAYAN PLUS	58.477abc	34.037ab	62.383de	1.3133abc
TERREON 11	63.347a	35.983a	60.87e	1.43a
CANGURO TESTIGO	54.183bc	30.733bcde	64.95abcd	1.4067bcd
Media general	55.37394	31.17788	64.61121	1.233939
C.V(%)	9.505216	8.57654	3.219958	10.24099

Fibra detergente neutra (FDN)

El contenido de FDN mostró un promedio general de 55% con un rango de variación de 49.8 a 63.34%. El híbrido que mostró un menor porcentaje fue el ABT-1404 con un 49% comparado con el genotipo TORREON II que obtuvo un 63.3 seguido de 54% del testigo (Canguro). Los genotipos se consideran de buena calidad ya que se encuentran dentro de los parámetros que van de un 40 a 52% según INIFAP (2012), siendo los genotipos ABT-1404, JPX-102 Y JPX-33. Los híbridos que mostraron una mala calidad ya que no se encuentran en el rango de 53 a 63%, fueron los genotipos JPX-101, ABT-8576, ABT-1285, TESTIGO CANGURO ABT-1226, ABT-1280, ARRAYAN PLUS Y TORREON II.

Energía neta de lactancia (ENL).

Se clasifican como “buenos”, a los híbridos ABT-1280, ARRAYAN PLUS, TORREON II, TESTIGO CANGURO con porcentajes de 1.3 A 1.4 Mcal kg⁻¹; y los de calidad “regulares” fueron ABT-1404, JPX-101, ABT-8576, ABT-1285, JPX-33 y ABT-1226, y de “mala calidad” resulto ser el JPX-102,

En cuanto a energía neta de lactancia (ENL) está oscila de 1.09 a 1.4 Mcal kg⁻¹ con una media general de 1.2 Mcal kg⁻¹.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la floración masculina y femenina de los híbridos evaluados se concluye que el más tardío resulto ser TORREON II con 88 dds, y el más precoz fue el hibrido ABT-1226 con 74 dds. Y en cuanto a la femenina resultaron ser la más tardía TORREON II con 84 dds, y los precoces fueron CANGURO (testigo) y ABT 1226 con 71 dds.

El rendimiento de forraje fresco y materia seca evaluados en campo los resultados nos indican que los mejores híbridos fueron: CANGURO (testigo) y abt-1404 con 55.500 y 55.480 Mg ha⁻¹, como rendimiento en fresco y en materia seca CANGURO (testigo) y ABT-1226 con 19.500 y 18.900 Mg ha⁻¹.

Con respecto a los análisis bromatológicos los híbridos más sobresalientes de acuerdo a Fibras Detergentes Acida y Neutra fueron: ABT 1404, JPX 101, JPX 102, ABT 8576, ABT 1285, JPX 33 y CANGURO (testigo) FDA, y TORREON II que obtuvo un 63.3 seguido de 54% del testigo (Canguro). FDN.

BIBLIOGRAFIA

- Yescas C.P. 2005 producción, calidad e índice de crecimiento de maíz forrajero bajo riego por Goteo superficial. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Torreón, Coahuila México Pp. 11-19
- Carmona G.H. 2004 evaluación de híbridos variables de maíz (*Zea mays* L.) en base de los parámetros genéticos de Acgy heterosis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Torreón, Coahuila, México.
- Chalupa W (1995) Requerimientos de forrajes en vacas lecheras. In: Memorias del Primer ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. Pp: 19-28.

POTENCIAL GENÉTICO Y DIVERSIDAD DE LÍNEAS DE GIRASOL EN EL PROGRAMA DE FITOMEJORAMIENTO DE LA UAAAN UL

José Luis Coyac Rodríguez, Jessica Josefina Huerta Castro, Mariela Olguín Villeda, Armando Espinoza Banda, Oralia Antuna Grijalva

Cuerpo Académico UAAAN-33 "Conservación y Mejoramiento Genético de Germoplasma de Maíz y Girasol", Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico "Raúl López Sánchez", km. 2. CP. 27054. Torreón, Coahuila. E-mail: jlcoyac@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el SINAREFI (2015), el girasol se encuentra de manera natural desde el norte de México hasta el sur de Canadá, ya que es de fácil adaptación a diferentes ambientes, debido a su diversidad genética, por lo que actualmente se cultiva en todo el mundo.

De acuerdo con Jansson y Buckler (2007), la diversidad de semillas ofrece una valiosa oportunidad para el mejoramiento de los cultivos, así como para logra el aprovechamiento de los recursos genéticos, además de una caracterización fenotípica de los materiales, como la resistencia a fitopatógenos, índices de calidad química, nutricional, rendimiento, entre otros. (Moreno, 2010). Además, es factible aprovechar la utilización de la diversidad del girasol para utilizarlo en otros usos debido a su gran potencial genético como forraje, obtención de aceite y como ornamental.

Actualmente existe un gran interés por las especies vegetales silvestres con potencial ornamental para la incorporación a ciertos espacios (lugares urbanos, periurbanos, etc.). México es un país reconocido por su diversidad vegetal, por lo que algunas especies ornamentales han sido aprovechadas o se han adaptado a este uso; para el caso del girasol hay demasiado interés debido a que el país es centro de origen (Lentz *et al.*, 2008), además de una muy amplia adaptación y un gran potencial ornamental (Coyac *et al.*, 2015).

En México actualmente se realizan algunas prácticas para la conservación de girasol silvestre, variedades criollas, así como el incremento y caracterización taxonómica y varietal de colectas y mejoramiento genético para generar variedades para el consumo humano, lo cual indica que el girasol tiene gran potencial genético (SINAREFI, 2015). El objetivo principal de este trabajo fue identificar la diversidad del germoplasma y el potencial genético en el Programa de Mejoramiento del CA "Conservación y Mejoramiento Genético de Germoplasma de Maíz y Girasol".

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL, 25°36'25" LN, 103°22'16" LO, 1124 msnm), durante dos ciclos: primavera y verano de 2014.

La selección de las líneas a evaluar se llevó a cabo a acuerdo a una selección fenotípica realizada en el ciclo primavera 2014, en donde además se seleccionaron, se procedió al incremento de semilla. Para dicho ciclo se establecieron 155 líneas, de las cuales se buscaron los materiales más sobresalientes para uso ornamental, de acuerdo con las características buscadas por Coyac *et al* (2015).

En el ciclo verano-otoño de 2014 se estableció un ensayo que comprendía 155 líneas seleccionadas del ciclo anterior, así como un compuesto de características ornamentales y otro de características para grano; se incorporaron al grupo a evaluar un total de cuatro variedades comerciales, y siete progenitores tanto de tipo silvestre como cultivado (los parentales originales del material seleccionado) para dar un total de 168 genotipos. El origen genealógico de las líneas del programa de mejoramiento es proveniente de los trabajos de Coyac (2007), y Olguín (2014).

La siembra se realizó el 17 de septiembre de 2014, y el arreglo experimental de campo fue en bloques incompletos (alpha-lattice) con 2 repeticiones por genotipo. Y un surco de 3 m por parcela experimental. La distancia entre plantas fue de 25 cm, para dar un total de 12 plantas por surco, y una densidad de 53,868 plantas ha⁻¹. En total hubo 336 parcelas experimentales.

Se empleó un sistema de riego por goteo empleando cintilla; para la aplicación de fertilizantes se llevó a cabo implementando el sistema de Venturi; el tratamiento de fertilización fue 80-60-0. El control de malezas y plagas se realizó de acuerdo a las recomendaciones para el cultivo de maíz en la región (Reta *et al.*, 2002)

El registro de datos se llevó a cabo en tres plantas por parcela experimental, tomadas al azar, pero siempre garantizando plantas con competencia completa.

Variables cuantitativas:

Emergencia (EM, días) se registró en días (después de la fecha de siembra), dicho dato considerándose desde que se aplicó el riego de establecimiento; se consideró a partir del 50%.

Aparición de botón (APB, días) a partir del desarrollo completo del botón floral, considerando el 50% del total de las plantas en la parcela. Se registró en días después de la siembra (DDS)

Primera flor (PrF, días) la primera floración fue registrada cuando la primera planta de cada parcela presento floración tubular.

Floración al 50% (MF, días) se registró cuando el 50% de las plantas mostraron flores.

Última flor (UF, días) el registro la última flor en abrir de cada una de los genotipos evaluados

Altura de planta (AP, m) se consideró la altura desde la base del tallo, hasta donde inicia el achenio, la medición se realizó con estadal, tomando la medida en la fase de llenado de grano.

Numero de hojas (NH, adimensional) Se contabilizó el número total de cada una de las plantas y la sumatoria se promedió respecto a las tres plantas con hojas contabilizadas; el conteo de las hojas se realizó durante el llenado de grano.

Diámetro interno de capitulo (DIC, cm) Se registró el diámetro correspondiente a las flores tubulares (centro del capítulo) correspondiente a la formación posterior del achenio; el dato fue medido en la etapa de llenado de grano, utilizando una cinta métrica.

Número de ramificaciones (NR) se contabilizaron el número de ramas presentes por planta y la sumatoria se promedió respecto a las plantas consideradas. El número de ramificaciones fueron consideradas no importando el tamaño de la ramificación

Diámetro de tallo en la base del capítulo (Dta, mm) fue tomado con un vernier electrónico a partir de la base del achenio o capítulo en (mm).

Diámetro del tallo medio (Dtm, mm) registrado con un vernier electrónico a partir de la parte media del tallo.

Diámetro del tallo de la base del tallo (Dtb mm) se tomó a partir de la base del tallo de la base tomando de referencia 5 cm arriba del surco.

Variables cualitativas:

Ramificación (RM; 0:1) 0 = plantas sin ramas; 1 = presencia de ramas.

Tolerancia al frio (SF; 1:5) Plantas con calificación de 1 = ausencia de daño; 2 = daño en solo el 25% de la planta, 3 = daño en un 50%, 4 = 75% de daño, y 5 = daño total.

Tipo de daño (TD; 1:5) 1 = ausencia de daño, 2 = daño sólo en las hojas, 3 = daño en hojas y el botón floral, 4 = sólo botón dañado, y 5 = daño completo de la planta

Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el paquete R, versión 3.2.2 (2015-08-14) – “Fire Safety” de R, empleando las librerías *ggplot2* para las salidas gráficas, *mice* para la imputación de datos perdidos, *reshape* para operaciones con la matriz de datos, *psych* para el grafico de correlaciones, *nFactors* para la obtención de los componentes principales necesarios para la agrupación, *devtools* y *ggbiplot* para la representación biplot. La matriz original de datos se estandarizó usando la función $z = (x_i - \mu) / \sigma_x$. A partir de los datos estandarizados se realizó un análisis de correlación, para posteriormente emplear la matriz de correlaciones en el análisis de componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de datos originales mostró que los parámetros de los genotipos evaluados en su conjunto tienen grandes diferencias; esto es indicativo de diversidad genética en el germoplasma, mostrando un enorme potencial para la selección de líneas, que pueden ser utilizadas con diferentes propósitos.

Componentes Principales

A partir del grafico Screeplot de los eigenvectores obtenido del Análisis de Componentes Principales (ACP) (Figura 1a) se determinó que los cuatro primeros componentes representan más del 68% de la varianza acumulada, así como tener eigenvalores superiores a 1.

Para una mejor aproximación y obtener valores insesgados, se usó el ajuste de Harman, para definir el grafico de la Figura 1b.

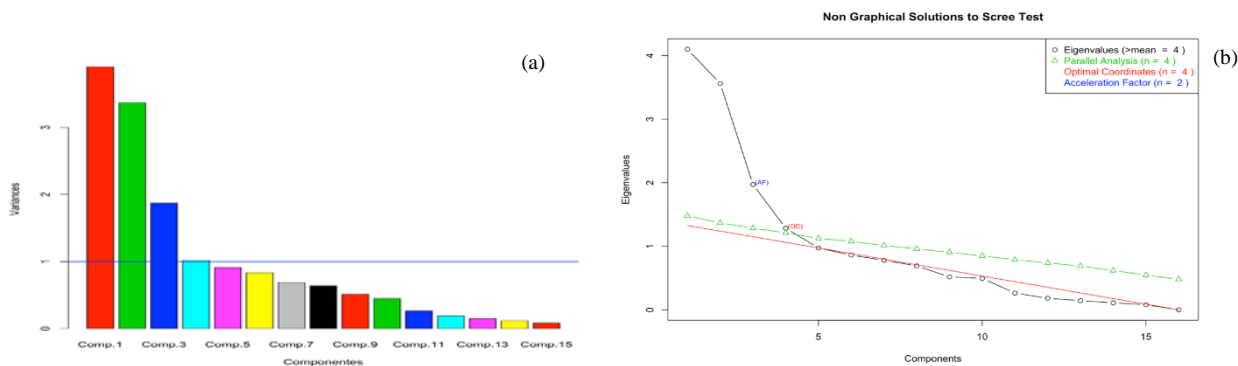


Figura 1. (a) Varianzas propias de componentes principales en 15 variables de girasol; (b) Screeplot con ajuste de Harman para valores optimizados de componentes principales en girasol

A partir de este último gráfico (Figura 1b), se determinó que el número óptimo de componentes principales ajustados era cuatro, por lo tanto, estos fueron los considerados para formar grupos tanto en el biplot y el dendrograma resultantes.

Al representar los dos primeros componentes principales (por cuestiones prácticas) seleccionados y ajustados en un gráfico biplot, se observó que el CP 1 representó el 26.2% de la varianza, en tanto que el CP2 tuvo un valor de 22%. Los vectores que representan a las variables importantes para el CP1 fueron APB, PrF, MF, y UF, todas ellas en el extremo negativo de la escala, y en el sentido positivo de la escala Dta y DIC. Por la agrupación y sentido de las variables de sentido negativo en el gráfico, así como sus valores eigen, pueden redefinirse como variables de PRECOCIDAD, en tanto que las de Dta y DIC son características de la relación entre DIAMETRO DE CAPITULO/DIAMETRO DE TALLO (Figura 2).

En el CP 2, se identificaron dos grupos de variables, tanto negativas como positivas. La predominancia de variables para este CP fue en el sector positivo, donde se ubicaron las variables AP, NH y Dtm, mientras que en el sector negativo fueron Susceptibilidad al Frio y el Tipo de Daño.

De acuerdo con este biplot (Figura 2) se formaron 4 grupos de genotipos (elipses), cada grupo con una probabilidad de 0.95 de englobar a los genotipos con mayor relación. De estas relaciones, se encontró que existe variación amplia entre los genotipos evaluados, así como características distintivas para cada grupo de líneas.

El grupo 1 constó de líneas tardías, con presencia de ramificaciones, abundantes hojas, y tallos gruesos; los genotipos que manifestaron marcadamente estas características fueron Vita_389, 1404-8-14, 14091-2, G-1_1_.308, 1405-30-1, 1406-34-3, 1402,16-4 y 1402-27-9 (Figura 2).

En el grupo 2 la característica predominante fueron los capítulos pequeños las plantas altas, y con abundantes hojas. Los genotipos que estuvieron presentes en el grupo fueron 1402,13-3, 1405-4-11, 1405-31-1, 1401-110-13, 1405-1-14, compuesto_para_ornamental, 1409-1-1, 1403,-21-1, 1405-31-1 y 1405-28-3 (Figura 2).

En el grupo 3 (Figura 2) existen genotipos que destacan por tener capítulos pequeños como SSE-56-73, 1402-22-1, 1401-27-1, SSE-MH-56-73_, 1401-27-1, 1401-36-1; por otro lado, a diferencia de los anteriores, también hubo líneas con capítulos grandes: 1405-27-10, 1410-10-1, 1405-22-7, 1401-61-17, 1404-4-4, 1405-10-3, 1401-61-17, 1402-25-4 y 1406-09-2, estos además resaltan por ser plantas enanas, con pocas hojas, sin ramificaciones, y además fueron precoces.

Finalmente, en el grupo 4 se identificaron líneas que manifiestan características negativas de tolerancia a frío (susceptibles), entre ellas: 1405-15-4, 1401-69, 1404-7-9, 1410-3-2, 1405-27-11, 1405-23-1B, 1401-72-4; esto es particularmente importante ya que es germoplasma tardío.

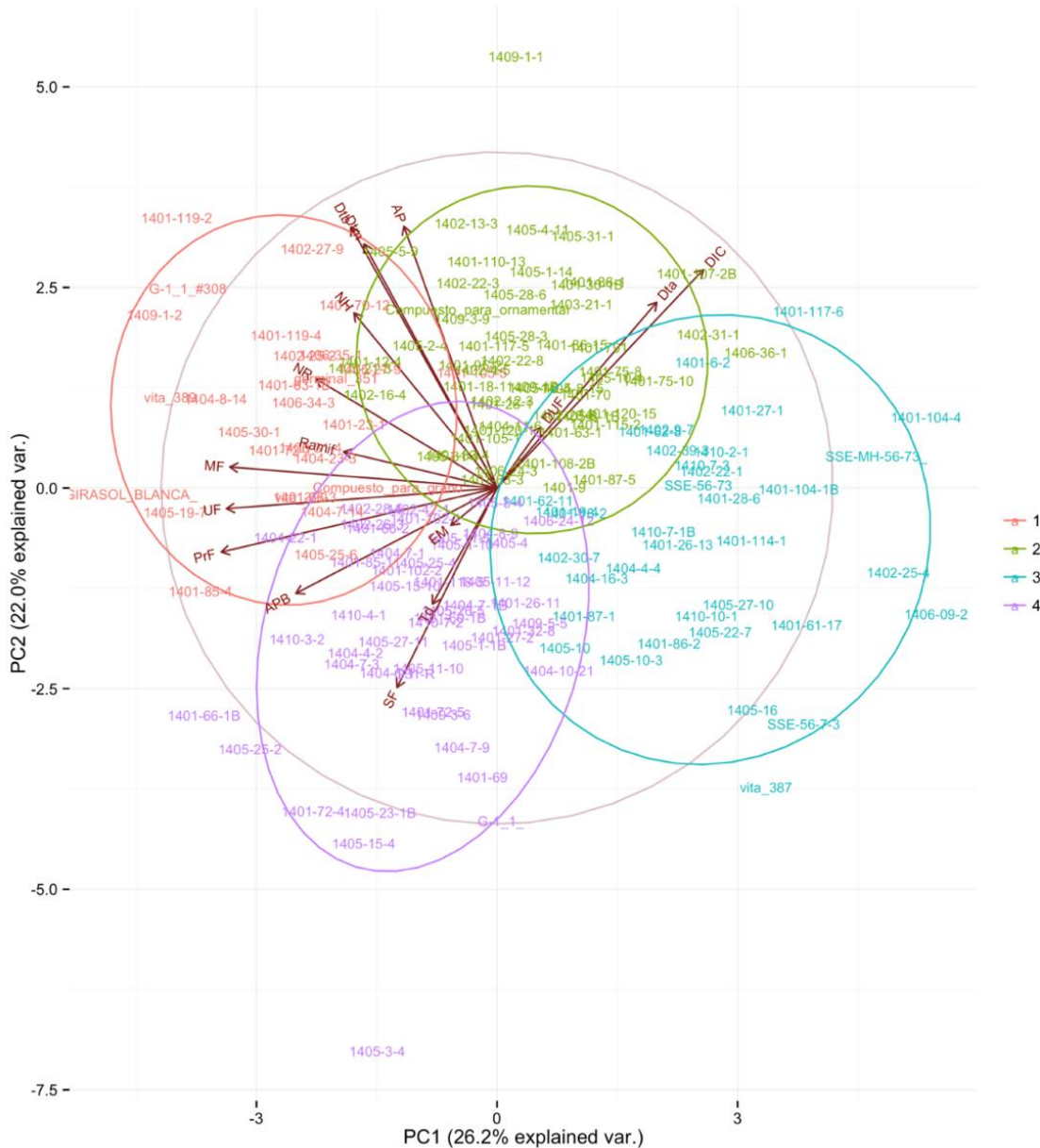


Figura 2. Biplot de dispersión para 165 genotipos de girasol. Componentes Principales 1 y 2, y su respectiva varianza explicada

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados de este estudio, se concluye lo siguiente:

Dentro de los genotipos se encontró una amplia diversidad genética, lo que trae como ventaja una amplia variedad de aprovechamiento.

Por la diversidad de los genotipos, es posible contar con una amplia gama de posibles usos para el germoplasma que maneja el programa de mejoramiento, aplicando las técnicas apropiadas de selección e hibridación.

Esta especie tiene un gran potencial y capacidades de uso, por ello se sugiere un próximo trabajo de investigación para cuantificación de carotenos, debido a la diversidad y potencial presentes en este germoplasma.

BIBLIOGRAFÍA

- Coyac R., J. L., M. Olgún V., J. J. Huerta C., A. Espinoza B., O. Antuna G. 2015. Avances en Investigación del Potencial Genético y Diversidad de Germoplasma de Girasol Ornamental. Ponencia oral IIC32. Memorias del XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. 21 al 26 de junio de 2015
- Coyac R., J. L. 2007, Caracterización multivariada de cruza de girasol cultivado x silvestre (*Helianthus annuus* L.) con propósitos ornamentales, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón Coahuila, México
- Jansson, S.; Bucker, E.S. 2007. Genome studies and molecular genetics. Genomics.deeper and wider in order to understanding plant diversity. *Plant Biology* 10:107-108
- Lentz DL, Pohl MD, Alvarado, JL, Tarighat S, Bye R (2008) Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a pre-Columbian domesticate in Mexico. *Proc Nat Acad Sci USA*. 105:6232–6237, doi: 10.1073/pnas.0711760105
- Moreno, M. V. 2010. Diversidad genética en girasol cultivado: análisis de una colección de germoplasma local para su aplicación en programas de mejoramiento. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4929_Moreno.pdf
- Olgún V., M. 2014, Potencial genético y diversidad de germoplasma de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México
- Reta S., D. G-. J. S. Carrillo A., A. Gaytan M., E. Castro M., y J. A. Cueto W. 2002. Guía para cultivar maíz Forrajero en Surcos Estrechos. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto para productores Núm. 5. Matamoros, Coah., México.
- SINAREFI. 2015. Red Girasol. http://www.sinarefi.org/redes/red_girasol.html
- The R Foundation for Statistical Computing. 2015. R version 3.2.2 (2005-08-14) – “Fire Safety”. Platform: x86_64-apple-darwin13.4.0 (64-bit).

EVALUACION DE GIRASOL (*Helianthus annuus L*) PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y ACEITE EN EL NORTE DE SINALOA

Llaven Valencia Genny¹, Peinado Fuentes Luis A¹, Borbón Gracia Alberto², Castillo Torres Nemecio², Coyac Rodríguez José L³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Valle Del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, Col. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México, CP.81110, Correo electrónico: llaven.genny@inifap.gob.mx.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Pecuarias, -Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora.

³Universidad Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y carretera santa fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.

INTRODUCCIÓN

El girasol es un importante rubro en la economía de los países como Argentina, EUA y Paraguay, en este último la producción es del 100 %, que se encuentra en la región oriental del país y es un cultivo cuya relevante importancia se debe a la excelente calidad de aceite comestible que se extrae de la semilla, el cual posee alto contenido de ácidos grasos no saturados linoleico y oleico. Las semillas de girasol es una fuente de grasas y energía, además de hidratos de carbono y proteínas, las cáscaras que quedan después de la extracción del aceite se pueden moler y emplear como ingrediente en las raciones de los rumiantes y aves de corral (De La Vega, A. 2001). La composición de ácidos grasos del aceite determina su uso como un aceite industrial o comercial (López Pereira, M. y Trápani, N. 2004). Aunque el aceite de la semilla de las variedades de girasol es considerado de buena calidad para propósitos comestibles, el desarrollo de variedades con alto contenido de ácido oléico es actualmente, un mejoramiento importante (Escalante, *et al.*, 2014). Es necesario conocer la acumulación del ácido linoléico del aceite para establecer las relaciones entre contenido de aceite, calidad, y temperatura (Castillo, *et al.*, 2015 y Escalante, *et al.*, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de grano, el contenido de aceite de girasol en cinco híbridos cultivados bajo condiciones de riego en el norte de Sinaloa, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo de otoño-invierno 2016/2017 con fecha de siembra del 2 de diciembre se estableció un lote compuesto por cuatro híbridos más un testigo de Girasol para evaluación, con base al rendimiento de grano y contenido de aceite, en las instalaciones del Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) ubicado en Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, Col. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

Estos híbridos se evaluaron en conjunto, haciendo un total de cinco tratamientos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones donde, la parcela experimental fue de cuatro surcos de seis metros de largo, con una distancia de 80 cm entre surcos. equivalente a 19.2 m², considerando como parcela útil los dos surcos centrales de cinco metros, una superficie de cosecha de 8.0 m² de superficie, la distancia entre plantas fue de 0.25 cm, obteniéndose una densidad de población de 50 mil plantas por hectárea, se aplicaron 120 kilogramos por hectárea de Nitrógeno y 50 kilogramos por hectárea de Fósforo, se realizó con la fórmula 140-40-00-20-0.2 (N-P-K-S-Bo), se aplicó el 50% de nitrógeno y el total de fosforo al momento de la siembra y restante de nitrógeno se aplicó en la cultivada.

Se aplicaron tres riegos de auxilio en las etapas de desarrollo del cultivo, floración y llenado de grano.

Se cosecharon 40 plantas con competencia completa en cada parcela y las variables medidas fueron, rendimiento de grano en kilogramos por hectárea, contenido de aceite en porciento, peso de 100 semillas en gramos, altura de planta en centímetros y días al 50% de floración y a madurez fisiológica.

Para determinar la diferencia entre tratamiento los resultados fueron analizados mediante Análisis de la Varianza y contrastes ($p < 0.05$), utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza se determinaron diferencias altamente significativas entre tratamientos en cuanto al rendimiento de grano, con un coeficiente de variación de 10.6%. El híbrido, t1 (SYN3950) resulto el de máximo rendimiento con 4241 kg ha⁻¹ y con diferencia estadística de t5 (SYN3845) y t2 (SYN3965HOCL), pero con igualdad estadística de testigo comercial t3 (Hornet CL) y t4 (SYN3975); el de menor rendimiento fue el híbrido t2 (SYN3965HOCL) con 3564 kg ha⁻¹.

Cuadro 1. Comparación de medias de características agronómicas y de rendimiento (kg ha⁻¹) en girasol bajo condiciones de riego en CEVAF O-I, 2016/2017.

TRA.	DÍAS A FLORACIÓN				MAD. FISIOLÓGICA (R9)	ALTURA EN CM.	P 1000	P HECTO	kg ha ⁻¹ GRANO 11% HUM.
	BF (R1)	DBF (R3)	IF (R5)	FF (R6)					
1	60 ^a	83 ^c	90 ^c	99 ^c	128 ^b	210 ^b	48 ^c	41 ^c	4240 ^a
3	67 ^b	74 ^a	81 ^a	87 ^a	122 ^a	165 ^a	38 ^a	32 ^a	4206 ^a
4	60 ^a	79 ^b	87 ^b	97 ^b	127 ^b	210 ^b	47 ^{bc}	36 ^b	3703 ^{ab}
5	62 ^a	80 ^b	87 ^b	97 ^b	122 ^a	170 ^a	42 ^{ab}	33 ^a	3569 ^b
2	67 ^b	84 ^d	90 ^c	99 ^c	128 ^b	205 ^b	46 ^{bc}	31 ^a	3564 ^b
Media	63	80	87	99	125	192	44	35	3856
C.V (%)						6.6	8.9	4.7	10.6
DMS						18.3	5.6	5.6	591.7

La diferencia entre los bajos rendimientos de grano y porcentaje de aceite mayor de acuerdo a De La Vega (2001), quien describe que estarían asociadas a las mayores temperaturas registradas durante la fase de llenado de granos, que constituye uno de los factores ambientales responsables de las diferencias de comportamiento entre materiales evaluados.

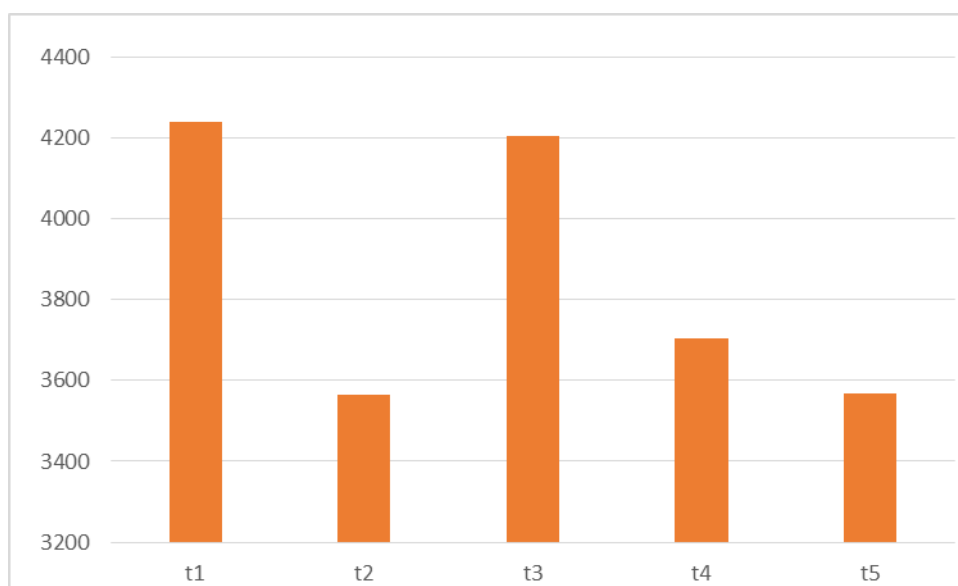


Figura 1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de híbridos de Girasol bajo condiciones riego en ciclo otoño-invierno 2016-2017.

El contenido de aceite fluctuó entre 39% a 50% dependiendo de la variedad. El contenido de aceite en girasol y su calidad, esto es, el contenido de los diversos ácidos grasos que lo componen va a depender mayormente de tres factores: genética del híbrido, condiciones

ambientales donde se desarrolla el cultivo y finalmente interacción entre genotipo y ambiente (Figura 2), la industria exige el porcentaje del 44% de aceite en semilla a un 9% de humedad y 2% de impurezas, todo lo que supere o disminuya de ese porcentaje recibirá o sufrirá un ajuste en el precio estándar (De La Vega, A. 2001). Haciendo referencia a esta información tenemos que los tratamientos cuatro y cinco se encuentran por arriba de este valor. Lo que indica que son materiales que pueden representar una opción competitiva en relación al testigo por su contenido de aceite.

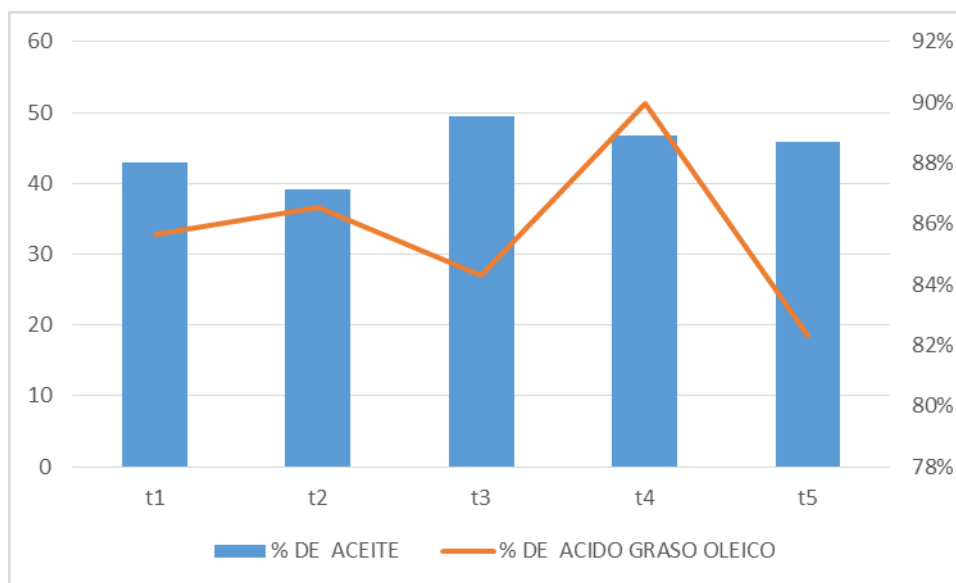


Figura 2. Contenido de aceite y ácido oleico (kg/ha^{-1}) de híbridos de Girasol bajo condiciones riego en ciclo otoño-invierno 2016-2017.

El ácido oleico de los híbridos y el testigo estuvieron por arriba de 80% sin embargo, el t4 se comportó como el de mayor contenido de este ácido graso con un 90%, el testigo por su parte registro un valor de 84%, mientras que t5 fue el de menor contenido con 82% de ácido graso oleico, con estos valores los materiales evaluados se consideran como alto oleico considerando que alto oleico es aquel girasol que contiene más de un 80% de este ácido graso tan importante en la nutrición humana por sus efectos beneficiosos para el corazón.

López Pereira, M. y Trápani, N. 2004 han establecido que la caída de los niveles de radiación y las bajas temperaturas durante el período crítico período de llenado del grano, determinan que el rendimiento se reduzca en aproximadamente un 35 %. Esta respuesta se debería a que en girasol la tasa de llenado de grano, es afectada por la capacidad fotosintética de la planta durante el llenado de los granos, especialmente aquellos granos ubicados en el centro del

capítulo. También la duración de la etapa de llenado de grano, es afectada por modificaciones en la cantidad de radiación interceptada por planta y por altas temperaturas en el capítulo durante este período crítico acortan la duración del mismo y reducen el peso del grano, así también menciona que las altas temperaturas en el llenado no solo reducen el peso de los granos, sino también su porcentaje de grasa.

CONCLUSIONES

Los tratamientos cuatro y cinco se encuentran por arriba del 44% en contenido de aceite lo que indica que son materiales que pueden representar una opción competitiva en relación al testigo por su contenido de aceite.

El tratamiento cuatro se comportó como el de mayor contenido de este ácido oleico con un 90%.

Los porcentajes de rendimiento de grano respecto al testigo fueron los siguientes: El testigo (t3) 100%, t1 100.8, t4 88% el resto de los híbridos alrededor de 85%. Sin embargo; se considera que a partir de 3000 kg/ha se considera rendimientos competitivos para el Norte de Sinaloa.

BIBLIOGRAFÍA

- De La Vega, A. 2001. Interacción genotipo por ambiente en girasol (*Helianthus annuus* L.) megambientes, selección indirecta y bases fisiológicas de la adaptación a ambientes subtropicales. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- López Pereira, M. y Trápani, N. 2004. Capítulo 3: Importancia de Factores Abióticos que Limitan el rendimiento y la Calidad del Girasol. En: "El cultivo de girasol en siembra directa". Argentina. 1° Ed. Buenos Aires. Monsanto.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat, Version 1.1. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Bruyas. Argentina. 266 p.
- Castillo, T. N., Cantú A. J. 2015. Agenda técnica agrícola de Sonora.
- Escalante, E. J. A.S., Rodríguez, G. M.T., Escalante, E Y. I. 2014. Rendimiento del girasol en función del cultivar de frijol en siembra asociada. *Ciencias Agrícolas Informa*. 23(1): 23-28.
- Escalante, E., L., E., Y. Escalante E., y C. Linzaga L. 2007. La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Agron. Costarricense* 31: 95-100.
- Financiera Rural. 2010. Monografía de la semilla de girasol. Abril 2010. pp: 1-6.
- Di Rienzo *et. al.* 2008. Estadística para las ciencias agropecuarias, 7ma ed. Córdoba, Brujas.
- Rondanini, D., Mantese, A., Savin, R., Hall, A.J., 2006. Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during and Intensity Exposure to Stress. *Fied Crop. Res.*

FERTILIZACIÓN FRACCIONADA CON NITRÓGENO EN FERTIRRIEGO DE CHILE MIRASOL

Trejo Escareño Héctor Idilio^{1*}, Rivera Gutiérrez Rubén Guadalupe², Vázquez Vázquez Cirilo¹,
Gallegos Robles Miguel Ángel³, Esparza Rivera Juan Ramón⁴

1. Integrante del CAC UJED-CA-47, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Ej. Venecia, Durango, México. *autor principal idilio72@yahoo.com.mx

2. Egresado de maestría en agricultura orgánica sustentable en FAZ-UJED.

3. Integrante del CAC UJED-CA-112, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Ej. Venecia, Durango, México.

Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo.

INTRODUCCION

El cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es de gran importancia en México, debido a que nuestro país se considera como centro de origen de algunas especies. La importancia del chile proviene de la gran diversidad de usos que se le dá. (Kulkarni y Phalke, 2009). En nuestro país se conocen cerca de 90 variedades de chile, aunque solo cerca de 30 dominan el mercado. El jalapeño participa con el 22.8 % del valor de producción y el seco mirasol con el 7.8 %.

El nitrógeno es el constituyente esencial de los aminoácidos, nucleoproteínas y nucleótidos, es esencial para la división y expansión celular y por lo tanto para el crecimiento de las plantas (Francis *et al.*, 2007). El nitrógeno es el principal nutriente que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y producción optima de los cultivos. La fertilización nitrogenada es el componente más importante en le sistemas de producción (Sánchez y Sanabria, 2009). El nitrógeno es un elemento importante para todo organismo, principal elemento que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y producción optima de los cultivos (Elizondo, 2011).

La variedad "tres venas" de chile mirasol es nativa de Aguascalientes y según la clasificación de la FAO (2008) es de porte mediano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (CAE-FAZ.), en las coordenadas: 25°46'56" Latitud N; 103°21'02" Longitud W.

Los factores en estudio fueron la fertilización fraccionada en 6 y 8 aplicaciones y 4 formulas químicas de fertilizante (de 80 a 200 kg N) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Periodos de aplicación y tratamientos de fertilización química nitrogenada.

Factor A	Factor B
Periodos de aplicación	Formula de fertilizante
	B1 = 00-00-00
A1 = 8 aplicaciones cada 18 días	B2 = 80-60-00 + 100 Ca
A2 = 6 aplicaciones cada 25 días	B3 = 120-60-00 + 100 Ca
	B4 = 160-60-00 + 100 Ca
	B5 = 200-60-00 + 100 Ca

Diseño experimental

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 1.60 metros de ancho por 10.0 de largo para tener una superficie por unidad experimental de 16 m² y una superficie total en el experimento de 1280 m².

Los datos se analizaron con el paquete computacional the SAS System. Inc, en el cual se analizó el análisis de varianza, separación de medias por LSD.

Análisis estadístico

Los datos se analizarán bajo el diseño de bloques al azar con 5 tratamientos incluyendo el testigo y 4.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + t_j + \sum_{ij} + \beta_k + \sum_{ik} + (t\beta)_{jk} + \sum_{ijk}$$

Dónde:

μ = media general

β = efecto de los bloques

t = efecto de los tratamientos

i, j, k = tratamientos, repeticiones

\sum_{ij} , \sum_{ik} , \sum_{ijk} = efecto de los errores

Establecimiento del experimento

Se realizó una preparación de suelo convencional que consistió en un barbecho a 30 cm de profundidad, dos pasos de rastra, un empareje con la escrepa, la construcción de los bordos y un descopete de los mismos.

Se trasplanto la variedad "tres venas" a los 45 días después de la siembra, el 16 de marzo del 2016, en surco a doble hilera utilizando el sistema tresbolillo, con una separación de 0.30 metros entre plantas y 1.60 entre bordos.

Fertilización

Fue el tema de estudio ya que se aplicaron diferentes cantidades de fertilizante químico en el agua de riego, (UREA, Nitrato de Calcio, Ácido Fosfórico) tal y como se explica en factores de estudio.

Riegos

Una vez levantados los bordos se instaló el sistema de riego por cintilla (calibre 8 mill) donde circulo el agua y los fertilizantes.

Labores culturales

Se redujeron ya que se utilizó un acolchado plástico color negro. Utilizado con varios propósitos, como a optimizar la humedad o sea que conserva más la humedad y en el caso de la maleza evita que emerja en la zona acolchada.

Cosecha

El chile mirasol se cosecha entre los 110-120 días después del trasplante. Se realizaron cuatro cortes de chile mirasol, se cosecho cuando el chile paso del color verde claro a un color rojo, cuando el chile empezó a cambiar a color rojo de la punta se procedió a cosechar, en este momento de sacaron muestras del chile y se evaluó.

Producción chile mirasol seco

La producción de chile mirasol seco ($t\ ha^{-1}$) muestra diferencia estadística en las cosechas 2 y 4 para los tratamientos de nitrógeno (Figura 1). La cosecha 4 en el tratamiento de 120 unidades de nitrógeno resulta ser la mejor con $2.23\ t\ ha^{-1}$ de chile seco.

La producción de chile seco de mirasol muestra diferencia estadística en la cosecha 2 y 4 siendo el tratamiento de 120 el que presenta los valores más altos con un acumulado total de $5.71\ t\ ha^{-1}$ con 21.7% superior al testigo (Figura 2). Serna y Zegbe (2012) presentas datos de producción de chile seco mirasol de 3 años siendo más alto en 2008 con $3.3\ t\ ha^{-1}$ en riego completo (experimento de riego reducido). Resultados similares se reportan por Serna-Pérez *et al.*, (2011). Albares-Ramirez *et al.*, (2013) encontraron rendimientos de chile seco mirasol de 1,390 kg por ha para el año 2009 en chile de primera; en el estudio se hizo en 4 años donde se evaluaron sistemas de producción en Zacatecas. Variedad Zacatecas.

VARIABLES MEDIDAS EN EL SUELO

Se realizó un muestreo de suelo antes de establecer el cultivo para darnos una idea de cómo se encontraba el suelo antes de establecer el experimento, al finalizar el experimento se realizó un muestreo de suelo por cada unidad experimental, obteniéndose 80 muestras de suelo, esto se llevó a cabo con una barrena de caja y una pala extrayendo un kilogramo de suelo en profundidades de 0-30 cm, con el objetivo de determinar sus características químicas mediante análisis de laboratorio.

- a) Potencial de Hidrogeno (pH), determinado con potenciómetro.
- b) Materia orgánica (M.O.) por el método Walkley y Black.
- c) Conductividad eléctrica (C.E.) determinada con Conductímetro.
- d) Calcio (Ca) por el método de titulación
- e) Nitrógeno inorgánico (nitratos y amonio) por el método de Kjeldahl o arrastre de vapor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción chile mirasol

La producción de chile seco muestra diferencia estadística en las cosechas 2 y 4 para los tratamientos de nitrógeno (Figura 1). La cosecha cuatro en el tratamiento de 120 unidades de nitrógeno resulta ser la mejor con 2.23 t ha^{-1} de chile seco.

La producción de chile seco de mirasol muestra diferencia estadística en la cosecha 2 y 4 siendo el tratamiento de 120 el que presenta los valores más altos con un acumulado total de 5.51 t ha^{-1} con 21.7% superior al testigo (Figura 2). Serna y Zegbe (2012) presentas datos de producción de chile seco mirasol de 3 años siendo más alto para el 2008 con 3.3 t ha^{-1} en riego completo (experimento de riego reducido). Resultados similares se reportan por Serna-Pérez *et al.*, (2011). Alvares-Ramirez *et al.* (2013) encontraron rendimientos de chile seco mirasol de $1,390 \text{ kg ha}^{-1}$ para el año 2009 en chile de primera; el estudio se hizo en cuatro años donde se evaluaron sistemas de producción en Zacatecas. Variedad Zacatecas.

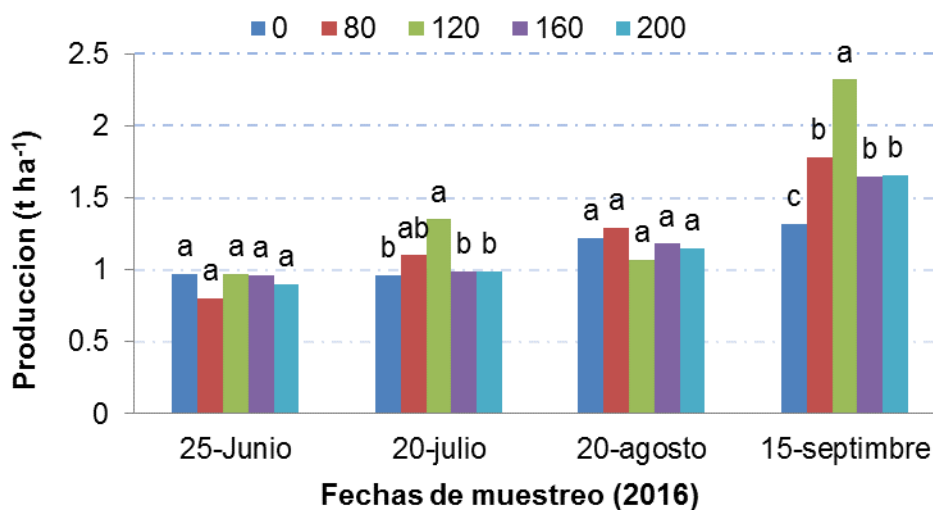


Figura 1. Producción de chile mirasol por tratamiento en cuatro cosechas .

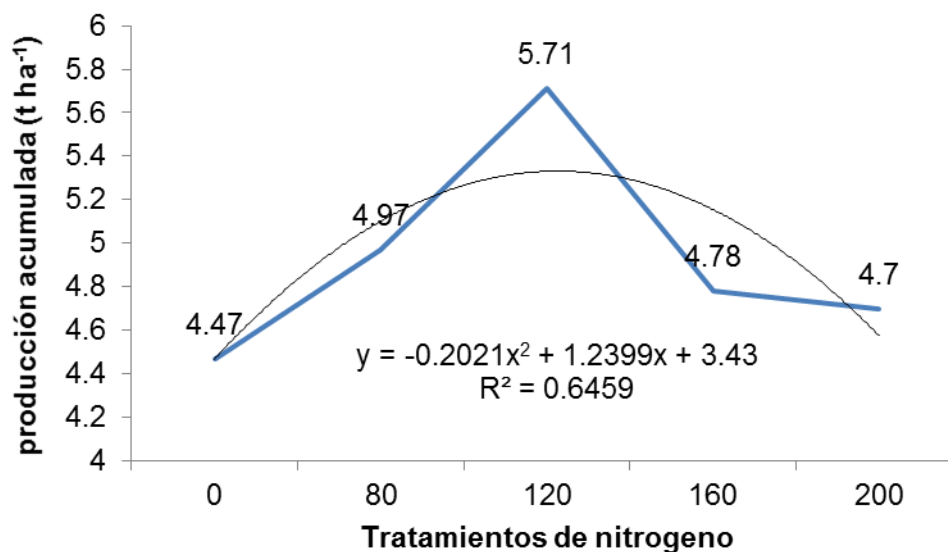


Figura 2. Producción total de chile mirasol por tratamiento de nitrógeno.

VARIABLES DEL SUELO

El análisis de varianza para pH de suelo muestra diferencia estadística solamente para el número de aplicaciones con una $Pr > F$ en 0.0013. La separación de medias de pH muestra valores más altos donde se fraccionó más veces con valores de 8.46 y 8.11 respectivamente; los tratamientos permanecieron en 8.3 mostrando muy pocos cambios entre ellos. Trejo-Escareño *et al.*, (2012), en un experimento con aplicación de estiércol durante 7 años el pH estuvo fluctuando alternativamente entre años con valores de 6.5 hasta 8.5, sin embargo la tendencia es a incrementar su valor. Fortis-Hernández *et al.*, (2012) encontró valores de pH de 7.1 en el testigo químico y 8.2 cuando se aplica biocompost (Cuadro 2).

Las separaciones de medias de conductividad eléctrica muestran claramente una mayor concentración de sales donde se fraccionó 6 veces con una concentración de 2.2 dS m⁻¹ superior a las 8 aplicaciones con 1.79 dS m⁻¹ para los tratamientos no hubo diferencia estadística; Fortis-Hernández *et al.* (2012) usando como testigo la solución Steiner en macetas de chile morrón en arena se presentó conductividades eléctricas de 4.2 y en macetas de arena con fuentes orgánicas hacia el final del experimento la enmienda orgánica que presenta mayor conductividad es el biocompost con 12.29 dS m⁻¹.

La materia orgánica del suelo se vio afectada por el número de aplicaciones con una $Pr > F$ de 0.0031 y no muestra diferencia para los tratamientos de nitrógeno (Cuadro 2).

El cultivo se suplemento con calcio de manera homogénea, el suelo no muestra diferencias comparativas con los valores iniciales; lo cual significa que el calcio aplicado fue el necesario, para mantener la producción y no deteriorar el contenido químico del suelo el Cuadro 2 muestra un contenido de 16 Meq l⁻¹ de calcio en el suelo.

Amonio y nitratos tampoco muestran diferencia estadística, para amonio y nitratos muestran valores de 17 mg kg⁻¹ de amonio y 18 mg kg⁻¹ de nitratos lo cual significa suelos con valores medios.

Comparado con los valores iniciales de suelo los valores de nitratos se mantienen y aunque no hay diferencia estadística la tendencia muestra mayor concentración con más aplicaciones.

Comparado con los valores iniciales de suelo los valores de nitratos se mantienen y aunque no hay diferencia estadística la tendencia muestra mayor concentración con más aplicaciones.

Cuadro 2. Medias de variables medidas en suelo del chile mirasol. CAE-FAZ-UJED, 2016.

	pH	C.E (dS m ⁻¹)	M.O (%)	NH ₄ (mg kg ⁻¹)	NO ₃ (mg kg ⁻¹)	Ca (Meq l ⁻¹)
Aplicaciones						
8 fracciones	7.98 b	2.05 a	0.84 b	12.35 b	15.28 a	16.02 a
6 fracciones	8.05 a	1.79 a	1.78 a	16.79 a	11.54 a	14.98 a
Tratamientos						
00-00-00	8.06 a	1.75 a	1.33 a	14.21 a	11.37 a	13.75 a
80-60-00+ 100 Ca	7.98 a	1.96 a	1.33 a	14.65 a	10.82 a	15.80 a
120-60-00 + 100 Ca	8.04 a	1.90 a	1.39 a	13.97 a	10.14 a	14.25 a
160-60-00 + 100 Ca	7.97 a	2.13 a	1.42 a	13.30 a	23.67 a	18.80 a
200-60-00 + 100 Ca	8.02 a	1.85 a	1.49 a	16.73 a	11.04 a	14.90 a
Muestra inicial	7.85	3.8	0.32	-	24	18.75

CONCLUSIONES

Cuando se fracciona el nitrógeno 8 veces, el chile mirasol es cuando presenta la mayor producción con 5.7 t ha⁻¹ de chile seco, la cual es muy parecida a la media nacional de 6 t ha⁻¹.

El experimento se inició con un suelo bajo en nitrógeno de 24 mg kg⁻¹ de nitratos y termino con un valor medio de 15 mg kg⁻¹ de nitratos lo que implica que todo lo aplicado fue absorbido por el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Kulkarni M., Phalke, S. 2009. Evaluating variability of root size System and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annuum*, L.) under water stress. *Scientia Horticulturae*. 120: 159-166.
- Christopher A Francis, J Michael Beman and Marcel MM Kuypers. 2007. New processes and players in the nitrogen cycle: the microbial ecology of anaerobic and archaeal ammonia oxidation. *The ISME Journal*, 1:19-17.
- Sánchez, J. y J. Sanabria. 2009. Metabolismos microbianos involucrados en procesos avanzados para la remoción de nitrógeno, una revisión prospectiva. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(1): 114-124.
- Elizondo, S. J. 2011. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana* 17:70-76.
- FAO. 2008. Comisión del Codex alimentarius, Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, comité del codex sobre frutas y hortalizas frescas 14ª reunión Ciudad de México, México, 12 - 17 de mayo de 2008
- Serna-Pérez, Alfonso; Jorge Artemio Zegbe. 2012. Rendimiento, calidad de fruto y eficiencia en el suelo en el agua del chile "mirasol" bajo riego deficitario. *Rev Fitotec. Mex.* 35 (Núm. especial 5): 53-56.
- Serna-Pérez, Alfonso; Jorge Artemio-Zegbe; Jaime Mena-Cobarrubias. 2011. Rendimiento y calidad de chile seco "mirasol" cultivado bajo riego parcial de la raíz. *Revista Chapingo Serie Hortícola*.17 (Especial 1): 19-24.
- Fortis-Hernández, Manuel; Pablo Preciado-Rangel; José Luis García-Hernández; Agustín Navarro-Bravo; Jacob Antonio Gonzales y José Manuel Omaña-silvestre. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile morrón. *REV.MEX.CIENC. AGRIC.* 3(6): 1203-1216.
- Trejo-Escareño, H. Idilio; Enrique Salazar-Sosa; José Dimas López-Martínez y Cirilo Vázquez-Vázquez. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje en el maíz. *REV.MEX.CIENC. AGRIC.* 4(5): 19-24.

EFFECTO DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y DIFERENTES DOSIS DE UN BIOFERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*)

Mario Alberto Niño Castañón¹, Edmundo Castellanos Pérez^{1*}, J. Santos Serrato Corona¹, Héctor Idilio Trejo Escareño¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango.

*ecastellmx@yahoo.co.mx

INTRODUCCIÓN

La planta de amaranto presenta características agronómicas deseables, como la alta tolerancia a la sequía y salinidad, que le permiten crecer en suelos pobres no aptos para el cultivo de cereales, por ejemplo Omami *et al.* (2010). Debido a ello, el amaranto representa una de las principales alternativas para la producción de alimentos de buena calidad en zonas con suelos salinos, prolongados periodos de sequias y lluvias irregulares (Espitia-Rangel *et al.*, 2010).

El manejo de la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada son factores clave para un buen rendimiento y facilitar la cosecha en amaranto (Arellano y Galicia, 2007); se sabe que el N es el elemento más restrictivo en el crecimiento de un cultivo; en amaranto se menciona que a medida que el ambiente sea más favorable se deberá aplicar mayor cantidad de N (Stallknecht y Schulz-Schafer, 1993).

Una estrategia para aumentar el rendimiento de los cultivos y mejorar el suelo es el uso de microorganismos que se asocian a las plantas y son capaces de promover sus crecimientos denominados biofertilizantes o inoculantes (López-Guerrero *et al.*, 2011). Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998).

Existen varios estudios indican que la inoculación de cereales con bacterias promotoras del crecimiento vegetal y micorrizas permite reducir la dosis de aplicación de fertilizantes N, P y K sin que disminuya el rendimiento del cultivo. Se ha reportado que la principal tasa de retorno

económico es cuando se fertiliza con el 75% de la dosis recomendada (El-Sirafy *et al.*, 2006; Bashan, 2008).

El objetivo del trabajo fue determinar la producción y calidad del grano de amaranto con diferentes tratamientos de biofertilizante en dos densidades de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, ubicada en el ejido Venecia Durango, carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km 35. Se usó un diseño de parcelas divididas donde las parcelas grandes fueron la densidad de siembra y las parcelas chicas los tratamientos de fertilización. Las densidades de siembra fueron de 1.5 y 3.0 kg ha⁻¹ con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de fertilización fueron: el testigo, 0.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, 1.0 L ha⁻¹ de biofertilizante, 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante, y fertilización química (80-40-00). Las características del biofertilizante fueron -*Rhizobium* 115 millones UFC/g, *Pseudomonas* 30 millones de UFC/g, *Azospirillum brasilense* 110 millones de UFC/g, mezcla de *Azotobacter*, *Acetobacter* y *Saccharomyces* 1x10⁷ (UFC), Actinomicetos 78 millones de UFC/g, *Glomus intraradices* (concentración desconocida), mezcla de *Lactobacillus plantarum* y *Leuconostoc* (concentración desconocida), y acondicionador CBP (Humus). Cada unidad experimental midió 4.2 x 8.0 m. Se barbechó y rastro el área. El día 13 de mayo se instaló el sistema de riego, que consistió de tubería PVC en las líneas de conducción y distribución del agua, y cintilla en las líneas regantes, con goteros cada 30 centímetros. La siembra fue el 15 de Mayo de 2105. La aplicación de fertilizantes el 11 de Julio. La cosecha fue el 17 de Agosto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grano por panoja

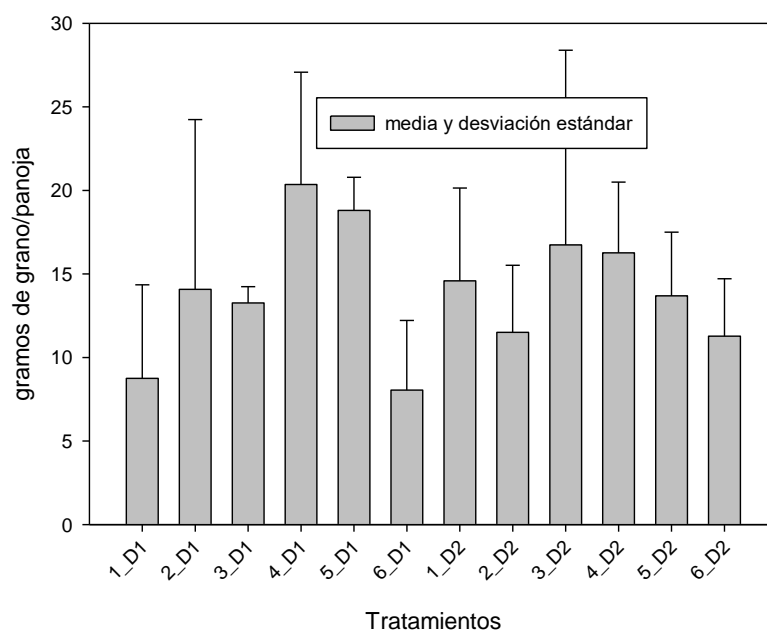
En parcelas grandes, densidad de siembra, no se encontró diferencia en el rendimiento de grano por panoja de amaranto ($p > 0.05$) (Cuadro 1). En parcelas pequeñas, fertilización, el tratamiento de 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante fue el que tuvo grano por panoja con un mayor peso y fue estadísticamente igual a los tratamientos de 2.0, 1.0 y 0.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, y estadísticamente superior al tratamiento químico y al testigo ($p < 0.05$). Los tratamientos de 0.5, 1.0, 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante, fertilización química y testigo fueron iguales entre sí en el peso del grano por panoja ($p > 0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de grano (g) de amaranto por panoja (*Amaranthus hypochondriacus*) en las dos densidades de siembra (parcelas grandes) y fertilización (parcelas chicas).

Densidad de siembra	Grano por panoja
3 kg ha⁻¹	13.98 a ¹
1.5 kg ha⁻¹	13.88 a
Fertilización	
Testigo	11.25 b ¹
0.5 L ha⁻¹ de biofertilizante	12.79 a b
1.0 L ha⁻¹ de biofertilizante	15.00 a b
1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante	18.31 a
2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante	16.24 a b
Fertilización química	9.66 b

¹Letras iguales dentro de la misma columna y parcela no tienen diferencia significativa ($p > 0.05$).

Considerando los dos factores, densidad de siembra y fertilización, el tratamiento 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante con densidad 3 kg ha⁻¹ de semilla presentó el mayor peso de panoja con 20.35 g, seguido por 18.80 g del tratamiento 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante con densidad 3 kg ha⁻¹ semilla, los demás tratamientos fueron similares y los pesos más bajos fueron 8.75 g y 8.05 g en los tratamientos de fertilización química y el control ambos con densidad de siembra de 3 kg ha⁻¹ de semilla (Figura 1).



1= testigo, 2= 0.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, 3= 1 L ha⁻¹ de biofertilizante, 4= 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, 5= 2 L ha⁻¹ de biofertilizante, 6= fertilización química (80-40-00), D1= 3 kg ha⁻¹ de semilla, D2= 1.5 kg ha⁻¹

Figura 1. Peso del grano por panoja de amaranto por tratamiento en 2015.

Número de plantas

En parcelas grandes, densidad de siembra, no se encontró diferencia significativa en cuanto al número de plantas ($p > 0.05$) (Cuadro 2). En parcelas pequeñas, fertilización, el tratamiento 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante fue el que presentó menor número de plantas (cuadro 2).

Cuadro 2. Número de plantas en parcelas grandes (densidad de siembra) y parcelas chicas (fertilización) de *Amaranthus hypochondriacus*.

Densidad de siembra	Media	
3 kg ha ⁻¹	81795	a ⁻¹
1.5 kg ha ⁻¹	80465	a
Fertilización		
Testigo	79135	a ⁻¹
0.5 L ha ⁻¹ de biofertilizante	95766	a
1.0 L ha ⁻¹ de biofertilizante	82466	a

1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante	49216	b
2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante	93100	a
Fertilización química	88446	a

¹Letras iguales dentro de la misma columna y parcela no tienen diferencia significativa ($p > 0.05$)

Contenido de proteína (%) en grano de amaranto

En parcelas grandes, densidad de siembra, no se encontró diferencia en el contenido de proteína de grano por panoja de amaranto ($p > 0.05$) (Cuadro 3). En parcelas pequeñas, fertilización, el tratamiento testigo fue el que tuvo la mayor cantidad de proteína cruda (%) y fue estadísticamente igual a los tratamientos de 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante y fertilización química, y estadísticamente superior a los tratamientos 0.5 L y 1.0 L ha⁻¹ de biofertilizante ($p < 0.05$). Los tratamientos 1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante, 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante y fertilización química son estadísticamente iguales entre ellos. Los tratamientos 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante son estadísticamente iguales entre ellos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de proteína cruda (%) en grano de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) por panoja en parcelas grandes (densidad de siembra) y parcelas chicas (fertilización).

Densidad de siembra	Proteína	
3 kg ha⁻¹	13.92	a ¹
1.5 kg ha⁻¹	14.09	a
Fertilización		
Testigo	14.73	a ¹
0.5 L ha⁻¹ de biofertilizante	13.52	c
1.0 L ha⁻¹ de biofertilizante	13.49	c
1.5 L ha⁻¹ de biofertilizante	13.76	b c
2.0 L ha⁻¹ de biofertilizante	14.05	a b c
Fertilización química	14.47	a b

¹Letras iguales dentro de la misma columna y parcela no tienen diferencia significativa ($p > 0.05$)

Al considerar la producción promedio por panoja y el número de plantas por ha, con la densidad de siembra de 3 kg ha⁻¹ se estimó una producción de 3868.9 kg ha⁻¹ y con una densidad de siembra de 1.5 kg ha⁻¹ la producción estimada fue de 3291.0 kg ha⁻¹, valores que son superiores a los reportados por García-Pereyra *et al.* (2009) quienes encontraron la mayor producción de primavera-verano de 2221.0 kg ha⁻¹. Olaniyi *et al.* (2008) obtuvieron rendimientos de 0.9 t ha⁻¹ en dos variedades de *Amaranthus* spp. con aplicaciones de 60 kg N ha⁻¹, mientras que Ramírez *et al.* (2011) reportaron rendimientos de 1.6 t ha⁻¹ con la misma dosis de 60 kg N ha⁻¹, en tanto que dosis superiores no provocaron aumentos en el rendimiento de *A. hypochondriacus*. Con las densidades de siembra de 1.5 y 3 kg ha⁻¹ no se obtuvo diferencia en rendimiento al igual que lo reportado por Arellano y Galicia (2007) que no encontraron diferencia con densidades de semilla de 2, 4 y 6 kg ha⁻¹ con valores de producción menores a los de este trabajo. Ramírez-Vázquez *et al.* (2011) también encontraron rendimientos menores de tres variedades de *A. hypochondriacus* a lo aquí reportado. El contenido de proteína en este trabajo es similar a lo reportado por Bressani *et al.* (1987) quienes encontraron de 12.5 a 16% de proteína.

El mayor peso encontrado en el grano por panoja en los tratamientos del biofertilizante, indica que este realizó la función de fijar nitrógeno atmosférico de manera simbiótica con *Rhizobium* y de manera no simbiótica con *Azospirillum brasilense*, así como por el efecto de las micorrizas para explorar más la rizósfera ayudando a la planta (Lambers *et al.* 1998).

CONCLUSIONES

La densidad de siembra no influyó en cuanto al rendimiento de grano por panoja ni en el número de plantas por ha, por lo que el rango de las densidades de siembra de 1.5 y 3.0 kg ha⁻¹ deberá ser ampliado y ser evaluado.

El biofertilizante tuvo efecto positivo en cuanto al rendimiento de grano por panoja.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, V. J. L. y Galicia F. J. A. 2007. Rendimiento y características de planta y panoja de amaranto en respuesta a nitrógeno y cantidad de semilla. *Agric. Téc. Méx.* 33(3):251-258.
- Bashan, Y. 2008. El uso de inoculantes microbianos como una importante contribución al futuro de la agricultura mexicana. In: Díaz-Franco, A. y Meyek-Pérez, N. (Eds.). *La biofertilización como tecnología sostenible*. Plaza y Valdéz. México. 17-24 pp
- Bashan Y., and Holguin G. 1998. Proposal for the division of plant growth- promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1225-1228.
- Bressani, R., J.M. Gonzáles, J. Zúñiga, M. Breuner, and L.G. Elías. 1987. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. *J. Sci. Food Agric.* 38:347-356.
- El-Sirafy, Z. M., Woodard, H. J., and El-Norjar, E. M. 2006. Contribution of biofertilizers and fertilizer nitrogen to nutrient uptake and yield of Egyptian winter wheat. *J. Plant Nutr.* 29:587-599.
- Espitia-Rangel, I. E., Mapes-Sánchez, C., Escobedo López, D., De la O-Olán, M., Rivas-Valencia, P., Martínez-Trejo, G., Cortés-Espinoza, L., Hernández-Casillas, J M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. SINAREFI-INIFAP-UNAM. Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 201 pp.
- García-Pereyra, J., Valdes-Lozano C.G.S., Olivares-Saenz, E., Alvarado-Gomez, O., Alejandro-Iturbide, G., Salazar-Sosa, E., Medrano-Roldan, H. 2009. Rendimiento de grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 78:53-60.
- Lambers, H., F. S. Chapin III, and T. L. Pons. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer. 540 p.
- López-Guerrero, M. G., Martínez Romero, E. 2011. Bacterias fijadoras de nitrógeno. *Diversidad y uso como biofertilizantes*. *Ciencia y Desarrollo*. 237: 30-33.
- Morales-Guerrero, J. C., Vázquez Mata, N., y Bressani Castignoli, R. 2009. El Amaranto, características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional. México: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran.
- Olaniyi, J., Adelasoye, K. and Jegede, C. 2008. Influence of nitrogen fertilizer on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. *World J. of Agric. Sciences* 4: 506-513.
- Omami, E. N., Hammes, P. S., and Robbertse, P. J. 2010. Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. *New Zeland Journals of Crop and Horticultural Science* 34:11-22.
- Ramírez-Vazquez, M. L., E. Espitia-Rangel, A. Carballo-Carballo, R. Zepeda- Bautista, H. Vaquera-Huerta, L. Córdova-Téllez. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 855-866.
- Stallknecht G. F. and Schulz-Schaeffer, J. R. 1993. Amaranth rediscovered. En: Janick, J. & J. E. Simon (Eds.). *New Crops*. John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A

EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ Y TRITICALE FORRAJERO

Dolores Briones-Reyes

INIFAP CE Pabellón, km. 32.5 carr. Ags.-Zac., Pabellón de Arteaga, Ags. CP 20670.

E-mail: briones.dolores@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México, en 2016 se sembraron alrededor de 607 mil ha de maíz para forraje, de las cuales 160 mil ha fueron en PV bajo riego, con rendimiento promedio de 47.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2017); en Aguascalientes, la superficie sembrada fue de 15, 195 ha bajo riego, de las cuales se obtienen 940,239 toneladas de forraje, con rendimiento promedio de 62 t ha⁻¹ (SIAP, 2017), que es destinado principalmente a la alimentación de ganado bovino productor de leche.

La mayoría de la producción se obtiene bajo el sistema de labranza convencional, lo que, aunado al monocultivo, con el tiempo se traduce en disminución de carbono y nitrógeno del suelo, y puede conducir a la reducción del rendimiento del cultivo (Ordaz *et al.*, 2000, Chilcott *et al.*, 2007).

El manejo inapropiado de los suelos agrícolas produce modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de conservación de sus propiedades, llevando a una degradación integral del recurso suelo (Martínez, 1997), entre las prácticas que más afectan están la insuficiencia de uso de fertilizantes, periodo corto de barbecho, inadecuada rotación de cultivos, uso de agua de baja calidad y uso inapropiado de máquinas pesadas.

La labranza convencional propicia un constante tráfico de maquinaria, lo cual aumenta la compactación del suelo (Karlen *et al.*, 1990), y se requiere más laboreo del suelo a medida que transcurre el tiempo, lo cual ha llevado al incremento la superficie agrícola con problemas y niveles severos de erosión, así como pérdida paulatina de la productividad.

Diferentes modalidades de labranza de conservación a largo plazo, que además incluyan leguminosas en rotación, se han sugerido como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, biológica y química del suelo (Figueroa, 1999).

A través de la colaboración con el programa MasAgro (CIMMYT), en Aguascalientes a partir de 2013 se desarrollan y validan sistemas de manejo sustentable con base en agricultura de conservación para sistemas de maíz forrajero, por lo que, el objetivo del presente fue determinar la respuesta en rendimiento de forraje de maíz y triticale, bajo distintos tratamientos de labranza y manejo de residuos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela, está ubicada en el Campo Experimental Pabellón del INIFAP, localizado a los 22° 09' 45.2" LN y 102° 17' 28.8" LO y a una altitud de 1,918 msnm; en el municipio de Pabellón de Arteaga, región semiárida del Norte-Centro de México, con clima seco templado.

El cultivo de PV se sembró el día 10 de junio de 2016, el híbrido de maíz fue el H-383, a una densidad de 70 000 plantas por hectárea, en cinco tratamientos de labranza y manejo de residuos (Cuadro 1), con dos repeticiones. El manejo del cultivo, se realizó de acuerdo con el paquete tecnológico de INIFAP para maíz forraje, con una fertilización total de (250-100-00), se aplicó riego conforme a las necesidades del cultivo, y el control de plagas se realizó mediante la aplicación de insecticidas específicos para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y colocación de trampas con feromonas para el adulto de esta plaga. El día 16 de febrero de 2017 se estableció el cultivo de invierno (Triticale 70 kg/ha + Ebo 50 kg/ha) la dosis de fertilización fue de 120-50-00.

El rendimiento de forraje, se determinó cuando la línea de leche en el grano tuvo un avance de 1/3 de la parte exterior al olote. En cada tratamiento, se realizó un muestreo en cuatro puntos en forma de zig zag, la unidad experimental fue de 2 surcos de 5 m de longitud para maíz, y de 2m² para triticales, en los que se cosechó y pesó en fresco el total de plantas. Posteriormente, de una submuestra se determinó el porcentaje de materia seca en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante. El rendimiento de materia seca (MS) por hectárea se calculó a partir de la producción de forraje verde y del porcentaje de MS. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (DMS $\alpha=0.05$) con el programa SAS (2002).

Cuadro 1.- Tratamientos de labranza y manejo de residuos 2016-2017.

Trat.	Abreviación	Cultivo/ Rotación	Práctica de labranza	Manejo de rastrojo
1	MT+e, LM, R	Maíz (PV)	Labranza mínima (<i>rastreo y surcado</i>)	Cero de maíz (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale +Ebo (OI)
2	MT+e, LM, P	Maíz (PV)	Labranza mínima (<i>rastreo y surcado</i>)	30% de maíz (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale +Ebo (OI)
3	MT+e, CL, R	Maíz (PV)	Cero labranza (<i>siembra directa</i>)	Cero de maíz (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale +Ebo (OI)
4	MT+e, LC, R	Maíz (PV)	Labranza convencional (<i>subsuelo, volteo, rastreo, surcado</i>)	Sin residuo (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale +Ebo (OI)
5	MT+e, CL, P	Maíz (PV)	Cero labranza (<i>siembra directa</i>)	30% de maíz (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale + Ebo (OI)
Área Flex.	MT+e, LM, R	Maíz (PV)	Labranza mínima (<i>rastreo y surcado</i>)	Cero de maíz (PV)
		Triticale + Ebo (OI)		10 cm de Triticale + Ebo (OI)

M= maíz, T+e= triticales+ebo, D= descanso, LM= labranza mínima, CL= cero labranza, LC= labranza convencional, R= remover todo el rastrojo de maíz y dejar 10 cm de triticales + ebo si se siembra, P= dejar 30% de rastrojo de maíz y 10 cm de triticales + ebo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta de rendimiento de forraje verde, y seco de maíz, en cada de uno de los tratamientos no mostró diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 1, Figura 1). El rendimiento de forraje verde (FV) y de materia seca (MS) de maíz, osciló entre 65 y 77 t ha⁻¹, y 21 y 24 t ha⁻¹ respectivamente; lo cual es superior al rendimiento promedio (62 t/ha) reportado por el SIAP (2016) en la región. Cabe destacar que el potencial productivo del híbrido utilizado juega un papel importante en la obtención de buenos rendimientos. De manera general, el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento 2 (labranza mínima con retención parcial de rastrojo) y el menor en el tratamiento de labranza convencional (Figura 1); esta tendencia ya se había observado en el ciclo 2015, lo que podría inferirse como un primer cambio por efecto del sistema de labranza, no obstante, que no haya diferencias estadísticas significativas.

En todos los tratamientos la producción se mantiene por arriba del promedio regional y eso es de destacar, porque indica que no hay riesgos de pérdidas para el productor si decide aplicar alguno de estos tratamientos, lo cual, aunado a la reducción de costos por efecto de la disminución de algunas operaciones agrícolas, favorecería la rentabilidad del cultivo, al mismo tiempo que se promueve la conservación del suelo.

Cuadro 1.- Rendimiento de forraje, Aguascalientes 2016-2017.

Tra	Maíz					Triticale +Ebo			
	FV (t/ha)	MS (t/ha)	%MS	APL (cm)	AMZ (cm)	FV (t/ha)	MS (t/ha)	%MS	APL (cm)
LM, R	72.6	22.1	30.7	355	156	12.4	3.5	29.9	78
LM, P	77.6	24.6	31.7	354	161	11.4	3.4	30.9	80
CL, R	75.5	22.0	29.0	344	152	8.9	2.5	28.7	78
CL, P	70.3	21.1	30.2	345	154	8.5	2.5	29.6	77
LC, R	70.2	22.8	32.5	350	148	11.9	3.5	29.7	81
CV (%)	8	11	8	3	6	24	22	12	6
MEDIA	73.2	22.5	30.8	349	154	10.62	3	29.8	78.7
DMS	8.7	3.7	3.83	16.7	13.5	3.86	1	5.4	6.9

FV=forraje verde, MS= materia seca, APL= Altura de planta, LM= labranza mínima, CL= cero labranza, LC= labranza convencional, R= remover todo el rastrojo, P= dejar 30% de rastrojo de maíz, CV= coeficiente de variación, DMS= Diferencia mínima significativa (P > 0,05).

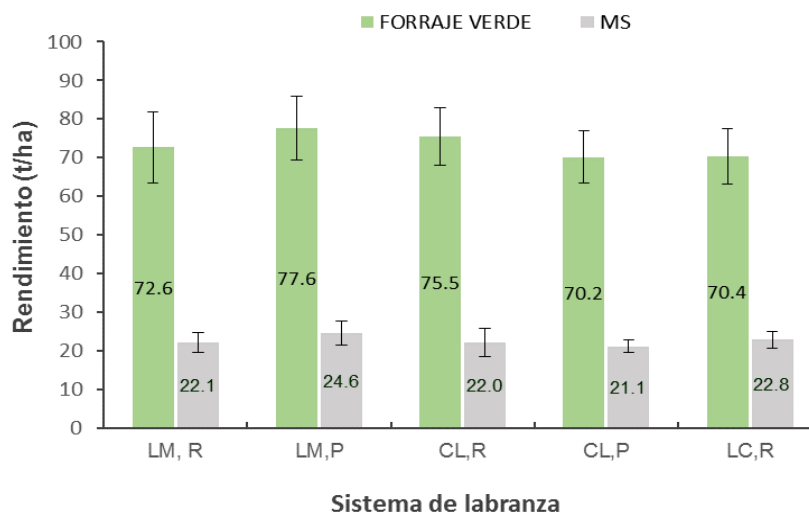


Figura 1. Rendimiento de forraje de maíz, PV-2016.

Respecto al cultivo de rotación (ciclo OI), el rendimiento varió de 8.5 a 12.9 t/ha de forraje verde y de 2.5 a 3.6 t ha⁻¹ de materia seca de la mezcla de Triticale+Ebo, los rendimientos obtenidos fueron bajos en comparación con la media regional de 32 t ha⁻¹ (SIAP, 2017), lo cual se debió principalmente a la fecha de siembra tardía.

En cuanto a la respuesta del cultivo a los sistemas de labranza, el menor rendimiento se obtuvo en labranza cero, que fue estadísticamente inferior a lo obtenido en labranza mínima y convencional (Cuadro 1, Figura 2), esto pudiera estar relacionado con la compactación superficial del suelo, resultado de no mover el suelo en el caso de labranza cero, lo cual Barreto (1989) lo señala como uno de los aspectos limitativos al inicio del establecimiento de la labranza de conservación. Así mismo, la descomposición de los residuos puede llevar a un déficit de nitrógeno en el comienzo del periodo de crecimiento (FAO, 2015), estos factores pudieron contribuir a los resultados observados, para este cultivo en particular.

Uno de los efectos más pronunciados de la labranza de conservación, es la acumulación de materia orgánica sobre la superficie del suelo, lo que produce una mayor concentración en los primeros cm del suelo de carbono orgánico, nitrógeno total (FAO, 2015), como resultado de la incorporación de residuos/ rastrojos de cosecha, que posteriormente se traduce en un aumento del rendimiento del cultivo; sin embargo, Velázquez *et al.* (2002) indican que la adecuada descomposición dependerá de la cantidad de microorganismos, temperatura, cantidad de residuo inicial, entre otros, por lo que las respuestas observadas varían con el tipo de suelo, con la rotación cultural, con las condiciones ambientales (Logan, Lal y Dick, 1991). Por lo anterior, es probable que se requieran más ciclos de observación para poder evidenciar los beneficios de

la Agricultura de conservación en el cultivo de maíz para forraje bajo riego en la parcela experimental de Aguascalientes.

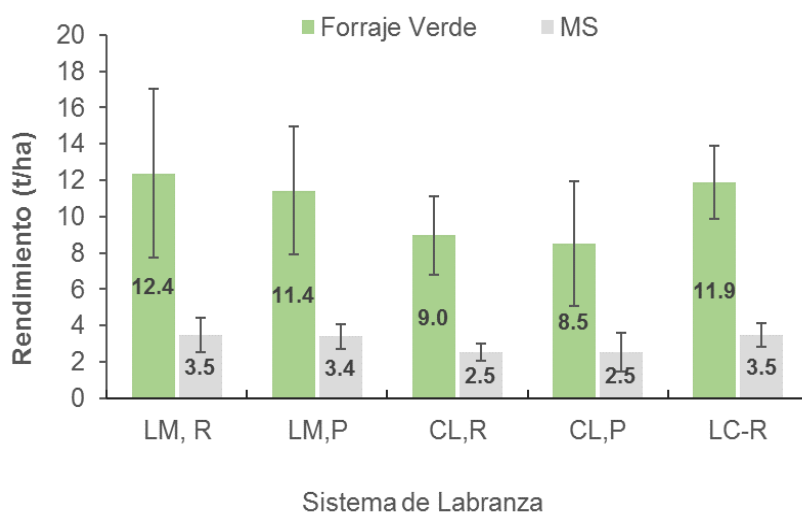


Figura 2. Rendimiento de forraje de Triticale+Ebo 2017.

CONCLUSIONES

A cuatro años de aplicar tratamientos de labranza y manejo de residuos, no hubo diferencias significativas en la respuesta de rendimiento de maíz para forraje.

En rendimiento de forraje de Triticale +Ebo si hubo diferencias estadísticas en rendimiento, siendo en labranza cero donde se obtuvo el menor rendimiento.

La introducción de prácticas de labranza mínima más la permanencia de rastrojos en la superficie del suelo, muestra tendencia a ser una opción viable para la producción de maíz forraje.

BIBLIOGRAFÍA

- Chilcott, C. R., R. C. Dalal, W. J. Parton, J. O. Carter, and A. J. King. 2007. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern queensland. IX. Simulation of soil carbon and nitrogen pools using century model. *Aust. J. Soil Res.* 45: 206-217.
- FAO, 2015. Agricultura de conservación. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ca/es/1a.html>, consultado agosto 2017.
- Karlen, D.L., T.C. Erbach, T.S. Kaspar, E.C. Colvin, C. Berry, y D.R. Timmons. 1990. Soil tillth: A review of past perceptions and future needs. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 153-161.
- Ordaz C, V. M., Figueroa S. B., Navarro B. A., González C. F. V. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Terra Latinoamericana*, 18(1) 61-69.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola 2016. Consultado agosto de 2017. Disponible en: www.siap.gob.mx.
- Velázquez G. J de J., Salinas G. JR., Potter K.N. Gallardo V.M., Caballero H.F y Días M.P. 2002. Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra* 20(2):171-182.
- Valdez, Z. J.I., Badii M.H., Guillen A. y Acuña Z. M.S. 2015. Causas e impactos socio-económico y ambientales de la erosión. *International Journal of Good Conscience.* 10(1)76-87.
- Martinez, R.C.E. (1997). Comportamiento de un suelo Xerosol Haplico ante la acción de los implementos de labranza. Tesis Doctoral Facultad de Agronomía, Universidad de Nuevo León, Méx. 126 p.
- Figueroa, S. B. 1999. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 273 p.
- Barreto H., J. 1989. Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización, y enclamiento en suelos bajo labranza cero. pp. 43-70. In: *Labranza de conservación en maíz. Documento de trabajo CIMMYT- PROCIANDINO.* México.
- Logan, T.J. LAL, R. and Dick, W.A. 1991. Tillage system and soil properties in nortAmerica. *Soil tillage Res.* 20:241-270
- SAS (System Analysis Statistical). 2002. Versión 9.0 SAS Institute Inc., Cary. NC. USA.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y SEMILLA DE 40 GRAMÍNEAS DURANTE TRES AÑOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ALTIPLANO ZACATECANO

Rubio A.F.A.^{1*}, Villanueva A.J.F.², Sánchez G.R.A.³ y Olvera L.I.⁴

^{1 y 3} Investigadores Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas; ² Investigador Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP Nayarit. ⁴ P.S.P. en el Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas
[*rubio.francisco@inifap.gob.mx](mailto:rubio.francisco@inifap.gob.mx).

INTRODUCCIÓN

En el Estado de Zacatecas, con una superficie de 7.5 millones de hectáreas, la eliminación de la cubierta vegetal para fines agrícolas supera los 1.5 millones de ha en los últimos 100 años, trayendo como consecuencia la pérdida de la diversidad vegetal y acentuando el avance de la desertificación. Echavarría *et al.* (2009), encontraron que la degradación de los suelos agrícolas en el Estado, afectan 960,463 ha en su nivel medio (82% de la superficie total) y 125,963 ha en su nivel alto (10.8% del total), gran parte de dicha superficie, se encuentra en la franja agrícola llamada “zona frijolera” antes conocida como “zona del Palmar”, ubicada al noroeste del Estado, antiguo bioma representativo de los mejores pastizales de la Entidad. La recuperación de estos ecosistemas a mediano y largo plazo es factible y podría ser alcanzado gradualmente mediante el establecimiento, conservación y manejo adecuado de especies forrajeras nativas con gran capacidad de arraigo y permanencia, bajo esquemas de manejo sustentables.

Quero *et al.* (2012) asientan que la evaluación sistemática de los recursos genéticos de especies forrajeras es importante debido a que se consolidaría un Programa a largo plazo, con resultados sólidos y difíciles de superar por materiales desarrollados en otras partes del mundo, como no existe a la fecha en México; se mejoraría la pertinencia de la investigación ante necesidades prácticas (aplicadas) y futuras (básicas) para la sociedad, entre las cuales se incluye el desarrollar esquemas de aprovechamiento de las especies forrajeras nativas accesibles a bajo costo a través de programas de selección y mejoramiento genético. Para lo cual proponen las siguientes fases de organización, evaluación y manejo de las colectas de recursos genéticos, siendo la fase 1; la Colecta Base, la fase 2; Colecta Núcleo y fase 3; Colecta Elite. En base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue hacer una caracterización productiva de 40 accesiones de gramíneas forrajeras bajo la fase de evaluación de Colecta Base, del 2014 al 2016, en el Altiplano de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue llevado a cabo en el Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, localizado en Calera de V.R., Zacatecas, Méx., ubicado en los 102° 39' 34" LN y 22° 54' 31.3" LW a 2197 msnm. Temperatura promedio de 14.8 °C; precipitación media de 407.7 mm, evaporación de 2357.5 mm; evapotranspiración potencial de 1609.0 mm. La precipitación durante los años de estudio fue de 413.2, 730.9 y 594.9 mm, para 2014, 2015 y 2016, respectivamente. El suelo es agrícola de textura franca, y en el estrato de 0-10 cm de profundidad, el pH es de 8.18±0.1, rico en materia orgánica (3.83±0.8%), pobre en nitrógeno nítrico (10.0 kg ha⁻¹) y nitrógeno amoniacal (20.0 kg ha⁻¹); medio en fósforo (25.0 kg ha⁻¹), rico en potasio (300.0 kg ha⁻¹), extra rico en calcio (4000.0 kg ha⁻¹) y valores medios de magnesio (25 kg ha⁻¹). Suelo no salino-no sódico). Se evaluaron 40 tratamientos, constituidos por diferentes accesiones de las siguientes gramíneas: [Una de Garrapata *Eragrostis superba* Peyr.; una de Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.; cuatro de Buffalo *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Engelm.; 13 de Banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.; una de Zacatón alcalino *Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.; 15 de Navajita *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. Ex Griffiths; dos de zacate Lanudo *Elionurus barbiculmis* Hack.; una de Cola de ratón *Sporobolus spp.*; una de Lobero *Muhlenbergia phleoides* Kunth., y una de Pajita cerdosa *Setaria parvifolia* (Poiret) Kerguelén]. Los macollos de plantas fueron colectados en ecosistemas con alto grado de deterioro en los municipios de Río Grande, Fresnillo, Francisco R. Murguía, Vetagrande, Sombrerete, Morelos y Calera, en el estado de Zacatecas. Las plantas fueron incrementadas por el método de "Recolección por macollos", el cual consistió en hacer recorridos de campo, en donde se identificaron plantas sanas, vigorosas y en crecimiento activo, las cuales fueron removidas de su sitio original mediante la extracción con un talache, los macollos de plantas fueron colocados dentro de cajas de plástico y se les agregó agua para evitar su deshidratación; posteriormente, fueron divididos en forma manual en pequeños macollos de 2 a 3 cm de diámetro que llevaban en cada "unidad" raíces, tallos y hojas, y estos fueron trasplantados directamente a su sitio definitivo en campo. Cada nueva planta fue apoyada con varios riegos de auxilio, hasta su nuevo enraizamiento. En el presente trabajo, la recolección de macollos fue a inicio y durante la época de lluvias del año 2012. Durante la recolección se registró en un libro de campo la fecha, género, especie, municipio, estado, nombre de recolector, especies asociadas, tipo de suelo, condiciones de sitio y coordenadas (latitud, longitud y altitud msnm), lo cual le da identidad o número de pasaporte. La parcela experimental fue de 16.0 m² por triplicado, en la cual se plantaron 28 macollos, a una distancia entre surcos de 0.76 m y entre plantas a 0.75 m. La parcela útil, fueron las 10 plantas centrales (5.7 m²). Durante los años 2014 al 2016, el

crecimiento de los pastos fue solamente con la humedad de las lluvias ocurridas cada ciclo. Las variables bajo estudio de acuerdo a Quero *et al.* (2012) fueron: producción de materia seca aérea (kg MS ha⁻¹) y rendimiento de semilla (kg ha⁻¹). La información fue analizada mediante un Diseño en Bloques al azar, y la comparación de medias fue con la prueba Tukey al 0.01, con Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca del forraje. El 2014, plantas de dos años de edad, mostraron diferencias ($P \leq 0.01$), entre accesiones, siendo los más productores los tratamientos: T₁₉ Banderilla, T₅ Z. alcalino y T₂₁ Banderilla, con 3461.9, 3295.7 y 2908.3 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Los rendimientos de pasto Banderilla, superan a los obtenidos por Rubio *et al.*, (1987), los cuales reportan con los ecotipos INIA-207, INIA-34 e INIA-11 una producción de 2.61, 2.33 y 2.22 Ton MS ha⁻¹, respectivamente. El 2015, plantas de tres años, mostraron diferencias ($P \leq 0.01$), entre accesiones, siendo las más productoras: T₅ Z. alcalino, T₂₈ Banderilla, T₃₀ Banderilla, T₁₉ Banderilla y T₁₄ Banderilla, con 5766.6, 4112.3, 3507.0, 3236.8 y 3208.7 kg MS ha⁻¹, respectivamente. En este año debido a la mayor precipitación (730.9 mm anuales vs. 413.2 mm del 2014) los pastos rindieron más forraje. El 2016, plantas de cuatro años, mostraron diferencias ($P \leq 0.01$), entre tratamientos, siendo los más productores los T₅ Z. alcalino, T₂₈ Banderilla, T₃₉ Banderilla, T₃₀ Banderilla y T₁ Garrapata, con 3005.7, 1823.2, 1782.0, 1721.9 y 1715.3 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Los tratamientos T₁₇ y T₂₇ ambos de Zacate lanudo, redujeron marcadamente su rendimiento, mostrando que es una especie de vida corta, o que no se adaptaron a las condiciones de clima y suelo del sitio de evaluación. Lo mismo sucedió con el T₃₅ de Cola de ratón *Sporobolus sp.*, el cual para su tercer año de estudio no logró sobrevivir. El promedio de los tres años, muestra que los pastos con mayor rendimiento fueron: T₅ Z. alcalino, T₂₈ Banderilla, T₁₉ Banderilla, T₃₀ Banderilla y T₁₄ Banderilla, con 4022.7, 2803.0, 2768.0, 2702.1 y 2602.0 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca aérea de gramíneas nativas e introducidas incrementadas por macollos, durante 2014-2016. CEZAC-INIFAP. Calera, de V.R., Zac.

Trat.	Nombre	(kg MS ha ⁻¹)			Promedio
		Total 2014	Total 2015	Total 2016	
5	Z. alcalino	3295.7 ab	5766.6 a	3005.7 a	4022.7
28	Banderilla	2473.6 ab..f	4112.3 ab	1823.2 ab	2803.0
19	Banderilla	3461.9 a	3236.8 bcd	1605.2 bc...f	2768.0

30	Banderilla	2877.5 abc	3507.0 bc	1721.9 bc	2702.1
14	Banderilla	2892.8 abc	3208.7 bcd	1704.4 bcd	2602.0
23	Banderilla	2665.2 ab..e	3192.9 bcde	1664.9 bcde	2507.7
21	Banderilla	2908.3 abcd	3084.2 bc...f	1250.9 bc...f	2414.5
39	Banderilla	2530.8 ab..e	2292.9 bc...g	1782.0 ab	2201.9
33	Banderilla	2441.0 ab..f	2263.1 bc...j	1344.3 bc...f	2016.1
15	Navajita	2049.2 ab..h	2436.8 bc...g	1400.8 bc...f	1962.3
1	Garrapata	2281.0 ab..g	1731.6 cd...j	1715.3 bc	1909.3
25	Banderilla	1994.1 ab..i	2457.9 bc...g	1249.1 bc...f	1900.4
6	Banderilla	1894 bc..j	2177.2 bc...j	1558.7 bc...f	1876.6
4	Banderilla	1996.6 abc..i	2168.4 bc...j	1450.9 bc...f	1872.0
32	Navajita	2002.4 ab..i	2049.1 cd...j	1360.5 bc...f	1804.0
17	Z. lanudo	2479.4 ab..f	2250.8 bc...j	507.0 cd...g	1745.7
40	Pajita	2566.7 ab..i	2098.2 cd...j	482.0 defg	1715.6
24	Navajita	2002.7 ab..i	2068.4 cd...j	1064.6	1711.9
8	Banderilla	1900.1 bc..j	1561.4 cd...j	1415.3 bc...f	1625.6
20	Navajita	1657.3 cd..k	1707.0 cd...j	1440.8 bc...f	1601.7
26	Navajita	1874.1 bc..j	1559.6 cd...j	1347.8 bc...f	1593.8
27	Z. lanudo	2731.3 ab..e	1664.9 cd...j	308.7 g	1568.3
22	Navajita	1832.2 bc..k	1801.7 di...j	1052.2	1562.0
18	Navajita	1659.0 cd..k	1782.4 cd...j	1225.4	1555.6
36	Navajita	1551.9 cd..k	1749.1 cd...j	1357.0 bc...f	1552.7
13	Navajita	1849.8 bc..k	1212.3 ef...j	1580.5 bc...f	1547.5
11	Navajita	1471.2 cd..k	1371.9 de...j	1661.4 bcde	1501.5
31	Navajita	1740.8 bc..k	1371.9 de...j	1154.4	1422.4
12	Banderilla	1391.7 cd..k	1431.5 de...j	1426.7 bc...f	1416.6
16	Buffalo	1429.4 cd..k	1852.6 cd...j	882.4 bc...g	1388.1
7	Navajita	1121.4 ef..k	1335.1 de...j	1303.5 bc...f	1253.3
38	Navajita	986.9 fg..k	1282.4 di...j	1299.1 bc...f	1189.5
10	Navajita	1355.1 de..k	838.6 hij	1133.7	1109.1
37	Lobero	1168.4 ef..k	1068.4 hij	507.0 cd...g	914.6
29	Buffalo	625.2 hijk	1157.9 fg...j	424.5 fg	735.9
9	Navajita	896.1 gh..k	464.9 hij	817.9 bc...g	726.3
35	C. de	1228.0 ef..k	394.7 ij	0.0 g	540.9
3	Buffalo	549.5 ijk	457.9 hij	457.9 efg	488.4
2	Kikuyo	421.5 jk	284.2 j	699.3 bc...g	468.3
34	Buffalo	288 k	491.2 hij	*	389.6
Precip.	mm	413.1	730.9	594.9	
C.V.	(%)	38.5	31.3	30.5	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos.

Producción de semilla. El 2014, la producción de semilla presentó diferencias ($P \leq 0.01$), las accesiones con mayor rendimiento fueron: T₁ Garrapata, T₂₈ Banderilla, T₁₈ Navajita, T₃₅ Cola de ratón y T₂₀ Navajita, con 293.80, 234.85, 204.80, 201.46 y 191.81 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). Durante el 2015, la producción de semilla no fue uniforme entre tratamientos debido a la falta de humedad en el suelo, principalmente para algunas especies de pastos. Los ecotipos que produjeron mayor cantidad de semilla fueron los tratamientos de Banderilla: T₂₈, T₂₃, T₂₅, T₁₂ y T₁₇ de Zacate lanudo, con rendimientos de 208.8, 152.0, 120.5, 118.7 y 116.4 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). Todos los ecotipos de pasto Navajita, no alcanzaron a llenar grano, debido a la falta de humedad en el suelo en el momento más crítico que fue en la época de floración o antesis. Esta observación es de suma importancia cuando se decide cosechar semilla en lotes de temporal, potreros o a orillas de carretera, para no caer en el error de cosechar "semilla vana". Durante el 2016, los ecotipos que produjeron mayor cantidad de semilla fueron los tratamientos: T₁₁ Navajita, T₁₃ Navajita, T₁₂ Banderilla, T₆ Banderilla y T₃₆ Navajita, con rendimientos de 219.7, 194.3, 177.6, 172.4 y 161.2 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). Durante la etapa de floración de los pastos, se presentaron dos plagas de importancia económica las cuales fueron: Diabrotica (*Diabrotica* spp.) y Chapulín (*Melanoplus* spp.), las cuales afectaron principalmente a los ecotipos de pasto Navajita azul, ocasionado daños severos (de tres repeticiones, dos parcelas con espigas completamente consumidas o tallos florales quebrados, donde no se cosechó nada semilla) en los ecotipos: T₉ y T₂₄; daños medios (de tres repeticiones, una parcela dañada sin cosechar semilla) en los ecotipos T₁₀, T₁₅, T₂₂, T₃₂, y T₃₆. Sin daños o daños ligeros (de tres repeticiones, las tres donde sí se logró cosechar semilla) en los ecotipos: T₇, T₁₁, T₁₃, T₁₈, T₂₀, T₂₆, T₃₁ y T₃₈. De los 13 ecotipos de pasto Banderilla, solo el T₃₃, mostró daño medio, el resto mostró daños ligeros o sin daño. Respecto al asunto de la presencia de plagas, estudios a futuro deberán de ser más precisos identificando materiales resistentes o tolerantes a distintas plagas y enfermedades, como lo hace CIAT (2007) en sus variedades de pasto *Brachiaria*, resistentes a mosca pinta. El promedio de producción de semilla en los tres años de estudio, muestra que los pastos con mayor rendimiento de semilla, fueron T₁ Garrapata, T₁₂ Banderilla, T₂₃ Banderilla, T₆ Banderilla y T₁₁ Navajita, con rendimientos de 144.9, 142.1, 122.7, 121.9 y 113.6 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de semilla de gramíneas nativas e introducidas incrementadas por macollos. CEZAC-INIFAP. Calera, de V.R., Zac. 2014 - 2016.

Trat.	N. común	Semilla			Promedio
		2014	kg ha ⁻¹ 2015	2016	
1	Garrapata	293.80 a	0.0* d	140.8 ab...e	144.9
12	Banderilla	130.06 bcd...g	118.7 abc	177.6 abc	142.1
23	Banderilla	109.94 cde...i	152.0 ab	106.1 abc...f	122.7
6	Banderilla	89.12 defghi	104.1 abcd	172.4 abc	121.9
11	Navajita	121.23 bcd...h	0.0 d	219.7 a	113.6
14	Banderilla	131.87 bcd...g	96.5 abcd	101.8 abc...f	110.1
20	Navajita	191.81 ab...e	0.0 d	138.2 ab...e	110
18	Navajita	204.80 abc	0.0 d	115.4 abc...f	106.7
33	Banderilla	108.30 cde...i	91.8 bcd	114.5 abc...f	104.9
26	Navajita	174.33 bcde	0.0 d	133.3 abc...f	102.5
30	Banderilla	106.43 cde...i	97.7 abcd	103.5 abc...f	102.5
36	Navajita	135.09 bcd...g	0.0 d	161.2 abc	98.8
40	P. cerdosa	131.93 bcd...g	100.0 abcd	61.8 bc..f	97.9
38	Navajita	145.15 bcd...g	0.0 d	146.5 abcd	97.2
13	Navajita	85.38 efg...i	0.0 d	194.3 ab	93.2
19	Banderilla	138.25 cde...g	34.5 cd	103.1 abc...f	92
21	Banderilla	132.81 bcd...g	78.9 bcd	59.2 cdef	90.3
15	Navajita	150.94 bcd...g	0.0 d	119.7 abc...f	90.2
25	Banderilla	88.71 def...i	120.5 abc	56.1 cdef	88.4
7	Navajita	99.30 cde...i	0.0 d	152.2 abcd	83.8
24	Navajita	168.95 bcd...g	0.0 d	81.6 bc...f	83.5
31	Navajita	140.82 bcd...g	0.0 d	101.8 abc...f	80.9
10	Navajita	78.83 eghi	0.0 d	152.6 abcd	77.1
37	Lobero	0.00* i	104.3 abcd	118.9 bc...f	74.4
17	Z. lanudo	83.04 efg...i	116.4 abc	19.7 def	73
35	C. de ratón	201.46 abcd	13.5 cd	0.0 f	71.7
22	Navajita	111.23 cde...i	0.0 d	102.0 abc...f	71.1
32	Navajita	98.25 cde...i	0.0 d	114.5 abc...f	70.9
8	Banderilla	87.08 efg...i	11.7 cd	94.7 abc...f	64.5
9	Navajita	66.08 fghi	0.0 d	125.0 bc...f	63.7
39	Banderilla	70.99 fghi	45.0 bcd	69.3 bc...f	61.8
27	Z. lanudo	69.42 fghi	43.3 bcd	20.6 def	44.4
4	Banderilla	58.65 ghi	13.5 cd	58.8 cdef	43.7
5	Z. alcalino	8.63 hi	57.3 bcd	8.3 ef	24.7
2	Kikuyo	0.00 i	0.0 d	0.0 f	0
3	Buffalo	0.00 i	0.0 d	0.0 f	0

16	Buffalo	0.00 i	0.0 d	0.0 f	0
29	Buffalo	0.00 i	0.0 d	0.0 f	0
34	Buffalo	0.00 i	0.0 d	0.0 f	0
Precip.	mm	413.1	730.9	594.9	
	C.V. %	50.2	86.0	40.5	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos. * Semilla cayó al suelo.

CONCLUSIONES

Las accesiones con mayor rendimiento total de materia seca en promedio de los tres años de estudio, fueron: T₅ Z. alcalino, T₂₈ Banderilla, T₁₉ Banderilla, T₃₀ Banderilla y T₁₄ Banderilla, con 4022.7, 2803.0, 2768.0, 2702.1 y 2602.0 kg MS ha⁻¹, respectivamente y las accesiones con mayor rendimiento de semilla en promedio de los tres años fueron T₁ Garrapata, T₁₂ Banderilla, T₂₃ Banderilla, T₆ Banderilla y T₁₁ Navajita, con rendimientos de 144.9, 142.1, 122.7, 121.9 y 113.6 kg ha⁻¹, respectivamente. En general, se encontraron accesiones sobresalientes de pastos Alcalino, Garrapata, Banderilla y Navajita para ser consideradas y evaluadas bajo un esquema agronómico y productivo dentro de la siguiente fase de la “Colecta núcleo” y comparadas con uno o varios testigos locales en estudios multilocacionales en el Altiplano de Zacatecas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado con fondos fiscales SAGARPA-INIFAP, mediante el proyecto titulado “Preservación, Caracterización y Evaluación de Recursos Genéticos Forrajeros en Tres Regiones Agroecológicas de México”.

BIBLIOGRAFIA

- CIAT. 2007. Informe anual 2006-2007. Consulta en línea 2/08/2017. http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/5316/61/informe_anual_2006_2007.pdf. 70 p.
- Echavarría, C. F.G., G. Medina G., R. Rumayor F.A., P. A. Serna, G. H. Salinas y J. G. Bustamante. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. Libro Técnico No. 10. CEZAC-CIRNOC-INIFAP. Calera de V.R., Zac. 174 p.
- Quero - Carrillo, A. R.; J. F. Villanueva - Avalos; J. F. Enríquez - Quiroz; C. R. Morales - Nieto; E. D. Bolaños - Aguilar; J. Castillo - Huchim; J. J. Maldonado - Méndez; F. Herrera - Cedano. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.
- Rubio, A. F. A., W. J. Castruita P., J. R. González D. y F. Cárdenas R. 1987. Caracterización inicial de 105 ecotipos de zacate Banderilla en Zacatecas. Resúmenes Tercer Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. SOMMAP, A.C. Durango, Dgo. p. 7.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.

EVALUACIÓN EN CAMPO DEL 4to CONSORCIO DE RENDIMIENTO DE TRIGO HARINERO EN FECHA TARDIA, EN EL VALLE DEL YAQUI EN EL CICLO 2016-2017

Ivón Alejandra Rosas-Jauregui, Guillermo Fuentes-Dávila, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y Pedro Félix-Valencia

Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000. Correo: rosas.ivon@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El Consorcio de Rendimiento de Trigo (WYC) realiza investigaciones sobre genética y fisiología del trigo para mejorar la estructura de las plantas, aumentar la resiliencia y la resistencia a las enfermedades del trigo y su potencial de rendimiento en México y en el exterior (CIMMYT, 2016). La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) es un contribuyente financiero importante para el WYC. Los principales objetivos del WYC son: Elevar el potencial de rendimiento del trigo en un 2% a nivel mundial, con el fin de aumentar el potencial de rendimiento en un 50% en 20 años, y aumentar la producción de trigo en un 10% en 10 años, 22% en 15 años y 1.7 millones de toneladas (50%) en 20 años, en la misma área dedicada actualmente a la producción de trigo en México. En 2015, los principales logros fueron: Se evaluaron más de 100 rasgos agronómicos y fisiológicos de 60 líneas elite de alto potencial de rendimiento del CIMMYT con tecnologías de fenotipado. Se seleccionaron cinco líneas elite después de evaluarlas durante tres años. Algunas líneas fueron seleccionadas por su resistencia al acame. Se utilizaron plataformas de fenotipificación aérea con sensores remotos para identificar cinco líneas de alto rendimiento y tolerantes a la sequía, y siete líneas tolerantes al calor de un grupo de 600 líneas elite probadas en el campo. Nueve estudiantes mexicanos realizaron estudios de doctorado en prestigiosas universidades internacionales, con la ayuda de reconocidos expertos como asesores y utilizando datos de los ensayos de campo de MasAgro. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño del vivero de prueba de rendimiento del 4to rendimiento de trigo en la estación experimental Norman E. Borlaug, en una fecha de siembra tardía durante la temporada de cultivo 2016-2017.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La variedad comercial de trigo harinero Borlaug100 F2014 (Camacho-Casas *et al.*, 2017) y 28 líneas avanzadas del 4to Consorcio de Rendimiento de Trigo harinero del CIMMYT (Cuadro 1), se sembraron el 30 de enero de 2016 en la Estación Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México, ubicado en la manzana 910 del Valle del Yaqui a 27° 22'04.64" de latitud norte y 109° 55'28.26" longitud oeste, 37 msnm, con clima cálido [BW (h)] Y extremo caliente y seco [BS (h)], según la clasificación de Koppen modificada por García (1988). Las parcelas consistieron en una cama de 2 m de largo con dos hileras, de 0.80 m de separación sin repeticiones y una densidad de semilla de 100 kg ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: a) espigamiento (días), b) peso de mil granos (g) y c) rendimiento de grano por parcela (g).

Cuadro 1. Líneas avanzadas del 4to consorcio de rendimiento de trigo harinero (WYCYT).

No.	Pedigrí e historial de selección
1	SERI/BAV92//PUB94.15.1.12/WBLL1 PTSS09GHB00019S-0SHB-099Y-099B-9Y-0Y-020Y-0MXI
2	BCN/WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1 PTSS09GHB00024S-0SHB-099Y-099B-10Y-0Y-020Y-0MXI
3	BCN/WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1 PTSS09GHB00024S-0SHB-099Y-099B-18Y-0Y-020Y-0MXI
4	SUP152//PUB94.15.1.12/WBLL1 PTSS09GHB00014S-0SHB-099Y-8Y-020Y-0MXI
5	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-21Y-099Y-0MXI
6	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-22Y-099Y-0MXI
7	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-38Y-099Y-0MXI
8	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-51Y-099Y-0MXI
9	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-55Y-099Y-0MXI
10	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-69Y-099Y-0MXI
11	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-15Y-099Y-0MXI
12	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-22Y-099Y-0MXI
13	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-38Y-099Y-0MXI
14	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/GARZA/BOY//AE.SQUARROSA (1037) PTSS11SHB00027S-099B-099Y-099B-2Y-099Y-0MXI
15	NAVJ07/4/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00035S-099B-099Y-099B-23Y-099Y-0MXI
16	SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-53Y-099Y-0MXI
17	NAVJ07/4/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00035S-099B-099Y-099B-50Y-099Y-0MXI

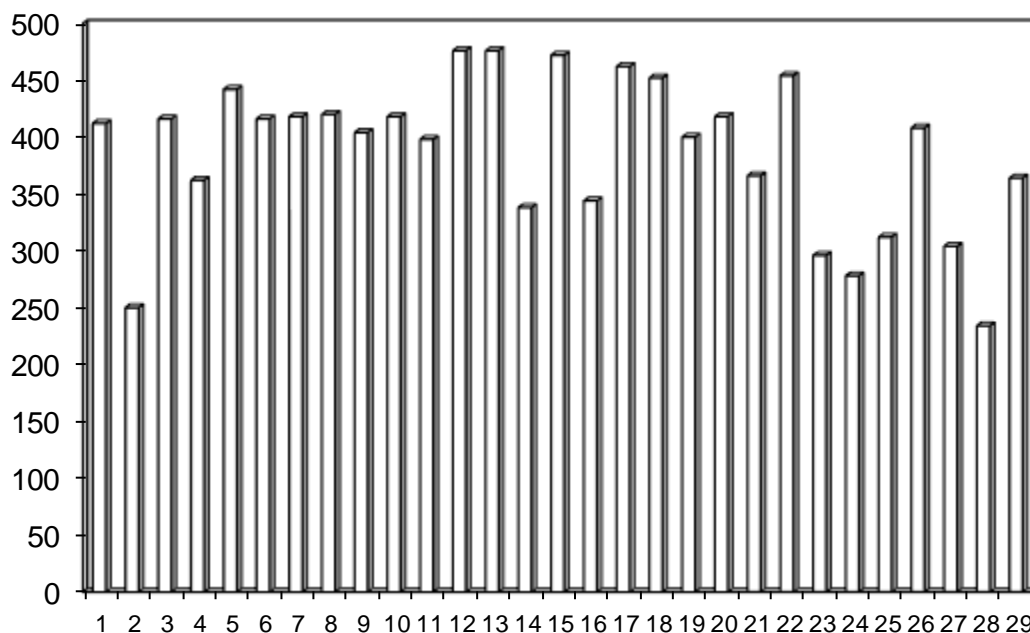
18	NAVJ07/3/GARZA/BOY//AE.SQUARROSA (1037) PTSS11SHB00036S-099B-099Y-099B-5Y-099Y-0MXI
19	WBLL1*2/KUKUNA/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA PTSS11Y00035S-0SHB-099SHB-099Y-1B-099Y-099B-020Y-0B
20	WBLL1*2/KUKUNA/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA PTSS11Y00035S-0SHB-099SHB-099Y-12B-099Y-099B-020Y-0B
21	QUAIU/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA PTSS11Y00028S-0SHB-099B-099Y-20B-099Y-099B-020Y-0B
22	BCN/WBLL1//ROLF07/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA PTSS11Y00029S-0SHB-099B-099Y-8B-099Y-099B-020Y-0B
23	SERI/BAV92//PUB94.15.1.12/WBLL1 PTSS09GHB00019S-0SHB-099Y-099B-19Y-0Y
24	SOKOLL/WBLL1 PTSS02Y00021S-099B-099Y-099B-099Y-213B-0Y
25	WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1 PTSS02B00110T-0TOPY-0B-0Y-0B-24Y-0M-0SY-0Y-0Y
26	SOKOLL CMSS97M00316S-0P20M-0P20Y-51M-010Y-0Y
27	BAJ #1 CGSS01Y00134S-099Y-099M-099M-13Y-0B
28	BORLAUG100 F2014 CMSS06Y00605T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B-0MEX
29	FRANCOLIN #1 CGSS01B00056T-099Y-099M-099M-099Y-099M-14Y-0B

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de días a espigamiento fue de 67 días, con un intervalo de 65 a 74 días; las líneas más precoces con 65 días fueron las que mostraron un mejor rendimiento, más no el mayor peso de mil granos. El espigamiento de Borlaug100 F2014 se redujo un 17% sobre la base de lo que Camacho-Casas *et al.* (2017) reportaron. La línea SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN (PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-21Y-099Y-0MXI) fue la más tardía con 74 días. El promedio del peso de mil granos fue 45 g con un intervalo de 31.4 a 52.7 g. La línea SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/ MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN (PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-55Y-099Y-0MXI) mostró el peso más alto con 52.7 g, seguida de SERI/BAV92//PUB94.15.1.2/WBLL1 (PTSS09GHB00019S-0SHB-099Y-099B-9Y-0Y-020Y-0MXI), SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN (PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-38Y-099Y-0MXI) y SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/ MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN (PTSS11SHB00014S-099B-099Y-099B-53Y-099Y-0MXI) con 52.2 g. El rendimiento medio de grano por parcela fue de 388.2 g, con un intervalo de 234 a 476 g (Figura 1). El mayor rendimiento de grano lo presentaron las líneas hermanas CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGBU//WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-15Y-099Y-0MXI y PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-22Y-099Y-0MXI con 476 g por parcela, seguidas de la línea

SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN (PTSS11S HB00014S-099B-099Y-099B-53Y-099Y-0MXI) con 462 g. Borlaug100 F2014 con un rendimiento de grano calculado de 7.5 kg ha⁻¹, estuvo 23.5% por debajo del rendimiento de grano de las líneas hermanas CROC_1/AE.SQUARROSA(205) //BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/ FRET2/5/68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501).

Rendimiento por parcela (g)



Líneas avanzadas de trigo harinero

Figura 1. Rendimiento de grano por parcela (g) de 29 líneas avanzadas del 4to Consorcio de Rendimiento de Trigo harinero en el ciclo 2016-2017, en el Valle del Yaqui, Sonora.

CONCLUSIÓN

Líneas prometedoras con un buen rendimiento de grano en fecha tardía fueron CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGBU //WARD/3/AE.SQUARROSA (501) PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-15Y-099Y-0MXI y PTSS11SHB00026S-099B-099Y-099B-22Y-099Y-0MXI que mostraron un potencial de 5.95 t/ha

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho-Casas, M.A., Chávez-Villalba, G., Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Huerta-Espino, J., Villaseñor-Mir, H.E., Félix-Fuentes, J.L. y Ortiz-Monasterio, J.I, 2017. BORLAUG 100, variedad de trigo harinero para el noroeste de México. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Folleto Técnico No. 100. Cd. Obregón, Sonora, México. 32 p. ISBN 978-607-37-0718-3.
- CIMMYT. 2016. Wheat Yield Consortium <http://www.cimmyt.org/project-profile/wheat-yield-consortium/>. Consultado el 5 de Julio de 2016.
- 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 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).2016. <http://www.sagarpa.gob.mx/English/Pages/Introduction.aspx>. Consultado el 29 de junio de 2017.

EFFECTOS EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) CONVENCIONAL Y TRANSGENICO BAJO DISTINTAS DOSIS DE ESTIERCOL SOLARIZADO

**Karla Lucero Estrada Arellano^{1*}, Cirilo Vázquez Vázquez², Héctor Idilio Trejo Escareño²,
Miguel Ángel Gallegos Robles²**

¹Alumna de la Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. *Autor: lucerito_k22@hotmail.com

²Profesores investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango, División de estudios de posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo.

INTRODUCCION

Las actividades económicas, especialmente la agricultura, están haciendo un uso cada vez más intensivo del suelo, empleando insumos como plaguicidas y fertilizantes (Arroyave; 2009). El uso indiscriminado de los fertilizantes minerales ha tenido como consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, reducción en el contenido de materia orgánica, además de la obtención de productos agrícolas con cantidades excesivas de nitratos debido a las concentraciones altas de nitrógeno aplicadas en muchos casos (López *et al.*, 2002). Una opción son los abonos orgánicos ya que constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; como complemento o remplazo de los fertilizantes de síntesis; este aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Ramos *et al.*, 2014). La comarca Lagunera como principal cuenca lechera del país producen cerca de 1,2 millones de toneladas de estiércol anualmente, lo que nos proporciona recurso para poder aprovechar como abono (López-Martínez, *et al.*, 2014). En las últimas décadas se ha promovido la solarización de estiércol para mejorar su uso como fertilizante. Aportaciones de estiércol en el programa de manejo de nutrimentos agrícolas disminuye los costos a los productores agrícolas y puede remediar algunos problemas de fertilidad del suelo (Chavarría *et al.*, 2014).

El algodón es una fibra textil de primer nivel y uno de los cultivos más competitivos de la agricultura mundial. Según la SAGARPA (2012) este cultivo tiene un crecimiento de casi 3.7 millones de ha en un año. En México en el año 2015 se sembraron 133, 575.74 ha con un total en producción de 593, 439. 49 t, con un rendimiento promedio por ha de 4.45 toneladas (SIAP; 2015).

Según Viktorov (2016) el mercado mundial de la primera generación de cultivos transgénicos se ha expandido desde 2012, principalmente debido a los países en desarrollo. La actitud cauta en la mayoría de los países económicamente desarrollados hacia los cultivos transgénicos de primera generación se debe a varias circunstancias objetivas. (Narayanan *et al.*, 2011) Menciona que las variedades transgénicas pueden representar una ventaja sobre problemas de lepidópteros. Por otra parte, la semilla de las variedades transgénicas puede ser 2-3 veces más cara que la convencional, por lo que se recomienda el uso de variedades convencionales cuando los problemas de maleza y de larvas de lepidópteros sean de fácil manejo y de menor costo.

El objetivo de esta investigación fue la comparación entre variables de planta y fibra con uso de dos variedades (una convencional y otra transgénica) de algodón con la aplicación de distintas dosis de estiércol solarizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se estableció en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicada en el kilómetro 28.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Localizada en los paralelos 25°46'56" latitud norte y 103°21'02" longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,110 msnm.

La preparación del suelo consistió en un barbecho a 30 cm de profundidad, dos pasos de rastra y un empareje. La siembra se realizó el 9 de abril del 2016 a una distancia de 45 cm entre surcos y 15 cm entre plantas con un total de densidad de siembra de 145,000 plantas ha⁻¹ aproximadamente, usando una sembradora convencional.

El riego se efectuó con sistema de goteo. Las labores culturales realizadas fueron un aclareo de plantas para obtener la densidad planeada, además de un aporque. El control de maleza fue manual, en el tiempo que fue requerido. Se cosechó el 3 de octubre, a los 177 días después de la siembra, la cosecha se realizó de forma manual.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar en parcelas divididas donde la parcela mayor fue los tratamientos de dosis de estiércol solarizado, mientras que la parcela menor fue las variedades de algodón, con 10 tratamientos incluyendo el testigo y 4 repeticiones. Los tratamientos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados.

Variedad	Dosis de fertilización	
	(estiércol bovino)	Tratamientos
A1.- Bayer 1740	T1.-Química (120-60-00)	A1T1
		A1T2
		A1T3
		A1T4
		A1T5
A2.-FM 989	T2.-20 t ha ⁻¹	A2T1
		A2T2
		A2T3
		A2T4
		A2T5
	T3.-40 t ha ⁻¹	A2T1
		A2T2
		A2T3
		A2T4
		A2T5
	T4.-60 t ha ⁻¹	A2T1
		A2T2
		A2T3
		A2T4
		A2T5
	T5.-80 t ha ⁻¹	A2T1
		A2T2
		A2T3
		A2T4
		A2T5

Se realizaron análisis de varianza, comparación de medias (DMS=0.05) y correlaciones en el programa SAS 9.2.

Las variables evaluadas en planta fueron: rendimiento por hectárea, peso de capullo, altura de planta, número de bellotas y en fibra: longitud, resistencia y finura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico se observa diferencias estadísticamente significativas para las variables evaluadas en planta (Cuadro 2), en rendimiento por ha⁻¹ los tratamientos que obtuvieron resultados superiores fueron en tratamiento 1 (químico), 4 y 5 (estiércol) con los resultados de 5.51, 5.21 y 5.4 t ha⁻¹ respectivamente. Los rendimientos por hectárea de algodón en hueso obtenidos son menores a los que reportan López-Martínez *et al.* (2014) utilizando la variedad transgénica DP 0935 BG/RR con dosis de estiércol bovino solarizado de 40 y 80 t ha⁻¹. En la variable peso de capullo los tratamientos que se comportan estadísticamente superiores a los demás son el tratamiento 1 (químico) con un valor de 7.01 g, de dosis de estiércol los tratamientos: 4 (60 t ha⁻¹) y 5 (80 t ha⁻¹) con resultados de 6.7 y 6.87 g, respectivamente. En altura de planta y número de bellotas se obtuvo que los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes a excepción del tratamiento con estiércol 2 (20 t ha⁻¹) con una altura de 1.25 m y un número de bellotas de 11.91. Las diferencias encontradas entre variedades fue en la variable peso de capullo, siendo estadísticamente superior la variedad convencional con un peso de 6.85 g comparada con la transgénica con un peso de 6.21 g.

Cuadro 2-. Variables evaluadas en planta de cada uno de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Peso de Capullo (g)	Altura de planta (m)	N° de bellotas
1 (120-60-00)	5.51 a	7.01 a	1.40 a	16.83 a
2 (20 t ha ⁻¹)	4.31 c	6.05 b	1.25 b	11.91 b
3 (40 t ha ⁻¹)	4.83 b	6.01 b	1.37 a	14.78 a
4 (60 t ha ⁻¹)	5.21 a	6.70 a	1.48 a	15.20 a
5 (80 t ha ⁻¹)	5.40 a	6.87 a	1.55 a	15.37 a
DMS	0.4055	0.5179	0.2134	2.2005

Tratamientos con letra no igual son estadísticamente diferentes a una probabilidad del 95 por ciento (DMS).

En el Cuadro 3 se presenta la información obtenida en fibra en relación a los diferentes tratamientos, en el mismo se presenta que no hay diferencia estadísticamente significativa a excepción de la variable finura, mostrando el tratamiento 2 (20 t ha⁻¹) una medida de 4.0500 micronaire. Estos coinciden con los reportados por López-Martínez *et al.* (2014) donde se muestra que no hay diferencia significativa para las variables de longitud y resistencia. De acuerdo con las medidas usadas por la empresa: Cotton incorporated las clasificaciones para las fibras obtenidas nos indican que en la variable longitud todos los tratamientos estuvieron en un rango normal, para la variable resistencia obtuvimos un rango de promedio a fuerte, siendo el tratamiento 2 (20 t ha⁻¹) el promedio, mientras que los demás pasaron al rango de fibra fuerte. En la variable finura todos los tratamientos estuvieron en un rango normal.

Cuadro 3-. Variables evaluadas en fibra de cada uno de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Longitud (inches)	Resistencia (g/Tex)	Finura (Micronaire)
1 (120-60-00)	1.17 a	29.45 a	4.21 a
2 (20 t ha ⁻¹)	1.13 a	28.46 a	4.05 b

3 (40 t ha ⁻¹)	1.15 a	29.47 a	4.35 a
4 (60 t ha ⁻¹)	1.15 a	29.50 a	4.34 a
5 (80 t ha ⁻¹)	1.16 a	29.55 a	4.51 a
DMS	0.0412	1.5445	0.3006

Tratamientos con letra no igual son estadísticamente diferentes a una probabilidad del 95 por ciento (DMS).

CONCLUSIONES

La fertilización adecuada con estiércol solarizado puede sustituir de igual forma que la fertilización química sin afectar rendimiento y calidad; una fertilización deficiente con estiércol solarizado nos disminuirá la calidad en fibra en el parámetro de finura.

BIBLIOGRAFIA

- Arroyave S., S. Milena., C. Restrepo., F. Javier.2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica., Semestre Económico, vol. 12, núm. 23, enero-junio, pp. 13-34 Universidad de Medellín Medellín, Colombia.
- Chavarria, J.A., J.L. Ibarra C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E. 2017. Nopal Forrajero (*Opuntia ficus-indica* L.) Y Su Respuesta A La Aplicación De Estiércol Bovino Solarizado En Cuatro Densidades De Plantación; UACJ memoria del congreso, 26 p. Web en línea disponible en: http://www.smcmx.org/files/congresos/Division_III_XXXIX.pdf, con acceso en marzo 12, 2017.
- CONACyT-CIBIOGEM, 2014, Cultivos Algodón, web en línea disponible en: <http://www.conacyt.mx/cibiogem/index.php/algodon>, con acceso en noviembre 29 del 2015.
- COTTON INCORPORATED; Classification of upland cotton; web disponible en: <http://www.cottoninc.com/fiber/quality/Classification-Of-Cotton/Classification-Upland-Cotton/>; con acceso en mayo 14 del 2017.
- López, J.D., M. Gallegos R.,J.S. Serrato C., R.D. Valdez C., E. Martínez R. 2002. Producción de algodnero transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. Terra 20: 321-327.
- López-Martínez, J.D., Salazar-Sosa, E.,Trejo-Escareño, H.I., García-Hernández, J.L., Navarro-Morones, M., Vázquez-Vázquez, C. 2014. Producción de algodón con altas densidades de siembra usando fertilización orgánica. PHYTON. ISSN 0031 9457 (2014) 83: 237-242
- Narayanan S.S., Maiti R., Vidyasagar P., 2011., Natural and man-made evolution of sustainability of cotton production and processing over the centuries in the world., Fuente: International Journal of Bio-Resource & Stress Management: 153.,june 2011., pp: 163-170.
- Ramos, D.A., E. Terry A., 2014., Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelo y plantas., cultrop vol.35 no.4 La Habana oct.-dic.
- SIAP, 2015, Cierre de la producción agrícola por cultivo; <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>, consulto el 19 de noviembre del 2016.
- Viktorov A.G., 2016., Current Trends in the Global Market of Transgenic Plants and Environmental Safety Issues., Russian Journal of Plant Physiology, 2016, Vol. 63, No. 1, pp. 38–45.

COMPONENTES TECNOLÓGICOS EN EL MANEJO AGRONÓMICO DEL SORGO ESCOBERO EN LA REGIÓN DE NAZAS, DURANGO

José Simón Carrillo Amaya, José Luis Puente Manríquez y Héctor Javier Martínez Agüero

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna
Periférico Raúl López S. y Carr a Santa Fe., Torreón, Coah.
Mail: carrilloaj@yahoo.com.mx

INTRODUCCION

El sorgo escobero *Sorghum bicolor* L. (Moench) es una especie originaria del Norte de África, introducida de Inglaterra al Continente Americano por Benjamín Franklin en el año 1725, iniciándose a cultivar en Estados Unidos, adaptándose a todas las áreas cultivadas del mundo, (Wall y William, 1975). De la fibra se obtiene celulosa, (Fulling, 1956). Requiere poca agua y una fertilización moderada, con potencial de rendimiento de 9.0 t ha⁻¹, con manejo agronómico apropiado.

A nivel mundial los principales países productores son Estados Unidos, México, en Sudamérica se produce en Argentina, Brasil, Uruguay, Chile y Perú; en Europa principalmente se explota en Italia, Francia, Hungría, Rumania y en algunos países de África y Asia.

En México los principales estados productores son Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Michoacán y en algunas áreas del Bajío.

En la Región Lagunera, se produce sorgo escobero en aproximadamente 3,000 hectáreas, debido a la diversidad de manejo agronómico, los niveles de producción varían entre 2.0 y 7.0 t ha⁻¹; en los últimos tres años el pulgón amarillo ha dañado severamente al cultivo y ha ocasionado pérdidas hasta del 100 %. En la región de Nazas, Durango tradicionalmente se siembran de 400 a 500 hectáreas, el rendimiento varía de 4.0 a 5.0 t ha⁻¹ y potencial de rendimiento de 8.0 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2017)

La finalidad de este trabajo fue inducir la importancia de la utilización de componentes técnico agronómicos en el manejo del sorgo escobero, llevándose a la práctica conjuntamente técnico y productores, la aplicación de componentes, tal como la realización de siembra, fertilización, densidad de población de plantas, combate de plagas con base en presencia de insectos y umbral económico y así también la realización de combate mecánico-químico de maleza.

Se plantearon como objetivos de este trabajo: a) Cuantificar el efecto de la aplicación integral de la tecnología en el rendimiento y calidad de fibra del sorgo escobero en la región de Nazas, Durango y

b) Demostrar a los productores la importancia de la utilización integral de la tecnología de producción en el cultivo del sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo de prim-ver de 2016 se trabajó con un productor cooperante en el Ejido Santa Teresa de la Uña, dándole seguimiento a una siembra en 00-50-00 ha, dentro de la parcela del productor, sembrándose el 28 de marzo, dándole seguimiento para cuantificar finalmente el efecto de aplicación de tecnología sobre el rendimiento y calidad de fibra. Las Figuras 1 a 6 dan detalles del cultivo.

En el proceso de establecimiento del módulo se convocó a productores para puntualizar sobre calibración de sembradora, en lo correspondiente a semilla y fertilizante. Cabe indicar que la fertilización al momento de la siembra fue en base a una dosis de 100 kilogramos de MAP más 200 kilogramos de sulfato de amonio, aplicándose en franja al lado de la hilera de semilla.

Durante el desarrollo del cultivo se consideraron como indicadores principales, la siembra, la cual se realizó el 28 de marzo, posteriormente se registró la fecha de emergencia de planta, lo cual ocurrió a los 8 días después de sembrar.



Figura 1. Establecimiento del cultivo de sorgo escobero. (emergencia de planta)

A los 30 días después de la siembra se realizó una toma de datos para registrar la población de plantas, donde se encontró en forma irregular mayor población de lo planeado, en base a esto se consideró demostrar al productor la importancia de realizar aclareo a 12 centímetros entre plantas, para dejar 111,000 pl ha⁻¹, evitándose con ésto alta competencia entre plantas, con la finalidad de obtener un mayor rendimiento unitario total, así también alta calidad de fibra en cuanto a peso específico, longitud y finura (Fulling, 1956).



Figura 2. Densidad de población de plantas.

La siguiente actividad importante fue la aplicación de la segunda dosis de fertilización nitrogenada, utilizándose sulfato de amonio a razón de 300 kg ha⁻¹, indicándole al productor la importancia de la calibración de la fertilizadora, de la cantidad de nitrógeno a utilizar y de la oportunidad de la realización de dicha actividad, cabe indicar que simultáneamente se realizó una labor de cultivo con la finalidad de remover el suelo, eliminar maleza y lograr el aporque de plantas, quedando listo para la aplicación del primer riego de auxilio el cual se aplicó a los 39 días después de la siembra.



Figura 3. Etapa de encañe de la planta.

A los 50 días aproximadamente después de la siembra se realizó la aplicación del herbicida 2-4D Amina, en dosis de 1.5 l ha^{-1} en 300 litros de agua, con el objetivo de eliminar químicamente la presencia de maleza de hoja ancha entre las que se observó correhuela, hierba amargosa, retama y quelite, principalmente.

Para atender el problema con plagas como fue el caso de pulgón amarillo se realizaron dos aplicaciones, la primera con Imidasoprid en dosis de 500 ml ha^{-1} y la segunda con thiametoxan + lambda cyalotrina en dosis de 200 ml ha^{-1} , lográndose bajar las poblaciones sin embargo la eficiencia no fue lo suficientemente efectiva, observándose daños en el follaje y en la panícula, afectándose el rendimiento aproximadamente en un 30% y la calidad de fibra por el manchado causado por la fumagina generada por la mielecilla de los pulgones.



Figura 4. Presencia de plugón amarillo en el follaje.



Figura 5. Etapa de desarrollo de la panícula y formación de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para estimar rendimiento y evaluar a la vez calidad de fibra se realizaron cuatro muestreos de plantas en diferentes puntos del lote de siembra, donde el tamaño de las muestras fue de 2.0 surcos de 3.0 m de longitud, las muestras obtenidas fueron pesadas en el campo con un promedio de 2.191 kg de fibra en fresco en tanto que el muestreo en el área del productor el promedio de los muestreos fue 1.181 kg ; al secarse las muestras los pesos promedio fueron y posteriormente se sometieron a secado para separar la semilla de la fibra obteniéndose 3.414 t ha⁻¹ de fibra más semilla en seco y al limpiar la fibra resultaron 2.219 t ha⁻¹ de fibra, más 1.195 t ha⁻¹ de semilla. Lográndose con esto la estimación de rendimiento en fresco y seco, tanto en el sub-lote donde se aplicó la tecnología, así también en la siembra del productor, donde se obtuvo de 3.5 t ha⁻¹ de fibra en fresco y 2.45 t ha⁻¹ de fibra más semilla en seco.

Los resultados en cuanto a rendimiento, indican una producción de 3.5 t ha⁻¹ de fibra en fresco y 2.45 t ha⁻¹ de fibra más semilla en seco, en el lote del productor y 5.97 t ha⁻¹ en el módulo de prueba, el rendimiento fue afectado por una alta infestación de pulgón amarillo, además otro componente que debe atenderse es la falta de semilla mejorada genéticamente; en este sentido se realizó una selección de plantas para obtener semilla e iniciar un programa de selección. En cuanto a redituabilidad del cultivo, considerando un precio de la fibra en fresco de \$ 6,500.00 por tonelada, en la siembra del productor se obtuvo un ingreso total de \$ 22,750.00 por hectárea; en tanto que en el módulo con tecnología la estimación en el módulo fue \$ 38,805.00 pesos ha⁻¹, considerándose un rendimiento de fibra en fresco de 5.97 kg ha⁻¹.

En cuanto a calidad de fibra se obtuvo que la panícula producida en base manejo con tecnología, se determinó que la fibra alcanzó en promedio una longitud de 56 centímetros, en tanto que en la siembra del productor la longitud promedio de fibra fue de 49 centímetros



Figura 6. Procesado de la fibra (secado, apilado y limpia de la fibra)

CONCLUSIONES

Con la aplicación de tecnología del cultivo se logró un incremento en la producción del 30 % en cuanto a producción de fibra mas semilla en seco.

Con el uso de tecnología el incremento en ingreso económico fue del orden de \$ 16,055.00

Es importante el uso de semilla mejorada, sin embargo en la región los productores por lo general no disponen de este componente

BIBLIOGRAFÍA

- Fulling, E.H. 1956. Botanical Aspects of the paper Pulp and Taming Industries in USA. Amer. Jour. of Bty. 43: 621 – 634.
- Wall S. J. and, M. R. William. 1975. Producción y Usos del Sorgo. Ed. Hemisferio Sur. Argentina.
- Weibel, E. Dale. 1975. Los sorgos de escoba. Producción y Usos del Sorgo. Ed. Hemisferio Sur. Argentina.
- SAGARPA.2016. Sub Dirección de Estadística Agropecuaria de la Región Lagunera.

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL TRIGO DE TEMPORAL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN EL ESTADO DE DURANGO

¹Alain J. Servín Prieto, Miguel Rivera González², Juan Estrada Avalos², Gerardo Delgado Ramírez², Gerardo Esquivel Arriaga²

¹Técnico auxiliar de investigación del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA-INIFAP). Km 6.5 margen derecha canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140. ²Investigadores del CENID-RASPA, INIFAP. rivera.miguel@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

En el año 2013 en México bajo condiciones de temporal, en el ciclo primavera-verano se cultivaron 94,2015 has con un rendimiento medio de apenas 2 ton ha⁻¹; mientras que en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno se cultivan 563,570 has con un rendimiento medio de 6 ton ha⁻¹. Para el estado de Durango para este mismo año bajo condiciones de temporal el ciclo primavera-verano se sembraron 952 has con un rendimiento medio de 2.5 ton/ha y en el ciclo otoño-invierno bajo riego se sembraron 2,262 has con un rendimiento medio de 4.4 ton ha⁻¹ (SIACON, 2013).

El potencial productivo se define como la delimitación geográfica espacial de las áreas o zonas donde es factible realizar con mayor probabilidad de éxito, la producción de diferentes especies agrícolas, pecuarias o forestales, con poco o ningún deterioro del medio ambiente (Ruiz, *et al* 1999).

En México se han realizado diferentes estudios de potencial productivo para trigo bajo condiciones de riego y temporal, como el desarrollado para el distrito de desarrollo rural 004 Celaya Guanajuato (García *et al* 1998) para el estado de Morelos (Díaz, 2008), el estado de Michoacán (Ramírez *et al* 2013). A nivel nacional también se desarrolló un estudio para los diferentes estados de la república mexicana (Díaz *et al* 2012). Sin embargo un estudio a nivel de municipio para el estado de Durango no se ha realizado.

El objetivo del presente estudio fue realizar un estudio de potencial productivo para el cultivo de trigo ciclo otoño invierno a nivel de municipio, para el estado de Durango en condiciones de temporal.

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de los mapas de potencial productivo se realizaron las siguientes actividades o fases:

Consulta de requerimientos agroecológicos del cultivo.

En esta etapa se realizó una revisión a profundidad de la literatura para identificar los factores que deben considerarse en el desarrollo de los cultivos, entre otras necesidades de temperatura, precipitación, altura, pendiente, textura, tipo de suelos y demás factores que se crea conveniente considerar.

Elaboración de mapas fuente

Se obtuvieron a partir de la información que se recabo en la consulta.

Calificación de zonas potenciales en mapas ráster

Mediante herramientas de consulta espacial y reclasificación de valores, se toman como base los requerimientos agroecológicos del cultivo para obtener zonas delimitadas en tres niveles de potencial: Alto, Medio y No apto.

Procesamiento de cartografía vectorial.

Mediante las herramientas de geo procesamiento, se realizan intersecciones o cruce de los mapas, para ir discriminando áreas geográficas que no tengan condiciones edáficas favorables para el desarrollo de un cultivo específico.

Generación de mapas finales.

Finalmente, se realiza el proceso de intersección con un mapa vectorial, el cual puede contener la delimitación de una división política de estados, municipios, cuencas, subcuencas o cualquier otro que contenga información sobre el espacio geográfico de interés.

Cuadro 2.- Requerimientos agroecológicos considerados

	No apto	medio	Alto	Medio	No apto
Altitud (m)	< 25		> 25 y < 2,800	> 2,800 y < 3,500	> 3,500
Lluvia acumulada de Oct-Feb.	0 -500	De 501 a 700	> 700		
Temp (°C)	< 5°	> 5° y < 15°	> 15° y < 23°	> 23° y < 27°	> 27°
Uso de Suelo	Se consideran los usos de suelo agrícola de temporal, humedad, riego, riego eventual y riego suspendido				
Tipo de Suelo	Se excluyen a litosoles, ranker, solonchaks y solonetz				

Información cartográfica

- Mapa de Uso de Suelo y Vegetación Serie V (INEGI, 2013)
- Mapa Edafológico Serie II (INEGI, 2011)
- Mapa Digital de Elevación (INEGI)
- Mapa de Precipitación (CONABIO)
- Mapa de Isotermas (CONABIO)
- Base de datos de Estaciones ERIC III

Estimación de rendimientos bajo condiciones de temporal

Para estimar el rendimiento de trigo bajo condiciones de temporal se consideró lo siguiente: Los valores de la evapotranspiración máxima (ET_{max}) y el rendimiento máximo (R_{max}) se obtuvieron de la función de producción hídrica para trigo bajo condiciones de riego, presentada por Godoy (1990) cuya ecuación se presenta a continuación:

$$Y = (-2234 + 207ET_r - 1.1 ET_r^2) / 100$$

Donde:

Y= rendimiento de grano (ton ha⁻¹)

ET_r= evapotranspiración real (cm)

En base a esta ecuación, el rendimiento máximo (R_{max}) alcanzado es de 7.5 ton ha⁻¹, con una evapotranspiración máxima (ET_{max}) de 90 cm.

El método tradicional para la estimación de los rendimientos de los cultivos bajo condiciones de temporal es el empleado por la FAO (Doorenbos y Kasam, 1979). Sin embargo el uso de esta ecuación ha mostrado sobreestimaciones del rendimiento y a la vez al cambiar el parámetro Ky el modelo no presenta sensibilidad (Bootsma *et al* 1994). En base a lo anterior la estimación del rendimiento del cultivo se realizó considerando la relación funcional entre el factor de estrés de humedad (FEH) y el déficit o exceso de humedad (D) propuesta por Sánchez *et al* (2013) de la forma siguiente:

$$FEH = 0.6168 \exp^{0.0017 D}$$

Donde:

FEH= factor de estrés de humedad (fraccional)

D = es el déficit o exceso de humedad (cm)

D= (PP+ Θ_i) - ET_{max}

Donde: PP es la precipitación pluvial (cm) y Θ_i es el contenido de humedad inicial del suelo antes de la lluvia (cm) y ETmax es la evapotranspiración máxima del cultivo bajo riego (cm)

El rendimiento del cultivo bajo condiciones de temporal se determina con la siguiente ecuación:

$$R_t = FEH * R_{max}$$

Donde:

R_t = es el rendimiento del cultivo en temporal (ton ha^{-1})

FEH= factor de estrés de humedad (fraccional)

R_{max} = rendimiento máximo del cultivo bajo riego (ton ha^{-1})

En base a esta ecuación se estimaron los rendimientos de trigo para diferentes rangos de precipitación y potencial productivo (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Rendimientos de trigo estimados en base a rangos de precipitación establecidos para diferentes tipos de potencial productivo

Rango de precipitación (mm)	Potencial productivo	Rendimiento (ton ha^{-1})
0-500	No apto	0 - 2.3
501-700	Medio	2.31- 3.3
➤ 700	Alto	➤ 3.3

RESULTADOS Y DISCUSION

Potencial productivo (Otoño–invierno).

En el Cuadro 4. Se muestran la superficie en hectáreas del potencial productivo para cada municipio del estado de Durango, para el ciclo Otoño invierno. En total 81,423.90 hectáreas son clasificadas áreas de potencial productivo medio, con un rendimiento en el rango de 2.31 a 3.3 ton ha^{-1} y únicamente solo 206.8 has del municipio de Pueblo Nuevo son clasificadas como áreas de potencial productivo alto con un rendimiento mayor de 3.3 ton ha^{-1}

Cuadro 4.- Potencial productivo (has) de trigo de temporal para cada municipio del estado de Durango

Municipio	Potencial productivo (has)			Sup. agrícola (has)	Superficie Mpal. (has)
	No apto	Medio	Alto		
Canatlán	61,562.2	851.5	0	62,413.7	345,501.1
Canelas	3,984.7	3524.3	0	7,509.0	88,348.5
Coneto de Comonfort	8,527.1	0.0	0	8,527.1	106,351.8
Cuencamé	101,640.0	0.0	0	101,640.0	529,350.6
Durango	85,665.9	18555.7	0	104,221.6	918,510.1
El Oro	42,165.1	0.0	0	42,165.1	349,598.8
Gómez Palacio	48,704.6	0.0	0	48,704.6	83,446.4
General Simón Bolívar	29,462.0	0.0	0	29,462.0	216,651.6
Guadalupe Victoria	68,692.2	0.0	0	68,692.2	130,310.3
Guanaceví	9,523.2	11514.8	0	21,037.9	543,594.4
Hidalgo	23,747.9	0.0	0	23,747.9	464,789.2
Indé	34,626.6	0.0	0	34,626.6	248,152.0
Lerdo	27,152.2	0.0	0	27,152.2	212,678.9
Mapimí	56,875.7	0.0	0	56,875.7	766,206.4
Mezquital	2,897.1	0.0	0	2,897.1	828,342.3
Nazas	16,581.6	0.0	0	16,581.6	236,362.0
Nombre de Dios	34,112.1	0.0	0	34,112.1	117,301.7
Nuevo Ideal	64,357.7	369.4	0	64,727.1	183,247.4
Ocampo	31,416.3	581.1	0	31,997.4	361,388.0
Otáez	1,892.7	281.7	0	2,174.4	169,203.1
Pánuco de Coronado	34,626.8	0.0	0	34,626.8	101,531.7
Peñón Blanco	30,462.4	0.0	0	30,462.4	166,609.7
Poanas	35,530.8	0.0	0	35,530.8	111,529.0
Pueblo Nuevo	1,585.1	2895.5	206.8	4,687.4	686,904.2
Rodeo	17,258.4	0.0	0.0	17,258.4	141,853.8
Súchil	12,527.6	0.0	0.0	12,527.6	145,236.3
San Bernardo	18,567.1	0.0	0.0	18,567.1	228,699.3
San Dimas	759.9	2152.0	0.0	2,911.9	542,452.5
San Juan de Guadalupe	4,767.6	0.0	0.0	4,767.6	238,440.1
San Juan del Río	27,947.5	0.0	0.0	27,947.5	138,490.4
San Luis del Cordero	9,245.9	0.0	0.0	9,245.9	59,879.6
San Pedro del Gallo	14,646.0	0.0	0.0	14,646.0	177,975.8
Santa Clara	34,866.3	0.0	0.0	34,866.3	97,484.9
Santiago Papasquiaro	62,250.2	3714.9	0.0	65,965.1	633,732.9
Tamazula	13,726.0	14539.3	0.0	28,265.3	574,131.2
Tepehuanes	11,647.0	21610.1	0.0	33,257.1	600,988.6
Tlahualilo	40,573.9	0.0	0.0	40,573.9	470,137.2
Topia	5,793.3	833.8	0.0	6,627.1	161,139.2
Vicente Guerrero	19,316.0	0.0	0.0	19,316.0	36,569.5

	1,149,684.5	81,424.0	206.8	1,231,315.3	12,213,120.5
--	-------------	----------	-------	-------------	--------------

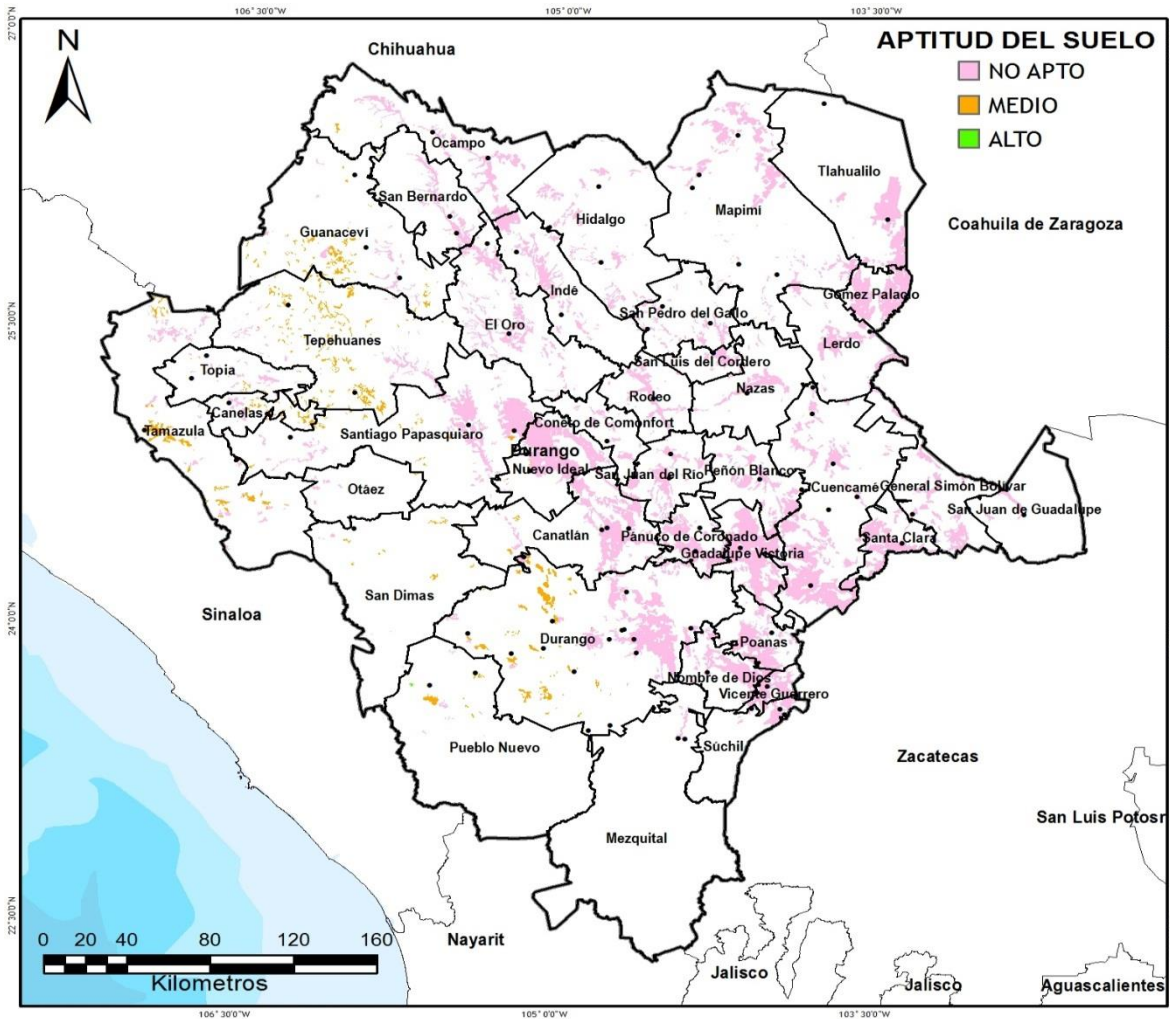


Figura1.- Distribución del Potencial productivo (Has) para el trigo de temporal para los municipios del estado de Durango (otoño-invierno)

CONCLUSIONES

- Para el ciclo de cultivo otoño-invierno el estudio de potencial productivo indica que únicamente se pueden establecer 206.8 hectáreas en el municipio de Pueblo nuevo con un potencial productivo alto ($>3.3 \text{ ton h}^{-1}$) y 81,424 hectáreas con potencial productivo medio ($2.3 \text{ a } 3.3 \text{ ton h}^{-1}$)
- Se requiere plantear un proyecto de transferencia de tecnología integral (variedades con alto potencial de rendimiento, densidades de población y fertilización fraccionada de acuerdo a disponibilidad y distribución de la precipitación y etapa fenológica del cultivo, uso de bioinoculantes o biofertilizantes así como prácticas agrícolas de conservación de humedad del suelo) para la producción de trigo bajo condiciones de temporal.

BIBLIOGRAFIA

- Bootsma, A., J. Boisvert, and J. Dumanski. 1994. Climate- based estimates of potential forage yields in Canada using a crop growth model. *Agricultural and forest Meteorology*, 67, 151 – 172.
- Díaz P., G 2008. Estudio del potencial productivo del Estado de Morelos a nivel Gran Visión.
- Díaz P., G., R.A. Guajardo P., G. Medina G., I. Sánchez C., J. Soria R., J.M. P. Vásquez A. y J.A. Quijano C. 2012. Potencial productivo de espacios agrícolas de importancia socioeconómica en México. 139 pags
- Doorembos, J., and A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage paper No. 33*. FAO, Rome Italy.
- FAO. 2011. Base de datos FAOSTAT en línea, disponible en el enlace <http://faostat.fao.org>. Consultada en diciembre de 2011.
- García N., H., J. López B., R. Moreno S., M. de L. Villers R. y R R.. Gracia D. 1998. Potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato, México. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuuy) utilizando SIG.
- Godoy A. C. 1990. Funciones de producción del agua y sus usos en la agricultura. En *Metodología de la investigación y diagnóstico en relación agua suelo planta atmosfera*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, INIFAP, CENID-RASPA. Pag. 225-242
- Ramírez O., G., J. A. Ruiz C. y V.M. Coria A. 2013. Potencial productivo agrícola del estado de Michoacán. pags. 254
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I.J. González A., C. Ortiz T., H.E. Flores L., R.A Martínez P y K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. CIRPAC. México 324 p.
- Sánchez C., M. Velásquez V., E. Catalán V., M.A. Inzunza I., G. Esquivel A., P. Bueno H. y G. Díaz P. 2013. Modelo de balance hídrico como apoyo a toma de decisiones en zonas agrícolas bajo incertidumbre climática. Folleto técnico N° 28
- SIACON. 2013. Estadísticas de producción de cultivos. Sistema de información agroalimentaria y pesquera.

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL TRIGO DE TEMPORAL CICLO PRIMAVERA- VERANO EN EL ESTADO DE DURANGO

**Miguel Rivera González^{1*}, Juan Estrada Avalos¹, Alain J. Servín Prieto², Jesús Arcadio
Muñoz Villalobos¹, Gerardo Delgado Ramírez¹**

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA-INIFAP). Km 6.5 margen derecha canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140. E-mail:

*rivera.miguel@inifap.gob.mx. ²Técnico auxiliar de investigación del CENID-RASPA.

INTRODUCCION

El trigo blando y trigo duro (*Triticum aestivum* y *Triticum turgidum durum*, respectivamente) conforman el tercer cultivo más extenso del mundo. En el año 2009, se sembraron 226 millones de ha, con una producción de 685 millones de toneladas de grano y un rendimiento promedio de grano de 3 ton ha⁻¹ (FAO, 2011). En el año 2013 en México bajo condiciones de temporal, en el ciclo primavera-verano se cultivaron 94,2015 has con un rendimiento medio de apenas 2 ton ha⁻¹; mientras que en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno se cultivan 563,570 has con un rendimiento medio de 6 ton ha⁻¹.

Para el estado de Durango para este mismo año bajo condiciones de temporal el ciclo primavera-verano se sembraron 952 has con un rendimiento medio de 2.5 ton ha⁻¹ y en el ciclo otoño-invierno bajo riego se sembraron 2,262 has con un rendimiento medio de 4.4 ton ha⁻¹ (SIACON, 2013).

El potencial productivo se define como la delimitación geográfica espacial de las áreas o zonas donde es factible realizar con mayor probabilidad de éxito, la producción de diferentes especies agrícolas, pecuarias o forestales, con poco o ningún deterioro del medio ambiente (Ruiz, *et al* 1999). En México se han realizado diferentes estudios de potencial productivo para trigo bajo condiciones de riego y temporal, como el desarrollado para el distrito de desarrollo rural 004 Celaya Guanajuato (García *et al* 1998) para el estado de Morelos (Díaz, 2008), el estado de Michoacán (Ramírez *et al* 2013). A nivel nacional también se desarrolló un estudio para los diferentes estados de la república mexicana (Díaz *et al* 2012). Sin embargo, un estudio a nivel de municipio para el estado de Durango no se ha realizado.

El objetivo del presente estudio fue realizar un estudio de potencial productivo para el cultivo de trigo ciclo primavera-verano a nivel de municipio, para el estado de Durango en condiciones de temporal.

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de los mapas de potencial productivo se realizaron las siguientes actividades o fases:

Consulta de requerimientos agroecológicos del cultivo.

En esta etapa se realizó una revisión a profundidad de la literatura para identificar los factores que deben considerarse en el desarrollo de los cultivos, entre otras necesidades de temperatura, precipitación, altura, pendiente, textura, tipo de suelos y demás factores que se crea conveniente considerar.

Elaboración de mapas fuente.

Se obtuvieron a partir de la información que se recabo en la consulta.

Calificación de zonas potenciales en mapas ráster.

Mediante herramientas de consulta espacial y reclasificación de valores, se toman como base los requerimientos agroecológicos del cultivo para obtener zonas delimitadas en tres niveles de potencial: alto, medio y no apto.

Procesamiento de cartografía vectorial.

Mediante las herramientas de geo procesamiento, se realizan intersecciones o cruce de los mapas, para ir discriminando áreas geográficas que no tengan condiciones edáficas favorables para el desarrollo de un cultivo específico.

Generación de mapas finales.

Finalmente, se realiza el proceso de intersección con un mapa vectorial, el cual puede contener la delimitación de una división política de estados, municipios, cuencas, subcuencas o cualquier otro que contenga información sobre el espacio geográfico de interés.

Cuadro 1.- Requerimientos agroecológicos considerados

	No apto	medio	Alto	Medio	No apto
Altitud (m)	< 25		> 25 y < 2,800	> 2,800 y < 3,500	> 3,500
Lluvia acumulada de Oct-Feb.	0 -500	De 501 a 700	> 700		
Temp (°C)	< 5°	> 5° y < 15°	> 15° y < 23°	> 23° y < 27°	> 27°
Uso de Suelo	<i>Se consideran los usos de suelo agrícola de temporal, humedad, riego, riego eventual y riego suspendido</i>				
Tipo de Suelo	<i>Se excluyen a litosoles, ranker, solonchaks y solonetz</i>				

Información cartográfica

- Mapa de Uso de Suelo y Vegetación Serie V (INEGI, 2013)
- Mapa Edafológico Serie II (INEGI, 2011)
- Mapa Digital de Elevación (INEGI)
- Mapa de Precipitación (CONABIO)
- Mapa de Isotermas (CONABIO)
- Base de datos de Estaciones ERIC III

Estimación de rendimientos bajo condiciones de temporal

Para estimar el rendimiento de trigo bajo condiciones de temporal se consideró lo siguiente: Los valores de la evapotranspiración máxima (ET_{max}) y el rendimiento máximo (R_{max}) se obtuvieron de la función de producción hídrica para trigo bajo condiciones de riego, presentada por Godoy (1990) cuya ecuación se presenta a continuación:

$$Y = (-2234 + 207ET_r - 1.1 ET_r^2) / 100$$

Donde:

Y = rendimiento de grano (ton ha⁻¹)

ET_r = evapotranspiración real (cm)

En base a esta ecuación, el rendimiento máximo (R_{max}) alcanzado es de 7.5 ton ha⁻¹, con una evapotranspiración máxima (ET_{max}) de 90 cm.

El método tradicional para la estimación de los rendimientos de los cultivos bajo condiciones de temporal es el empleado por la FAO (Doorenbos y Kasam, 1979). Sin embargo, el uso de esta ecuación ha mostrado sobreestimaciones del rendimiento y a la vez al cambiar el parámetro K_y el modelo no presenta sensibilidad (Bootsma *et al* 1994). En base a lo anterior la estimación del rendimiento del cultivo se realizó considerando la relación funcional entre el factor de estrés de humedad (FEH) y el déficit o exceso de humedad (D) propuesta por Sánchez *et al* (2013) de la forma siguiente:

$$FEH = 0.6168 \exp^{0.0017 D}$$

Donde:

FEH = factor de estrés de humedad (fraccional)

D = es el déficit o exceso de humedad (cm)

D = (PP + Θ_i) - ET_{max}

Donde: PP es la precipitación pluvial (cm) y Θ_i es el contenido de humedad inicial del suelo antes de la lluvia (cm) y ETmax es la evapotranspiración máxima del cultivo bajo riego (cm).

El rendimiento del cultivo bajo condiciones de temporal se determina con la siguiente ecuación:

$$R_t = FEH * R_{max}$$

Donde:

R_t = es el rendimiento del cultivo en temporal (ton ha⁻¹)

FEH = factor de estrés de humedad (fraccional)

R_{max} = rendimiento máximo del cultivo bajo riego (ton ha⁻¹)

En base a esta ecuación se estimaron los rendimientos de trigo para diferentes rangos de precipitación y potencial productivo (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Rendimientos de trigo estimados en base a rangos de precipitación establecidos para diferentes tipos de potencial productivo

Rango de precipitación (mm)	Potencial productivo	Rendimiento (ton ha ⁻¹)
0-500	No apto	0 - 2.3
501-700	Medio	2.31- 3.3
➤ 700	Alto	➤ 3.3

RESULTADOS Y DISCUSION

Potencial productivo (primavera-verano).

En el Cuadro 3 se presentan las áreas de potencial productivo por municipio en el ciclo primavera-verano. 38,356.6 has son clasificadas como áreas de potencial productivo medio con producciones de trigo en el rango de 2.3 a 3.3 ton ha⁻¹ y 104,898 has son clasificadas con potencial productivo alto con rendimientos mayores de 3.3 ton ha⁻¹. La mayor superficie de potencial productivo alto se concentra en 6 municipios los cuales son Tamazula, Tepehuanes, Durango, Guanacevi, Santiago Papasquiaro y Canelas que en conjunto representan el 85.7 % del área del estado con potencial productivo alto (89,933.8 has).

Cuadro 3.- Potencial productivo (has) de trigo de temporal para cada municipio del estado de Durango (primavera-verano)

Municipio	Potencial productivo (ha)			Superficie agrícola (ha)	Superficie agrícola (ha)
	No apto	Medio	Alto		
Canatlán	61,562.2	717.7	133.8	62,413.7	345,501.1
Canelas	0.0	0.0	7,509.0	7,509.0	88,348.5
Coneto de Comonfort	8,527.1	0.0	0.0	8,527.1	106,351.8
Cuencamé	101,652.2	0.0	0.0	101,652.2	529,350.6
Durango	81,691.2	7963.5	14,566.4	104,221.1	918,510.1
El Oro	41,259.7	905.7	0.0	42,165.4	349,598.8
Gómez Palacio	48,710.2	0.0	0.0	48,710.2	83,446.4
General Simón Bolívar	29,463.3	0.0	0.0	29,463.3	216,651.6
Guadalupe Victoria	68,692.2	0.0	0.0	68,692.2	130,310.3
Guanaceví	5,138.7	6071.1	9,827.5	21,037.3	543,594.4
Hidalgo	23,747.9	0.0	0.0	23,747.9	464,789.2
Indé	34,626.3	0.0	0.0	34,626.3	248,152.0
Lerdo	27,156.3	0.0	0.0	27,156.3	212,678.9
Mapimí	56,875.7	0.0	0.0	56,875.7	766,206.4
Mezquital	2,896.8	0.1	0.0	2,897.0	828,342.3
Nazas	16,581.6	0.0	0.0	16,581.6	236,362.0
Nombre de Dios	34,112.1	0.0	0.0	34,112.1	117,301.7
Nuevo Ideal	55,530.8	8834.8	360.0	64,725.7	183,247.4
Ocampo	31,416.2	581.1	0.0	31,997.3	361,388.0
Otáez	0.0	0.0	2,174.4	2,174.4	169,203.1
Pánuco de Coronado	34,626.8	0.0	0.0	34,626.8	101,531.7
Peñón Blanco	30,462.4	0.0	0.0	30,462.4	166,609.7
Poanas	35,530.2	0.0	0.0	35,530.2	111,529.0
Pueblo Nuevo	0.0	644.9	4,042.0	4,686.9	686,904.2
Rodeo	17,258.4	0.0	0.0	17,258.4	141,853.8
Súchil	12,533.6	0.0	0.0	12,533.6	145,236.3
San Bernardo	18,418.0	150.4	0.0	18,568.4	228,699.3
San Dimas	0.0	635.6	2,276.1	2,911.7	542,452.5
San Juan de Guadalupe	4,767.7	0.0	0.0	4,767.7	238,440.1
San Juan del Río	27,947.5	0.0	0.0	27,947.5	138,490.4
San Luis del Cordero	9,245.9	0.0	0.0	9,245.9	59,879.6
San Pedro del Gallo	14,646.0	0.0	0.0	14,646.0	177,975.8
Santa Clara	34,867.8	0.0	0.0	34,867.8	97,484.9
Santiago Papasquiaro	56,803.5	1,122.9	8,039.9	65,966.3	633,732.9
Tamazula	0.0	1,415.5	26,850.0	28,265.6	574,131.2
Teprehuanes	1,450.0	8,664.7	23,141.0	33,255.7	600,988.6
Tlahualilo	40,574.9	0.0	0.0	40,574.9	470,137.2
Topia	0.0	648.6	5,978.4	6,626.9	161,139.2
Vicente Guerrero	19,316.0	0.0	0.0	19,316.0	36,569.5
	1,088,089.5	38,356.6	104,898.4	1,231,344.5	12,213,120.5

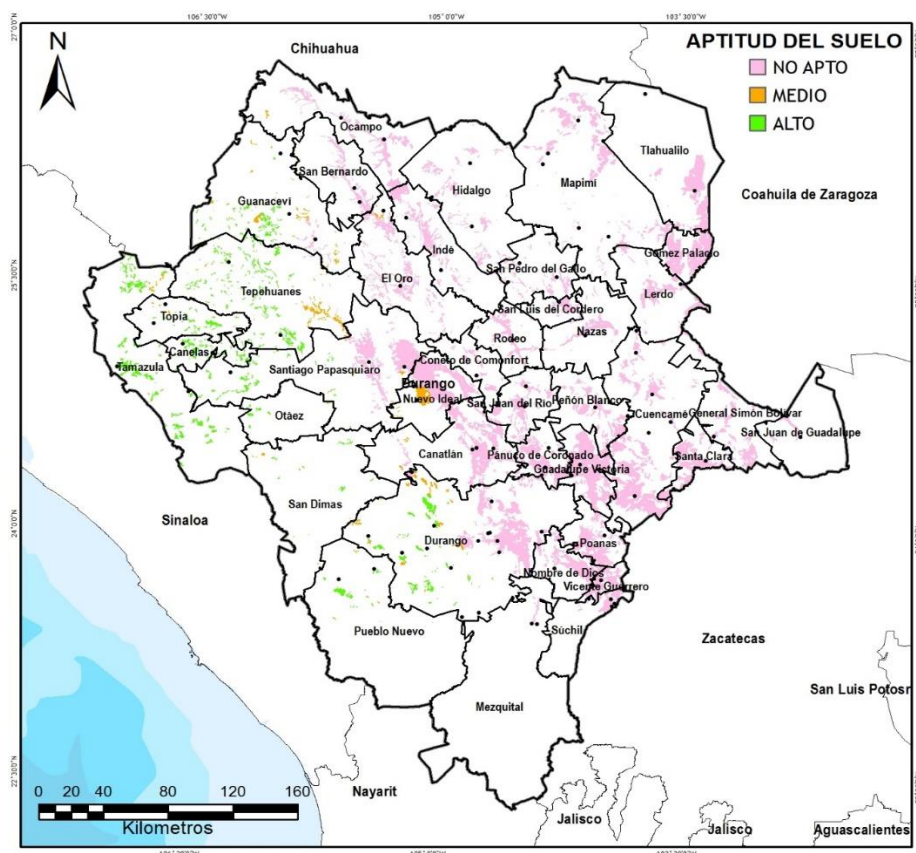


Figura 1.- Distribución del potencial productivo (has) para el trigo de temporal para los municipios del estado de Durango (primavera-verano)

CONCLUSIONES

El estudio de potencial productivo indica que existe un potencial de establecer 104,898.2 hectáreas en ciclo primavera-verano, principalmente en los Municipios de Tamazula, Tepihuanes, Durango, Guanacevi, Santiago Papasquiario y Canelas que en conjunto representan el 85.7% de la superficie total del estado con potencial productivo alto ($> 3.3 \text{ ton ha}^{-1}$).

- Mediante el uso combinado de modelos de simulación y los sistemas de información geográfica(GIS) se pueden realizar los siguientes estudios:
 - a) Determinación de fechas óptimas de siembra por municipio en base a probabilidad de lluvia diaria.
 - b) Evaluación del efecto de la densidad de plantas y fertilización en la producción de acuerdo a la disponibilidad y distribución de la precipitación.

- c) Evaluación comparativa de las brechas de rendimiento en la agricultura de temporal y riego y evaluación de la productividad a largo plazo.
- d) Efecto del cambio climático en la producción del cultivo y eficiencia en el aprovechamiento del agua

BIBLIOGRAFIA

- Bootsma, A., J. Boisvert, and J. Dumanski. 1994. Climate- based estimates of potential forage yields in Canada using a crop growth model. *Agricultural and forest Meteorology*, 67, 151 – 172.
- Díaz P., G 2008. Estudio del potencial productivo del Estado de Morelos a nivel Gran Visión.
- Díaz P., G., R.A. Guajardo P., G. Medina G., I. Sánchez C., J. Soria R., J.M. P. Vásquez A. y J.A. Quijano C. 2012. Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. 139 pag.
- Doorembos, J., and A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage paper No. 33*. FAO, Rome Italy.
- FAO. 2011. Base de datos FAOSTAT en línea, disponible en el enlace <http://faostat.fao.org>. Consultada en diciembre de 2011.
- García N., H., J. López B., R. Moreno S., M. de L. Villers R. y R R.. Gracia D. 1998. Potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato, México. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuuu) utilizando SIG.
- Godoy A. C. 1990. Funciones de producción del agua y sus usos en la agricultura. En *Metodología de la investigación y diagnostico en relación agua suelo planta atmosfera*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, INIFAP, CENID-RASPA. Pag. 225-242
- Ramírez O., G., J. A. Ruiz C. y V.M. Coria A. 2013. Potencial productivo agrícola del estado de Michoacán. pags. 254
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I.J. González A., C. Ortiz T., H.E. Flores L., R.A Martínez P y K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. CIRPAC. México 324 p.
- Sánchez C., M. Velásquez V., E. Catalán V., M.A. Inzunza I., G. Esquivel A., P. Bueno H. y G. Díaz P. 2013. Modelo de balance hídrico como apoyo a toma de decisiones en zonas agrícolas bajo incertidumbre climática. Folleto técnico N° 28
- SIACON. 2013. Estadísticas de producción de cultivos. Sistema de información agroalimentaria y pesquera.

PRODUCCIÓN PECUARIA

CONSUMO DE ALIMENTO EN BECERRAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE ALIMENTACIÓN

Ramiro González Avalos^{1*}, Gloria Elena Chaparro Villalobos¹, Juan Leonardo Rocha Valdéz¹, Blanca Patricia Peña Revuelta¹ José González Avalos²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. *e-mail: jalisorga@gmail.com

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

INTRODUCCIÓN

Dado que las becerras representan el futuro del establo, es preciso que reciban un buen manejo que les permita optimizar su potencial genético. La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera. La alimentación en la vida temprana de la becerro, puede afectar no solamente el desempeño y supervivencia durante el tiempo de la alimentación líquida, sino también la producción futura de leche una vez que la becerro alcanza su edad adulta (Soberon *et al.*, 2012). Sin embargo, la alimentación y prácticas de manejo en la crianza y desarrollo de becerras no son una prioridad en algunos establos lecheros de nuestro país y esto puede repercutir negativamente en la tasa de crecimiento de los animales y afectar su desempeño productivo y reproductivo (González *et al.*, 2014).

Establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, repercutirá significativamente sobre el bienestar y productividad de los mismos. Excepto por el agua, el primer requerimiento de un animal es por energía. La proteína es el segundo componente nutricional más importante de la dieta y regularmente recibe la mayor atención ya que es el componente más caro de la ración para la becerro (Elizondo, 2013). El consumo de alimento iniciador es crítico para asegurar el crecimiento y el desarrollo adecuado del rumen durante los primeros meses de vida. Uno de los principales objetivos de la alimentación temprana de becerras es maximizar el desarrollo del rumen, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Suárez *et al.* 2007).

Esto tiene que ver directamente con la producción de ácidos grasos volátiles que resultan de la fermentación de materia orgánica en el rumen (Suárez *et al.* 2006). Butirato y en menor grado propionato, estimulan el desarrollo de la mucosa del rumen, principalmente por su uso como

fuentes energéticas para el epitelio ruminal (Tamate *et al.* 1962). Así por ejemplo, los forrajes usualmente se utilizan poco o nada en las etapas tempranas, ya que disminuyen el consumo de materia seca y presentan bajas tasas de fermentación, mientras que los alimentos balanceados son ampliamente utilizados (Nocek *et al.*, 1984), ya que permite un incremento en el consumo de materia seca y además suministran altas concentraciones de ácidos grasos volátiles requeridos para el desarrollo papilar óptimo (Suárez *et al.* 2007).

El objetivo del presente trabajo fue, determinar el consumo de alimento en becerras bajo diferente régimen de alimentación.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 01 de junio al 03 de octubre del 2016, en un establo del municipio de Delicias 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).

Para observar el consumo de alimento se seleccionaron 50, becerras de manera aleatoria, las cuales serán separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1=testigo 6 L de leche, concentrado con 20% de proteína más alfalfa T2= 6 L de leche, concentrado con 20% de proteína sin alfalfa T=3 6 L de leche, concentrado con 25% de proteína sin alfalfa T=4 8 L de leche, concentrado con 25% de proteína sin alfalfa T5=6 L de leche, concentrado con 20% (diferente marca comercial) sin alfalfa. En todos los tratamientos la primera toma de calostro (2 L•toma) se suministró dentro de las 3 h después del nacimiento, posteriormente se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera. Las becerras se alimentaron con leche pasteurizada y se les ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida. El concentrado iniciador se suministró diariamente por la mañana y de ser necesario se servía por la tarde. La variable a evaluar fue consumo de concentrado. Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (TulPlus®), el consumo del alimento se midió a partir del día 3 de vida hasta el destete de las becerras 60 días. Cada tratamiento constó de 10 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental.

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. Se empleó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio (Cuadro 1) muestran que no existe diferencia estadística ($P < 0.05$) para consumo de concentrado entre tratamientos. Las becerras normalmente requieren un par de semanas para empezar a comer cantidades significativas del alimento iniciador. Pero eso no significa 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 becerro podría no estar lista para el destete (González *et al.*, 2014). También se les debe dar la oportunidad de consumir un iniciador de alta calidad, nutritivo y palatable (Quigley 2001).

Cuadro 1. Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador en becerras alimentadas bajo diferente régimen de alimentación.

Tratamientos	Consumo primer mes	Promedio de consumo por becerro	Consumo segundo mes	Promedio de consumo por becerro
Grupo 1	34.909 ^a	3.490	191.910 ^a	19.191
Grupo 2	28.448 ^a	2.844	202.412 ^a	20.241
Grupo 3	31.796 ^a	3.179	185.527 ^a	18.552
Grupo 4	37.232 ^a	3.723	172.948 ^a	17.294
Grupo 5	30.690 ^a	3.069	141.011 ^a	14.101

Rodríguez *et al.* (2013) observaron consumos de 22 kg a partir del día 2 hasta el 60 de vida, en becerras a las cuales se les suministro 4 L de leche por un período de 60 días. En relación al consumo de alimento Elizondo y Sánchez (2012), reportan donde a un grupo de becerros de raza Holstein se les ofreció una dieta líquida en forma restringida en 2 tomas diarias (2 L am y 2

L pm) en el caso de T1 y en el T2 se le suministró a los animales una dieta líquida de 8 L (4 L am y 4 L pm), en dicho estudio las becerras tuvieron un consumo semanal de 837 g y 517 g respectivamente. 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.

Es significativo enfatizar que conforme se alimenta más cantidad de dieta líquida, el consumo de alimento decrece 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 (Jasper y Weary 2002, Davis *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que el grupo de becerras a las cuales se les suministró una cantidad menor de leche adicionado con alfalfa obtuvieron un incremento mayor de peso. Al implementar un sistema de alimentación para becerras lactantes se debe considerar el aporte de nutrientes de todos los componentes de la ración de leche, concentrado, alfalfa, para ser más eficiente el desarrollo de los animales. Por lo que se recomienda realizar estudios complementarios para determinar el efecto de la alimentación bajo diferente régimen de alimentación líquida sobre el desarrollo pos-destete, además de prolongar la duración de los estudios hasta las etapas de producción.

LITERATURA CITADA

- 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.
- Elizondo-Salazar, J. A. y Sánchez-Álvarez, M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense.* 36(2):81-90.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2013. Requerimientos de proteína para terneras de lechería. *Nota técnica nutrición animal tropical* 7(1): 40-50.
- González, A. R., Pérez, R. E., González, A. J., Ramos, A. J. F., Florentino, B. G. Fernández, de la Cruz. Aleida., Peña. R. B. P. y Núñez, G. L. E. 2014. Consumo de concentrado iniciador en becerras lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación líquida. XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Prontuario de información geográfica Municipal De Los Estados Unidos Mexicanos. Delicias, Chihuahua. Clave Geo-estadística 08021
- Jasper, J. y Weary, D. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *J. Dairy Sci.* 85:3054-3058.
- Nocek, J. E., C. W. Heald y C. E. Polan. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. *J. Dairy Sci.* 67:334-340.
- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.

- 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 2017]
- Rodríguez, H. K., J. N. Valenzuela, S. M. A. Salazar, H. G. Núñez y G. A. Villa. 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.
- Soberon, F., E. Raffrenato, R. W. Everett, y M. E. A. Van. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:783-793
- Suárez, B. J., C. G. Van Reenen, G. Beldman, J. van Delen, J. Dijkstra y W. J. J. Gerrits. 2006. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *J. Dairy Sci.* 89:4365-4375.
- Suárez, B. J., C.G. Van Reenen, N. Stockhofe, J. Dijkstra y W.J.J. Gerrits. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J. Dairy Sci.* 90:2390-2403
- Tamate, H., A. MCGuilliard, N. Jacobson y R. Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.*, 45:408-420.

ESTRÉS CALÓRICO EN BECERRAS HOLSTEIN LACTANTES

**Ramiro González Avalos^{1*}, Luis Jorge López Carvajal¹, Jesús Enrique Cantú Brito^{1†},
Blanca Patricia Peña Revuelta¹ José González Avalos²**

^{1*}Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. *e-mail: jaliscorga@gmail.com

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

[†]Profesor- Investigador con Perfil PRODEP. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna.

INTRODUCCION

Los bovinos al igual que todos los mamíferos, son animales homeotermos, es decir, organismos que a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiental son capaces de mantener relativamente constante la temperatura corporal. Esta capacidad es esencial para una multitud de reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos asociados con el metabolismo normal; incluso, también es de interés para el funcionamiento de tejidos cerebrales (Shearer y Bray, 1995). La Organización Mundial de la Salud (2003) define al estrés como el conjunto de reacciones fisiológicas que prepara al organismo para la acción metabólica. Estrés es una expresión que deriva del latín, la cual fue utilizada con mucha insistencia, durante el siglo XVII para representar “adversidad” o “aflicción”.

El estrés implica cualquier factor que actúe interna o externamente al cual es difícil adaptar y que induce un aumento en el esfuerzo por parte del animal, para mantener un estado de equilibrio dentro de él mismo y con su ambiente externo. El estrés calórico sobre el animal trastorna las necesidades nutritivas afligiendo su sistema gastrointestinal y metabólico (Roca, 2011). Modificaciones del fotoperiodo, temperatura, lluvias y disponibilidad de alimento son factores ambientales que afectan diferentes momentos del desarrollo biológico de un individuo. Estos eventos parecen sincronizar aspectos fisiológicos tales como la reproducción, el crecimiento de tejidos y el metabolismo, de acuerdo a las condiciones en que se encuentren los animales (Souza *et al.*, 2006).

Cuando pensamos en los efectos del medio ambiente en becerras, estrés por frío es a menudo en la preocupación más común, especialmente en los climas más templados. Sin embargo, las altas temperaturas del verano, el sol caliente y alta humedad pueden causar estrés térmico en los becerros al igual que en el hato de ordeño. Estos factores pueden afectar varios meses del año si se encuentran en las zonas más cercanas al ecuador. También sufren por acción del calor, con reducciones dramáticas en el crecimiento aparente antes y después del destete (Broucek *et al.*, 2009). La reducción del consumo de alimento y el aumento de las necesidades

energéticas de mantenimiento, junto con baja inmunidad puede conducir a un crecimiento pobre, mayor susceptibilidad a las enfermedades, y en casos extremos la muerte (Coleen y Heinrichs, 2013). El objetivo de presente trabajo fue identificar la temperatura y humedad donde las becerras padecen estrés calórico.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 26 de junio al 31 de julio del 2015, en un establo lechero en el municipio de Torreón Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los parámetros 25°30' y 25°45' y los meridianos 103°20' y 103°40' O (INEGI, 2009).

Se registró la temperatura y humedad a las 8 de la mañana, 12 de medio día y a las 4 de la tarde. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 45 días de vida, Para monitorear la temperatura de las becerras se utilizó un termómetro rectal digital. Se registraron los nacimientos del área de crianza durante los meses de julio y agosto, se procedió a observar el comportamiento y desarrollo de las crías; para detectar la sintomatología que presenten durante el estrés calórico; temperatura \geq a 40 °C, jadeo, incremento de la frecuencia cardiaca y respiratoria.

Todas las becerras recibieron dos tomas de calostro (2.5 L/toma). Se les administró un sustituto lácteo, cada litro se preparara con 125 g de sustituto mezclado con 875 ml. de agua, la mezcla fue completamente homogeneizada y ofrecida a una temperatura de 39 °C. Recibieron una toma de 4 L en la mañana 07:00 h. hasta el día 45 de vida. El agua estuvo disponible a libre acceso a partir del segundo día de edad. Finalmente, se ofreció a libre acceso alimento iniciador con 22 % de proteína cruda a partir del tercer día de edad.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

El 6.8% (52/760) de las crías presentaron estrés calórico (Figura 1) y se observó el 8.3% de mortalidad de las mismas (4/52). La hora en la que se observaron mayor incidencia de becerras con estrés calórico (Figura 2) oscila entre las 12:00 y 16:00. La temperatura (Figura 3) en la cual se presentaron los casos oscila entre 34 a 38°C promedio con una mínima de 30.5 y una máxima de 41.8°C; la humedad ambiental (Figura 4) oscila entre 26 y 34% promedio; con una mínima de 20% y una máxima de 66%.

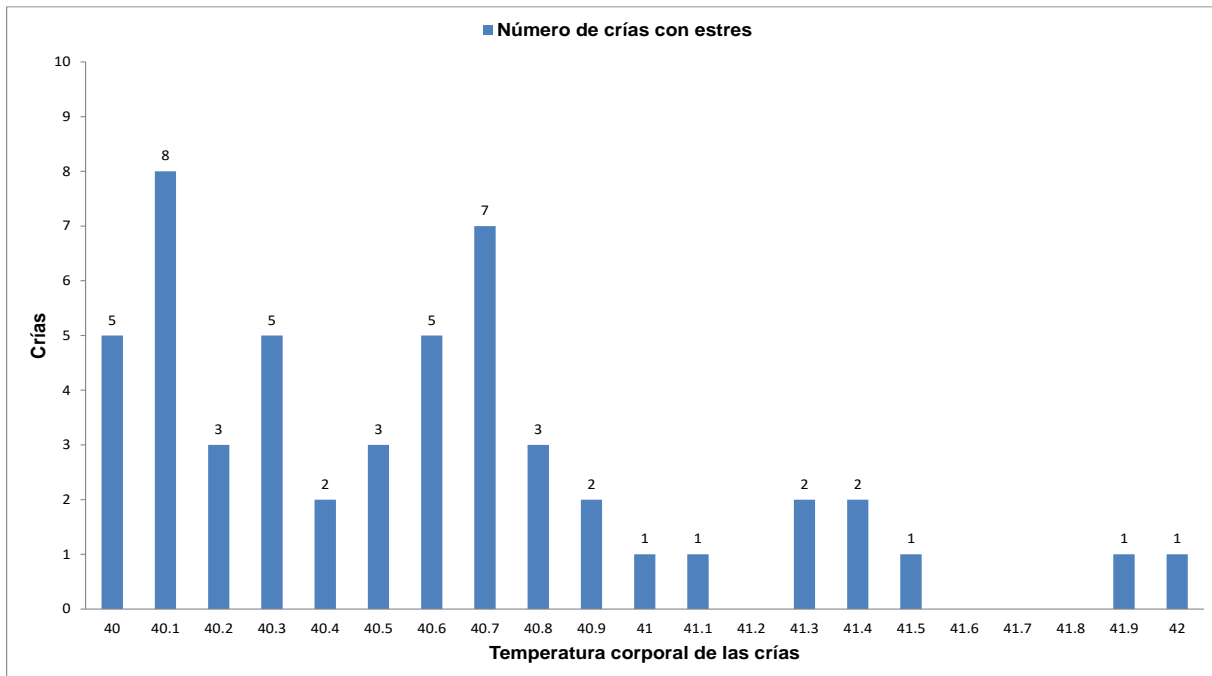


Figura 1. Temperatura corporal de las beceras Holstein cuando se diagnosticó estrés calórico.

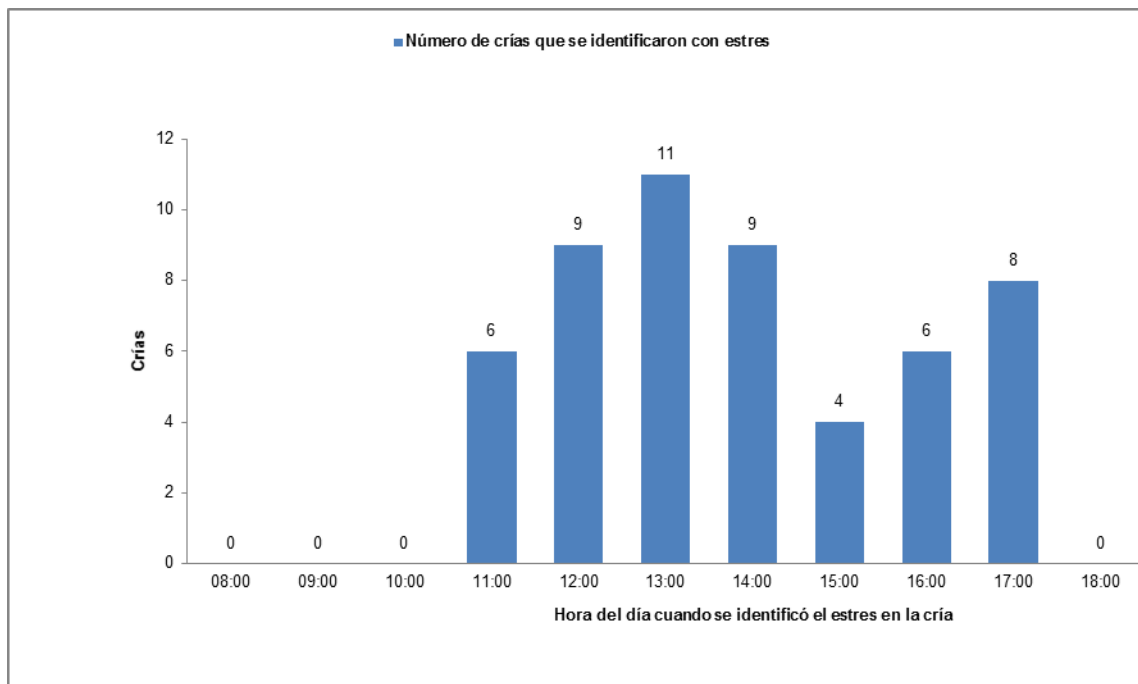


Figura 2. Hora del día en que se identificaron las crías con estrés calórico.

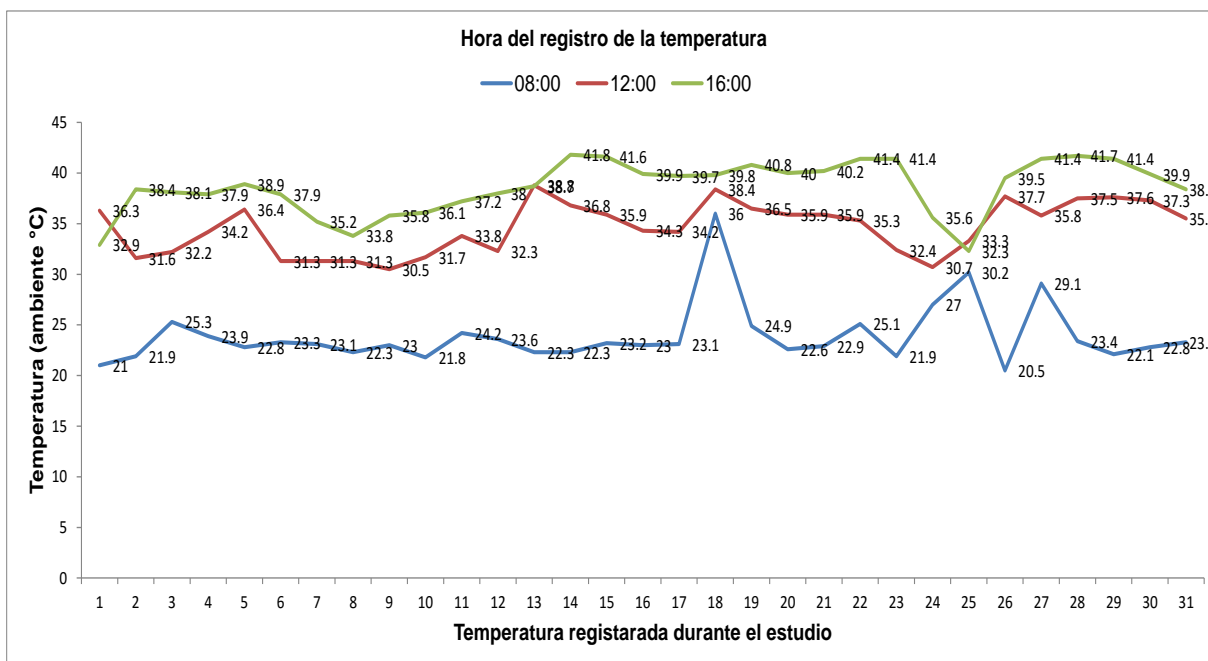


Figura 3. Temperatura ambiente registrada durante el estudio.

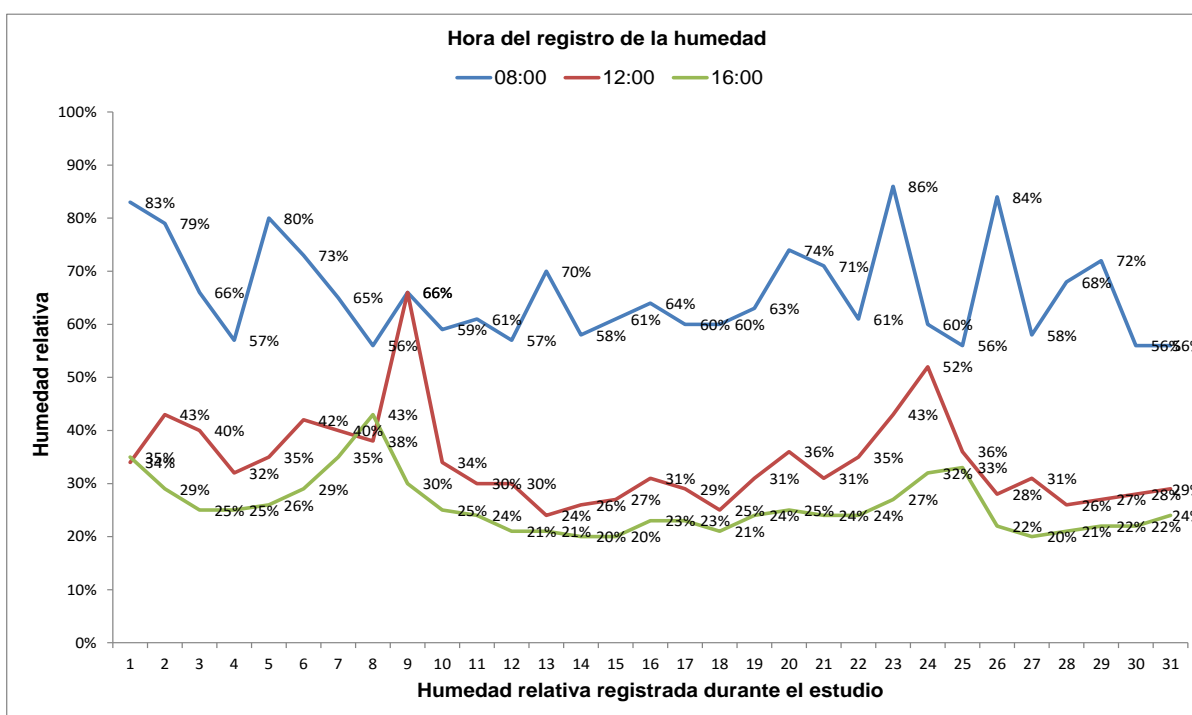


Figura 4. Humedad ambiental registrada durante el estudio.

Cuando pensamos en los efectos del medio ambiente en becerras, el estrés por frío es con frecuencia la preocupación más común, especialmente en los climas templados. Sin embargo, el incremento de las temperaturas del verano, y alta humedad pueden causar estrés por calor al igual que en el hato lechero. Por lo que, se observa una reducción del consumo de alimento y el

aumento de las necesidades de energía de mantenimiento junto con una disminución de la inmunidad que puede conducir a un crecimiento pobre, mayor susceptibilidad a la enfermedad, y en extremo ocasionar la muerte (Coleen y Heinrichs, 2013).

CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que las becerras sufren de estrés calórico. Como consecuencia de esto, pueden enfermar y llega a ocasionar la muerte. Se requiere más investigación para entender la interacción que tiene el estrés calórico en las becerras con la nutrición, sistemas de alojamiento, lluvia y radiación.

BIBLIOGRAFIA

- Broucek, J., P. Kisac, y M. Uhrincat. 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *Int. J. Biometeorol.* 53:201-208.
- Coleen, J. y Heinrichs, J. 2013. Heat Stress in Dairy Calves. The Pennsylvania State University. [en línea]<<http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/calves/feeding/heat-stress-in-dairy-calves>>. 2-5.
- 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.
- Organización Mundial de la Salud. 2003. Salud Ambiental. Campo de la Complejidad Ambiental. [en línea]<http://www.Manizales.unal.edu.co/modules/un_rev_ideas_Amb/documentos/IA_edicion2.Art15.pdf>.
- Roca, C. A. J. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Espanciencia.* 2(1):15-25.
- Souza, M. I. L, Uribe-Velásquez, L. F., Ramos, A. A. y Oba, E. 2006. Níveis plasmáticos de colesterol total, lipoproteínas de alta densidad (HDL) e cortisol, e sua biorritmicidade, em carneiros Ideal-Polwarth. *Cien Anim Bras.* 7(4):433-8.

EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y TIEMPO DE MEZCLADO DE CINCO SUSTITUTOS LÁCTEOS COMERCIALES

Ramiro González Avalos^{1*}, Norma Leticia Corchado Rivas¹, Rafael Ávila Cisneros¹, Blanca Patricia Peña Revuelta¹ José González Avalos²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. *e-mail: jalisorga@gmail.com

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

INTRODUCCION

Todo sustituto lácteo suministrado a las becerras debe de ser lo más similar posible a la leche, para esto debemos de tener en cuenta las cantidades de proteína, grasas, carbohidratos, minerales, vitaminas, es decir, todas las necesidades nutricionales que el animal necesita, para lograr un buen desarrollo. Debemos de tomar en cuenta las necesidades nutricionales que nos recomienda la NRC, para que las becerras tengan un adecuado crecimiento, de acuerdo a la cantidad de nutrientes que estamos ofreciendo (Guerrero, 2013).

Las fórmulas que se elaboraban solían tener un alto contenido de leche descremada en polvo, pero también se les incorporaba suero seco y mantequilla, posteriormente se empezaron a usar ingredientes diferentes como harina de carne, harina de soya, levaduras de cerveza, concentrados solubles de pescado y harina de trigo. En los años 80's se aumentó la utilización de materias primas alternativas gracias al desarrollo de la tecnología, se comenzaron a utilizar especialmente los subproductos de soya. Con el uso de estos subproductos se solucionaron aportes de la proteína y ya a principios de los 90's se desarrollaron sofisticados procesos de incorporación de las grasas y se empezaron a utilizar materias primas como aceite de coco y pescado (Moreno, 2004).

Se sigue viendo afectada la industria de sustitutos lácteos debido a los cambios de producción que ocurren tanto en los predios lecheros como en la manufacturación de la industria que procesa los mismos (Garzón, 2007). Todo buen sustituto lácteo deberá ser soluble en agua, poseer una digestibilidad de un 90-95% y un adecuado contenido de aminoácidos esenciales, además deberá de contar con un porcentaje de proteína que oscila entre el 25%, 15% de grasas, 53% de carbohidratos y un 7% de cenizas (Garzón, 2008). Los reemplazadores de leche deberán de contener al menos el 20% de una proteína de calidad, que en su mayoría será de origen vegetal. Un buen sustituto lácteo baja los costos y además evita transmisión de enfermedades de las vacas a sus crías y tendrá una alta vida de anaquel (Carvajal y Cedeño, 2010).

Para determinar la calidad de los sustitutos lácteos se han empleado métodos como la coagulación de renina. Esta prueba consiste en la adición de renina que al reaccionar con la caseína produce un coágulo, a mayor firmeza de éste mejor calidad posee en sustituto lácteo. Otro método es la medición de fibra cruda (FC), que es proporcional al contenido de proteína de origen vegetal del sustituto lácteo. De acuerdo a ello existen 3 calidades, la primera de 0 a 0.15% de FC, sin proteínas vegetales; la segunda, de 0.15 a 0.5% de FC, contenido bajo o moderado y la tercera sobre un 0.5% de FC, alto contenido de proteínas vegetales (Quigley, 1998).

La evaluación más sencilla para un sustituto, es revisar el color: el sustituto debe tener un color amarillo-crema. Colores anaranjados pueden evidenciar daño por calor durante la fabricación. El polvo debe estar libre de grumos y de cuerpos extraños. Olor a quemado o a caramelo puede indicar daño por calor. Olores a pintura, pasto o gasolina indican rancidez de la grasa. Otros como sabor avinagrado también indican alteraciones serias en la calidad (Drackley, 1999).

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación bromatológica y el tiempo de mezclado de cinco sustitutos lácteos comerciales.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 01 de diciembre del 2015 al 01 de febrero del 2016, en el laboratorio de bromatología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, en la ciudad de Torreón, Coahuila; se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los paralelos 25° 42' y 24° 48' de latitud norte; los meridianos 103° 31' y 102° 58' de longitud oeste (INEGI, 2009).

Se utilizaron cinco sustitutos lácteos comerciales de los cuales se obtuvo una muestra para su análisis bromatológico en el laboratorio. Se utilizó agua para mezclar los sustitutos a diferentes temperaturas de 38, 39, 40 y 41°C, a una concentración de 125, 140, 150 y 160 gramos/litro respectivamente. La variable a medir fue: tiempo de mezclado.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se observan los resultados de los análisis bromatológicos de los sustitutos lácteos utilizados en el presente estudio. Se observa una variación del 20% hasta un 25%, en lo que respecta a proteína; no se realizó el análisis para determinar el tipo de proteína (animal o vegetal). En relación a la grasa se observó desde un 10% a 20%.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de cinco sustitos de leche.

Componentes	Sustitutos				
	1	2	3	4	5
Proteína	20%	24%	25%	22%	22%
Grasa	20%	10%	10%	15%	12%
ELN	46.8%	50.5%	50%	52.9%	53%
Fibra	0.15%	1.5%	2%	1%	1%
Cenizas	8%	8%	8%	6%	7%
Humedad	6%	6%	5%	4%	5%

La BAMN (2008) hace mención que el nivel de proteína en los sustitutos lácteos varía desde un 18% a 30% y respecto a la grasa de un 10% a 28%; siendo los de 18% a 22% los más comunes. Dado que la grasa es la fuente de energía más concentrada, el contenido de grasa de sustituto de leche será responsable de la mayor parte de la diferencia en los niveles de energía. Las fuentes de grasa deben ser altamente digestibles para el ternero joven y en conserva con un antioxidante para prevenir la rancidez. El crecimiento de las crías y el rendimiento está relacionado con un gran número de factores y los diferentes niveles de proteína y grasa interactúan. El crecimiento está regulado por la ingesta diaria de proteínas y energía; por lo tanto, diferentes niveles de alimentación también afectará el rendimiento.

En relación a los resultados obtenidos para el tiempo de mezclado (Cuadros 2, 3, 4 y 5) se observó el tiempo que tardaron para homogenizar y emulsificar cada uno de ellos, teniendo una varianza de relación al tiempo según las concentraciones que se manejaron. La concentración de 125 g/L presento una varianza de 54" como mínimo y de 5' 07" como máximo, la de 140 g/L 1' 12" mínimo, 3' 49" máximo, 150 g/L 54" mínimo y 3' 56" máximo, la última concentración de 160 g/L presento la varianza de 56" mínimo y 2' 45" máximo.

Cuadro 2. Tiempo de mezclado de los sustitutos de leche a una concentración de 125 g/L.

Temperatura	Sustitutos				
	1	2	3	4	5
38 °C	5' 07"	4' 09"	2' 05"	1' 40"	1' 40"
39 °C	3' 11"	3' 26"	2' 30"	1' 30"	1' 28"
40 °C	2' 31"	2' 22"	2' 15"	1' 18"	1' 29"
41 °C	1' 54"	2' 47"	1' 58"	1' 34"	1' 13"
42 °C	1' 21"	2' 58"	1' 30"	54"	1' 20"

Cuadro 3. Tiempo de mezclado de los sustitutos de leche a una concentración de 140 g/L.

Temperatura	Sustitutos				
	1	2	3	4	5
38 °C	2' 16"	3' 49"	2' 28"	1' 40"	1' 16"
39 °C	1' 45"	2' 50"	2' 24"	1' 19"	1' 18"
40 °C	1' 28"	2' 41"	1' 45"	1' 17"	1' 20"
41 °C	1' 52"	2' 54"	1' 27"	1' 12"	1' 13"
42 °C	1' 37"	2' 19"	1' 40"	1' 25"	1' 17"

Cuadro 4. Tiempo de mezclado de los sustitutos de leche a una concentración de 150 g/L.

Temperatura	Sustitutos				
	1	2	3	4	5
38 °C	1' 27"	3' 56"	2' 35"	1' 25"	1' 40"
39 °C	1' 03"	3' 44"	2' 41"	1' 17"	1' 32"
40 °C	54"	3' 01"	2' 10"	1' 32"	1' 24"
41 °C	1' 19"	3' 26"	1' 40"	1' 28"	1' 20"
42 °C	1' 15"	2' 45"	1' 48"	58"	1' 13"

Cuadro 5. Tiempo de mezclado de los sustitutos de leche a una concentración de 160 g/L.
Sustitutos

Temperatura	Sustitutos				
	1	2	3	4	5
38 °C	1' 16"	1' 36"	3' 11"	1' 32"	2' 03"
39 °C	1' 28"	1' 25"	2' 45"	1' 01"	1' 42"
40 °C	1' 55"	56"	2' 31"	1' 06"	1' 41"
41 °C	1' 09"	1' 18"	2' 01"	1' 18"	1' 36"
42 °C	1' 23"	1' 19"	1' 48"	1' 30"	1' 22"

En el presente estudio los resultados difieren de lo reportado por Sepúlveda (1977) y Hutjeas (1985) donde reportan que la preparación de los sustitutos de leche se realiza con agua caliente a 50 °C aproximadamente, con 125 g para poder disolver el polvo mediante agitación y presentar el producto en solución, a esta temperatura los ingredientes sufren cambios en su composición. Por el contrario los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Lanuza (2006) quien estableció que la preparación ideal de los sustitutos lácteos debe de ser con una concentración de 140 g/L, a una temperatura que no sobrepase los 40-45 °C esto para evitar modificaciones en cuanto a su estructura química.

Es importante considerar la temperatura del agua al momento de mezclar el sustituto, así como el tiempo de mezclado del mismo, estos factores pueden afectar la digestibilidad y por consiguiente el desarrollo óptimo de las becerras.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que el sustituto 1 se mezcla con mayor facilidad y presenta menor sedimentación. Además se observó que para obtener una excelente preparación del mismo la temperatura es de 42°C.

BIBLIOGRAFIA

- Bovine Allinace on Management & Nutrition (BAMN). 2008. A guide to calf milk replacers. Types, Use and Quality. *AFIA Publications*. 2101 Wilson Blvd, suite 916. Arlington, Virginia 22201. Printed in USA.
- Carvajal, A. G. M., y C, J. J. Cedeño. 2010. Efecto de los lactoremplazadores Biomilk® y Sprayfo Rojo ® sobre la ganancia de peso en terneros. Tesis licenciatura. Universidad Zamorano. Zamorano, Honduras. Pp 1-15
- Drackley, J. K. 1999. Nutritional management of the transition cow. *J. Dairy. Sci.* 82 (11):2259-2273.
- Garzón, Q. B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 5:1-39.

- Garzón, Q. B. 2008. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros [en línea]. <<http://www.produccion-animal.com.ar/>> [Consulta: 12 de enero de 2017]
- Guerrero, A. D. M. 2013. Evaluación del uso de un producto a base de harina de soya y maíz como sustituto de leche en la crianza de terneros. Tesis licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.:1-43.
- Lanuzza, A. F., 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Boletín INIA. 140: 1-20.
- Hutjens, M. F. 1985. Nutritional management of calves. Rev. Mod. Vet. Pr. 66 (7):451-454
- 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.
- Quigley, J. D., Fike, D. L., Egerton, M. N., Drewry, J. J. y Arthington, J. D. 1998. Effects of a colostrum replacement product derived from serum on immunoglobulin G absorption by calves. J Dairy Sci. 81:1936-1939.
- Sepúlveda, A. 1977. Crianza artificial de terneros. Boletín informativo. Chillan, Chile. 7(4):5-8.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NNP SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO AMONIAL Y UREICO EN CABRAS ALIMENTADAS CON SOCA DE SORGO

Patricia Rivera Salmerón, J. Santos Serrato Corona y Edmundo Castellanos Pérez

Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango
Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo km 35 Ej. Venecia, Dgo. Mex.
paty_rivera_88@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La baja disponibilidad de alimento es uno de los retos que enfrenta el hato caprino regional (276 886 cabezas; SAGARPA, 2013) por lo que los productores se ven obligados a utilizar los residuos de cosecha y forrajes nativos cuya calidad nutritiva es baja. Males (1987) reporta que es común encontrar menos de 6% de proteína, más de 60 % de FND y más de 40 % de FAD en esquimos agrícolas, por lo que el consumo y la digestibilidad de estos materiales es menor a 55 %. La suplementación proteica es necesaria para incrementar el consumo y la digestibilidad de estos forrajes. Las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como la urea son una buena alternativa alimenticia para rumiantes ya que es 100% degradable en rumen, y más económica que las fuentes de nitrógeno proteico (Soto y Reinoso, 2007). La urea está destinada a cubrir las necesidades de nitrógeno a nivel ruminal, sin embargo, su uso tiene límites, ya un exceso puede afectar el consumo voluntario de los alimentos (Obispo, 2005). Pardo et al. (2008) midieron el efecto del suplemento con proteína en forma de NNP y energía sobre el contenido de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre, el tratamiento con mayor adición de urea y sin azúcar presentó los valores más altos de amoniaco ruminal y nitrógeno ureico en sangre, las concentraciones aumentaron al adicionar urea a la ración, sin embargo a cantidades iguales de urea los niveles fueron menores como consecuencia de la adición de azúcar. Por lo que se realizó un estudio para evaluar el efecto de la suplementación con diferentes niveles de NNP sobre la concentración de nitrógeno ureico y amoniacal en cabras en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango que se encuentran en el ejido Venecia, Durango, perteneciente al Municipio de Gómez Palacio, ubicado en el km 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. 25°46'56" Latitud N; 103°21'02" Longitud W, con una altitud 1110 msnm (INEGI, 2016). El periodo experimental tuvo una duración de 60 días. Se utilizaron 15 cabras en crecimiento encastadas

de Alpino Francés con un peso promedio de 13.3 ± 2.2 kg. Las cabras se asignaron aleatoriamente en uno de cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones a los cuatro grupos se les ofreció soca de sorgo como dieta base al 2.2% de su peso vivo en base a materia seca. La soca de sorgo y los suplementos se ofrecieron de forma individual diariamente a las 07:00 h. Para determinar el consumo de soca de sorgo se agregó un excedente del 10% al consumo del día anterior pesando el alimento ofrecido y rechazado diariamente. Se ofrecieron 150 g de suplemento diario por cabra. Los tratamientos consistieron en ofrecer 3 niveles de NNP en forma de urea en el suplemento. El grupo control (CON) con 0% de la proteína degradable como NNP, el segundo grupo recibió el suplemento con 15% de la proteína degradable como NNP (BNNP), el tercero recibió el suplemento con 30% de la proteína degradable como NNP (MNNP) y el cuarto recibió el suplemento con 45% de la proteína degradable como NNP (ANNP).

El último día del periodo experimental se realizó un muestreo de sangre mediante la punción de la vena yugular utilizando tubos con vacío de 7 ml de capacidad, la primera muestra se tomó antes de ofrecer el suplemento (0 h), las muestras restantes se obtuvieron a intervalos de 1 hora por seis horas después de haber consumido el suplemento (1, 2, 3, 4, 5 y 6 h). Las muestras se centrifugaron dentro de la primera hora post-colección a una velocidad de $3500 \times g$ por 20 minutos a temperatura ambiente, se recolectó el suero y se almacenó a una temperatura de -20 °C para posteriormente realizar la determinación de concentración de nitrógeno ureico por espectrofotometría.

En tres cabras por tratamiento se extrajeron 10 ml de líquido ruminal por medio de una sonda esofágica para determinar la concentración de nitrógeno amoniacal. Las muestras se obtuvieron con intervalos de tiempo de 1.5 h por seis horas. La primera muestra se tomó antes de ofrecer el suplemento (0 h) y después de consumir el suplemento se tomaron a las 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 h. Las muestras se filtraron a través de una gasa con cuatro dobleces, el líquido se colocó en tubos cónicos de plástico de 15 ml, el cual se acidificó con 0.2 ml de ácido clorhídrico al 50%. Las muestras se almacenaron en congelación a -20 °C hasta su posterior análisis. Las variables concentración de nitrógeno amoniacal en líquido ruminal y de nitrógeno ureico en sangre se analizaron mediante un análisis en medidas repetidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P = 0.18$) en cuanto a la concentración promedio de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 1 la concentración de nitrógeno amoniacal tuvo una tendencia a la alta conforme se

aumentó el nivel de NNP en el suplemento, las cabras que recibieron el suplemento ANNP mostraron la mayor concentración de nitrógeno amoniacal (10.3 mg.dL^{-1}), mientras que las cabras del grupo CON registraron la menor concentración (7.4 mg.dL^{-1}).

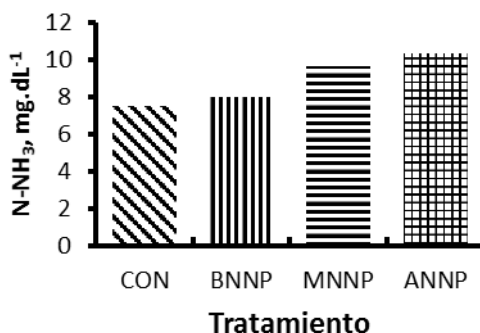


Figura 1. Concentración promedio de nitrógeno amoniacal de cabras en crecimiento alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

Esto es porque la urea en el rumen se hidroliza rápidamente y se convierte en amoniaco, por lo que la concentración de amoniaco en el rumen puede aumentar considerablemente (Cardona, 2008). La concentración de nitrógeno amoniacal parece ser adecuada para la población microbiana del rumen ya que varios autores sugieren valores entre $5\text{-}8 \text{ mg.}100 \text{ ml}^{-1}$ necesarios para la síntesis de proteína (Obispo, 2005).

En cuanto a la concentración de nitrógeno a través del tiempo se observa una mayor concentración de nitrógeno amoniacal ($P = 0.0001$) en las cabras que recibieron los niveles altos de nitrógeno no proteico en el suplemento comparadas con las cabras que se suplementaron con niveles bajos de nitrógeno no proteico a las 1.5 y 3.0 h después de la suplementación. En la Figura 2 se puede observar que a la hora 1.5 el CON fue diferente del tratamiento MNNP ($P = 0.01$) y del ANNP ($P = 0.003$); al igual que el tratamiento BNNP también fue diferente del tratamiento ANNP ($P = 0.02$); a la hora 3.0 los tratamientos se comportaron de forma similar a la hora anterior donde el CON fue diferente del tratamiento MNNP ($P = 0.02$) y ANNP ($P = 0.004$), al igual que el tratamiento BNNP fue diferente del tratamiento ANNP ($P = 0.04$). Se observa que todas las cabras tenían una menor concentración de nitrógeno amoniacal a la hora 0, en todas las cabras suplementadas la mayor concentración de nitrógeno amoniacal en liquido ruminal se observó a la hora 1.5, después de esa hora la concentración decayó. Pardo *et al.* (2008) encontraron mayores contenidos de amoniaco ruminal en los niveles más altos de inclusión de urea en el suplemento, donde se muestra la dependencia de los niveles de nitrógeno en rumen con el contenido de proteína de la dieta.

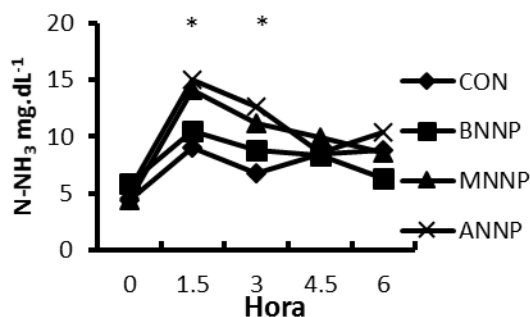


Figura 2. Concentración de nitrógeno amoniacal a través del tiempo en cabras en crecimiento alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

En cuanto a la concentración promedio de nitrógeno ureico en la Figura 3 se puede observar que entre el tratamiento CON y el MNNP hubo diferencia ($P = 0.04$), donde las cabras que recibieron el MNNP mostraron una concentración de nitrógeno ureico mayor con un promedio de 30.7 mg.dl^{-1} , seguida por ANNP con una concentración de 25.1 mg.dl^{-1} , el BNNP con 23.3 mg.dl^{-1} y por último el CON con 21.5 mg.dl^{-1} . Mostrando mayores niveles de N-ureico en las cabras suplementadas con NNP, debido a que el NNP es rápidamente degradado por los microorganismos del rumen, el NH_3 liberado en el rumen que no puede ser fijado por los microorganismos por lo que se absorbe al torrente sanguíneo. Los resultados están cercanos al límite superior del rango fisiológico reportado por Dukes (1995) y Morros (1967) el cual es $13\text{-}28 \text{ mg.dl}^{-1}$ en caprinos.

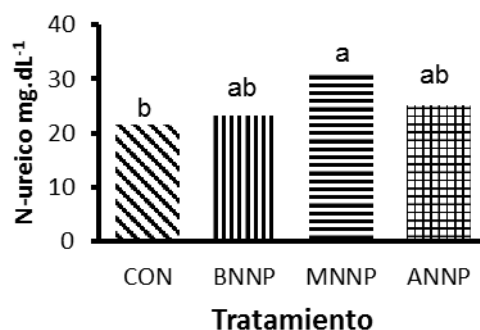


Figura 3. Concentración promedio de nitrógeno ureico de cabras en crecimiento alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

En cuanto a la concentración de nitrógeno ureico a través del tiempo en la Figura 4 se observan diferencias en las concentraciones a las horas 2, 3 y 5. Al medir el efecto de cada tratamiento a través de las distintas horas se observa que no hubo diferencia entre los tratamientos CON, BNNP Y ANNP, pero si entre estos y el tratamiento MNNP, que fue el que tuvo la mayor

concentración de N-ureico. Algunos estudios realizados muestran estrecha relación entre las concentraciones de amonio ruminal y las concentraciones de urea en sangre (Pardo *et al.*, 2008), aunque aquí se esperaba algo parecido con el nitrógeno amoniacal no sucedió así, ya que la concentración máxima de N-ureico fue en el MNNP y no en el ANNP el cual contenía más NNP. Silanikobe (2000) menciona que las fuentes de nitrógeno no proteico se fermentan rápidamente en el rumen y que la asimilación efectiva del amoniaco por los microorganismos del rumen se lleva a cabo cuando se dispone de una fuente de energía soluble. Es probable que el mayor contenido de melaza en el tratamiento ANNP haya incrementado el nivel de energía soluble lo que posiblemente estimuló la asimilación de nitrógeno amoniacal en el rumen generando una menor concentración de nitrógeno ureico en la sangre.

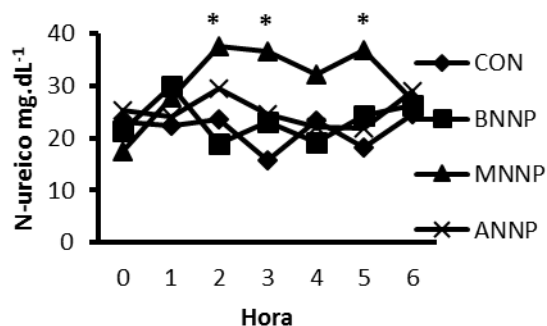


Figura 4. Concentración de nitrógeno ureico a través del tiempo en cabras en crecimiento alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

CONCLUSIONES

Los indicadores del metabolismo del nitrógeno, la disponibilidad de nitrógeno para los microbios del rumen y la concentración de nitrógeno en la sangre sugieren que se puede incluir hasta 30% del nitrógeno del suplemento como NNP o hasta el 45% siempre y cuando se incremente el nivel de melaza en el suplemento, sin que se afecte el comportamiento productivo de cabras en crecimiento alimentadas con forraje de baja calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, J. Z. 2008. Comportamiento de Toretos Alimentados con Rastrojo y Punta de Caña, Complementados con Bloques Multinutricionales de Melaza-Urea y Maíz Molido. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán. pp. 37
- Dukes, H. H. 1995. The Physiology of domestic animals. 7th edition. Comstock publishing Associates. ITHACA, New York. P. 49
- INEGI. 2016. Google earth plus (Plataforma Geoespacial).
- Males, J. R. 1987. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. J. Anim. Sci. 65:1124.

- Morros, S. J. 1967. Elementos de fisiología. 9ª edición. Editorial Científico-Médica. Madrid, España. P. 385.
- Obispo, N. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. Revista Digital CENIAP HOY Número 8, mayo-agosto 2005. Maracay, Aragua, Venezuela.
- Pardo, O., Carulla, J. E. y Hess, H. D. 2008. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21(3):387-397.
- SAGARPA. 2013. Suplemento especial. Resumen económico anual de la Comarca Lagunera, Siglo de Torreón. Comarca Lagunera.
- Silanikobe, N. 2000. The physiological basis of adaption in goats to harsh environments. Small Ruminants Research. (35):181-194.
- Soto, C. y Reinoso, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. Rev. Soc. Vet. Del Uruguay (Montevideo). 42(167):27-34.

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE SOCA DE SORGO EN CABRAS SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES NITRÓGENO NO PROTEICO

Patricia Rivera Salmerón, J. Santos Serrato Corona y Edmundo Castellanos Pérez

Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango
Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo km 35 Ej. Venecia, Dgo. Mex.
paty_rivera_88@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El inventario de cabras en la Comarca Lagunera es de 276,886 (SAGARPA, 2013). Una de las principales limitantes en la alimentación del ganado caprino es la baja disponibilidad de forraje por lo que los productores se ven obligados a utilizar los residuos de cosecha y forrajes nativos cuya calidad nutritiva es baja. Males (1987) reporta que es común encontrar menos de 6% de proteína, más de 60 % de FND y más de 40 % de FAD en esquimos agrícolas, por lo que el consumo y la digestibilidad de estos materiales es menor a 55 %. La suplementación proteica es necesaria para incrementar el consumo y la digestibilidad de estos forrajes. Las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como la urea son una buena alternativa alimenticia para rumiantes ya que es 100% degradable en rumen, y más económica que las fuentes de nitrógeno proteico (Soto y Reinoso, 2007). La urea es utilizada para cubrir las necesidades de nitrógeno a nivel ruminal, sin embargo, su uso tiene límites, ya un exceso puede afectar el consumo voluntario de los alimentos (Obispo, 2005). Medina et al. (2008) midieron el efecto de la suplementación de sorgo adicionado con urea-melaza-azufre, semilla de algodón y harina de pescado, los efectos fueron similares entre tratamientos en cuanto a consumo y producción de leche, la utilización de la urea acompañada por melaza se comportó a la par de los demás suplementos, asumiendo que el uso de NNP puede ser similar al NP, con excepción del cambio de peso donde los otros suplementos superaron a la urea-melaza. Por lo que se realizó un estudio para evaluar el efecto de la suplementación con diferentes niveles de NNP sobre la digestibilidad aparente de la soca de sorgo en cabras en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango que se encuentran en el ejido Venecia, Durango, perteneciente al Municipio de Gómez Palacio, ubicado en el km 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. 25°46'56" Latitud N; 103°21'02" Longitud W, con una altitud 1110 msnm (INEGI, 2016). El periodo experimental se inició el 19 de mayo del 2015 y se terminó el 17 de Julio del 2015. Se utilizaron

15 cabras en crecimiento encastadas de Alpino Francés con un peso promedio de 13.3 ± 2.2 kg, las cuales permanecieron en confinamiento durante todo el periodo experimental en corraletas individuales. Las cabras se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, a los cuatro grupos se les ofreció soca de sorgo como dieta base al 2.2% de su peso vivo en base a materia seca. La soca de sorgo y los suplementos se ofrecieron de forma individual diariamente a las 07:00 h. El consumo de soca de sorgo se determinó ofreciendo un excedente del 10% al consumo del día anterior pesando el alimento ofrecido y rechazado diariamente. Se ofrecieron 150 g de suplemento diario por cabra. Los tratamientos consistieron en ofrecer 4 niveles de NNP en forma de urea en los suplementos. El primer grupo control (CON) con 0% de la proteína degradable como NNP, el segundo grupo recibió el suplemento con 15% de la proteína degradable como NNP (BNNP), el tercero recibió el suplemento con 30% de la proteína degradable como NNP (MNNP) y el cuarto recibió el suplemento con 45% de la proteína degradable como NNP (ANNP). El cambio de peso corporal se determinó pesando las cabras dos días consecutivos a la misma hora al inicio y al final del periodo experimental.

En los últimos 5 días del periodo experimental se determinó la digestibilidad de los nutrientes de la soca de sorgo, la cual se determinó utilizando la técnica de recolección total de heces y orina, utilizando bolsas recolectoras con arneses. Las bolsas recolectoras se recubrieron internamente con bolsas de plástico para evitar la pérdida de orina por filtración. Los muestreos se realizaron cada 12 horas, se registró la producción total de heces y se tomó una sub-muestra del 10% del peso total, dichas sub-muestras se almacenaron en congelación a una temperatura de -20 °C. Para realizar los análisis de materia seca, cenizas, FAD, FND y proteína, se elaboraron muestras compuestas por cabra. Las variables de consumo de alimento, cambio de peso vivo y digestibilidad de los nutrientes de la soca de sorgo se analizaron mediante un análisis de varianza de acuerdo con un diseño completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cambio de peso vivo fue similar ($P = 0.81$) en las cabras suplementadas, se evidenció que la urea puede sustituir un porcentaje importante del nitrógeno de la dieta sin detrimento de la respuesta animal. Las cabras que mostraron una mayor ganancia de peso fueron las del tratamiento CON registrando una ganancia diaria de 69.1 g el cual no contenía NNP, seguido por el MNNP con una ganancia de 62.4 g, BNNP ganancia de 61.5 g y ANNP 60.4 g. Duarte (1996) encontró algo similar ya que al aumentar el nivel de NNP en el suplemento (15%, 25% y 35%) la ganancia de peso disminuyó.

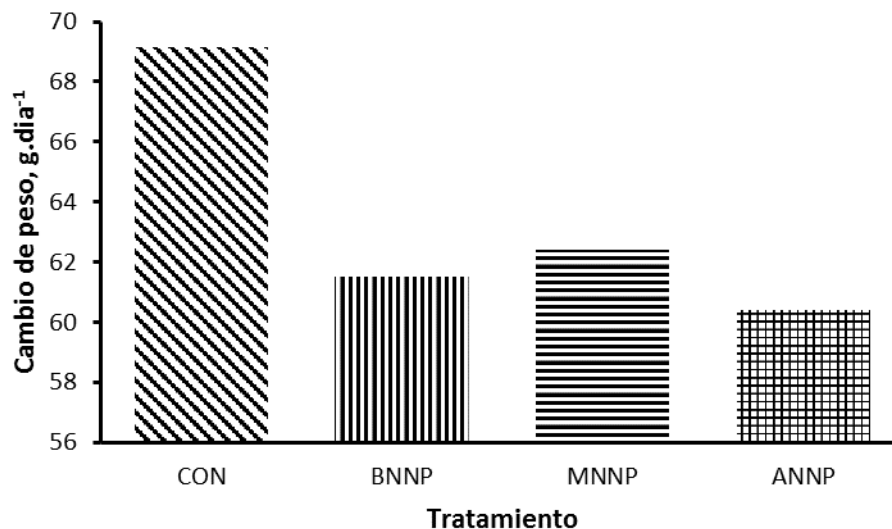


Figura 1. Cambio de peso en cabras alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

El consumo de materia seca no mostró diferencia significativa ($P = 0.49$) entre los tratamientos. Como se muestra en el Cuadro 1 el tratamiento que registró numéricamente mayor consumo de MS fue el ANNP, seguido del MNNP, CON, BNNP, respectivamente. Estos resultados indican que hay un efecto favorable de la inclusión de urea en sustitución de las fuentes de nitrógeno proteico. Ojeda y Cáceres (2002) obtuvieron resultados similares al incluir una fuente de NNP en el suplemento, ya que al aumentar el nivel de NNP el consumo de MS fue en aumento. Se observa que el consumo, excreción y retención de MS, MO, FAD, FND no fue diferente entre tratamientos. Sin embargo, el consumo de proteína si fue diferente entre tratamientos ($P=0.0001$), donde el mayor consumo de proteína se encontró en el tratamiento CON teniendo una tendencia a la baja conforme se aumentó el NNP en el suplemento. Se puede observar que, aunque la retención de MS no fue diferente entre tratamientos ($P = 0.78$), numéricamente la mayor retención de MS se obtuvo en los niveles más altos de inclusión de la urea, ANNP y MNNP. Un comportamiento similar se observó con la retención de FND ($P = 0.58$), la retención de FAD ($P = 0.55$), la retención de MO ($P=0.70$) aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas se pudo observar que al aumentar el nivel de NNP también aumento el nivel de retención de estos componentes. En lo que respecta a la retención de proteína, se encontraron diferencias altamente significativas ($P = 0.01$) entre los diferentes tratamientos, donde la mayor retención de proteína se registró en el CON, seguido por BNNP, MNNP y finalmente ANNP, mostrando una tendencia a la baja de retención de proteína (N) conforme se fue aumentando el nivel de NNP en el suplemento, donde se asume que al

adicionar urea al suplemento esta fue rápidamente convertida a amoniaco lo que pudo haber ocasionado que se produjera más amoniaco de lo necesario, el cual se absorbió al torrente sanguíneo y se eliminó por medio de la orina, ya que la degradación de la urea es más rápida a la captación del amoniaco por los microorganismos. Al igual que Galina *et al.* (2002) quienes también encontraron mayor retención de N en los animales suplementados con un concentrado (73.5 g.día⁻¹) que en los suplementados con la inclusión de NNP (59.9 g.día⁻¹).

Cuadro 1. Retención de los diferentes componentes en la dieta en cabras alimentadas con soca de sorgo y suplementadas con diferentes niveles de NNP.

Concepto	Tratamiento ¹				P
	CON	BNNP	MNNP	ANNP	
Consumido (g)					
MS	527.60	521.17	535.01	573.96	0.49
MO	464.28	459.00	470.63	504.55	0.49
FND	310.75	318.73	329.30	361.25	0.26
FAD	203.93	206.33	216.91	239.70	0.23
Proteína	50.54 ^a	45.13 ^b	43.36 ^{bc}	41.30 ^c	0.0001
Excretado (g)					
MS	283.24	278.17	252.02	290.20	0.76
MO	214.79	214.57	193.68	217.21	0.81
FND	185.50	190.31	175.27	194.81	0.83
FAD	136.87	135.64	125.15	142.73	0.77
Proteína	10.90	10.23	10.09	11.79	0.83
Retención (g)					
MS	244.36	243.00	282.99	283.77	0.78
MO	249.50	244.43	276.96	287.33	0.70
FND	125.26	128.41	154.03	166.45	0.58
FAD	67.06	70.69	91.76	96.98	0.55
Proteína	39.64 ^a	34.90 ^{ab}	33.27 ^b	29.50 ^b	0.01

¹Tratamiento: CON= 0 % de la PDR como NNP; BNNP=15 % de la PDR como NNP; MNNP= 30 % de la PDR como NNP; ANNP= 45 % de la PDR como NNP. Se ofrecieron 150 g.animal.día⁻¹ de suplemento.

^{abc} hileras con literales diferentes, difieren a la probabilidad indicada.

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se concluye que la suplementación con urea no estimula el consumo ni la utilización de los componentes fibrosos del esquilmo de sorgo forrajero. El consumo y retención de nitrógeno disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de NNP en el suplemento. En general la alimentación con soca de sorgo acompañada de una

suplementación hasta un 30% de la proteína en forma de urea puede satisfacer las necesidades de nitrógeno ruminal sin afectar el comportamiento productivo de cabras en crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Duarte, V., Magaña, C. y Rodríguez, G. 1996. Respuesta de Toretas en Engorda a la Adición de Tres Niveles de Pollinaza a Dietas Integrales. *Livestock Research for Rural Development*. 8(2) 6-12.
- Galina, M. A., Ruiz, G. y Ortiz, M. A. 2002. Ceba de bovinos con punta de caña y planta de maíz suplementados con bloque proteico de urea o concentrado. *Pastos y Forrajes*, 25(3). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Departamento de Ciencias Pecuarias.
- INEGI. 2016. Google earth plus (Plataforma Geoespacial).
- Males, J. R. 1987. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 65:1124.
- Medina, P., Mejía, S., Martínez, R. y Sánchez, L. 2008. Efecto de la suplementación con ensilaje de millo adicionado con urea-melaza-azufre, semilla de algodón y harina de pescado sobre la producción de leche en vacas doble propósito durante la época seca en el Valle del Sinú. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 9(1), 81-87.
- Obispo, N. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. *Revista Digital CENIAP HOY* Número 8, mayo-agosto 2005. Maracay, Aragua, Venezuela.
- Ojeda, F. y Cáceres, O. 2002. Principales avances en la utilización de los subproductos agroindustriales. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes* Vol. 25, No. 1.
- SAGARPA. 2013. Suplemento especial. Resumen económico anual de la Comarca Lagunera, Siglo de Torreón. Comarca Lagunera.
- Soto, C. y Reinoso, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. *Rev. Soc. Vet. del Uruguay* (Montevideo). 42(167):27-34.

DETERMINACION DE LOS NIVELES PLASMATICOS DE PROGESTERONA EN CABRAS ALPINO-FRANCES SINCRONIZADAS CON CLOPROSTENOL

Rivas-Muñoz Raymundo¹, Carrillo-Castellanos Evaristo¹, Beltrán-Legaspi Jesús¹, Salazar-Sosa Enrique¹, Véliz-Deras Francisco Gerardo²

¹Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México, ² Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. rayrivasmuoz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Para sincronizar el ciclo estral durante la estación reproductiva en los pequeños rumiantes (ovejas y cabras; Whitley y Jackson, 2004), la mayoría de estos tratamientos son a base de progestágenos y se han aplicado solos o en combinación con eCG y hCG, (Abecia *et al.*, 2012; Wildeus, 2000). Sin embargo, en algunos países (Estados Unidos y Europa) la utilización de estas hormonas han sido restringidas porque tienen un efecto residual en los productos (carne y leche) obtenidos de estos animales; en detrimento de la salud pública (Simoës, 2015; Abecia *et al.*, 2011; Whitley y Jackson, 2004). Un método de fácil aplicación para la sincronización del ciclo en cabras es el uso de las prostaglandinas, causantes de la luteolisis y que por ende inducen la ovulación. Las prostaglandinas son rápidamente metabolizadas por el pulmón, además de no acumularse en los tejidos, siendo en una buena alternativa para eliminar el uso de las hormonas exógenas antes mencionadas (Omontese *et al.*, 2016). Además, dentro del manejo reproductivo se debe considerar es el bienestar animal, lo cual implica reducir el tiempo de trabajo con el hato, evitar enfermedades del tracto reproductivo y disminuir los costos de los tratamientos (Abecia *et al.*, 2011; Martemucci y D'Alessandro, 2010; Contreras-Solis *et al.*, 2009). Uno de los análogos de prostaglandinas más universalmente utilizados para propósitos veterinarios es el Cloprostenol, el cual es menos caro que la molécula natural. Actualmente se han aplicado una gran variedad de tratamientos y dosis con buenos resultados aplicando solo una dosis o dos a intervalos que van desde los 9 a los 14 días (Modu Bukar *et al.*, 2012; Vázquez *et al.*, 2010; Fernández-Moro *et al.*, 2008; Khanum *et al.*, 2006; González-Bulnes *et al.*, 2005; Medan *et al.*, 2005; Kusina *et al.*, 2001). Se ha demostrado que los niveles plasmáticos de progesterona disminuyen de manera muy rápida después de la aplicación de las prostaglandinas, estos niveles caen por debajo de 1 ng ml⁻¹ a partir de las 24 h después de la aplicación, pero existe poca información sobre la producción de progesterona en cabras y su comportamiento en los tratamientos con duración de 10 días o menos (Romano *et al.*, 2017; Maia *et al.*, 2017). Por lo antes mencionado, el objetivo de este trabajo fue determinar los niveles plasmáticos de progesterona y su relación con la presencia de celo y la ovulación en

cabras cíclicas de la raza Alpino-Francés de la Comarca Lagunera sincronizadas con Cloprostenol a un intervalo de 10 y 5 días, respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante los meses de octubre y noviembre del año 2015, en el Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado en la Comarca Lagunera de Coahuila, México (Latitud 26°23' N y longitud 104°47' W y de 1100 a 1400 msnm). Se utilizaron 20 cabras adultas cíclicas la raza Alpino-Francés (de 1 a 3 años de edad), divididas en dos grupos homogéneos ($n = 10$; $P > 0.05$) de acuerdo a su peso (PC) y condición corporal (CC). El grupo G5 contaba con 10, 45.9 ± 1.9 Kg de PC y 2.4 ± 0.2 unidades de CC; mientras que el Grupo G10 con 46.8 ± 1.7 kg de PC y 2.5 ± 0.1 unidades de CC. Las hembras de ambos grupos fueron alojadas por separado en corrales de 6 X 6 m, con una separación entre sí de por lo menos 60 m y alimentadas al 100% de sus necesidades de mantenimiento en base a materia seca, con heno de alfalfa (17% PC y 1.9 Mcal kg^{-1}) y concentrado comercial (100 g por cabra) durante todo el estudio. El agua y las sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso para ambos grupos.

Protocolos hormonales. La aplicación de la primera dosis de prostaglandina (0.2 ml; 160 μg de Cloprostenol) fue realizada en los 2 grupos el 27 de octubre. En relación a la fecha de la primera aplicación, el G5 recibió la segunda dosis 5 días después (1 de noviembre), mientras que 10 días después (6 de noviembre) para el G10.

Actividad Estral. A partir de la primera aplicación de prostaglandina y durante 19 días se detectó el celo dos veces al día durante 15 min (0800 y 1700 h), utilizando un macho sexualmente activo provisto de un mandil.

Actividad Ovárica y Diagnóstico de Gestación. El registro de la actividad ovárica (el momento de la ovulación, el crecimiento del cuerpo lúteo y su regresión) se efectuó diariamente durante 20 días en ambos grupos, mientras que el diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días después de la monta dirigida mediante ultrasonografía transrectal (Aloka SSD500 linear array; Overseas Monitor Corp. Ltd., Richmond, BC, Canada; Medan *et al.*, 2003).

Progesterona plasmática. Para determinar los niveles plasmáticos de progesterona se obtuvo una muestra de sangre diaria por hembra durante todo el estudio mediante radioinmunoensayo en fase sólida.

Análisis estadísticos. Para determinar la diferencia estadística entre las variables categóricas (porcentaje de cabras en estro y de gestación) se realizó una prueba de X^2 bajo el procedimiento de FREQ. Los niveles plasmáticos de progesterona (ng ml^{-1}) fueron analizados mediante un ANOVA con el procedimiento GLM (General Linear Model), en caso de encontrar significativo el modelo se utilizó la prueba LSD (Least Significant Difference) para determinar

diferencias entre los grupos experimentales. Para el análisis de todos los datos se utilizó el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de hembras en celo, de las hembras que ovularon y el promedio de cuerpos lúteos de las cabras en los grupos G5 y G10 después de la aplicación de la primera y segunda dosis de prostaglandinas fue similar ($P > 0.05$). La proporción de hembras en estro registrado después de la segunda aplicación de Cloprostenol en el G5 (60%) es similar a lo reportado en estudios realizados a intervalos de 9 a 11 días y donde la respuesta fue del 70 al 85% (Omontese *et al.*, 2016; Freitas *et al.*, 2004; Romano, 1998). Por otra parte en el G5, el 80% de las hembras ovuló después de la segunda aplicación y este resultado es similar al del G10 (60%, $P > 0.05$) y otros estudio similares (Al Yacoub *et al.*, 2011; Letelier *et al.*, 2011; Kusina *et al.*, 2001). El porcentaje de hembras que respondieron en el G10 después de la segunda aplicación de prostaglandinas fue menor a lo reportado en estudios similares, ya que en este grupo se registró un 20% de hembras que presentaron un ciclo de corta duración (de 5.5 d) antes de la segunda aplicación de prostaglandinas, lo cual se evidencia ya que alcanzaron niveles de P4 por encima de 1 ng ml^{-1} indicativo de que ovularon (Titi *et al.*, 2010). Por otra parte, este porcentaje de ciclos cortos coincide con lo reportado en otros estudios, donde el 30% de las cabras tratadas con Cloprostenol en protocolos de 10 días presentan ciclos cortos (Maia *et al.*, 2017). Los niveles plasmáticos de progesterona registrados en ambos grupos se muestran en la Figura 1; observándose que las hembras de ambos grupos responden después de las dos aplicaciones de prostaglandinas, disminuyendo de manera drástica sus niveles plasmáticos de P4 por debajo de 1 ng/ml , de manera similar a lo reportado por otros investigadores, donde determinaron que el cuerpo lúteo es sensible a la acción luteolítica de las prostaglandinas a partir del día 3 después de terminado el comportamiento de celo (Romano *et al.*, 2017). En el G10 la disminución de los niveles plasmáticos de P4 después de la primera aplicación alcanzó su nivel promedio más bajo a los 5 días (1.64 ng ml^{-1}), mientras que en el G5 disminuyeron hasta 0.68 ng ml^{-1} en tan solo 2 días, sin registrarse diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ambos grupos (Figura 1). Después de alcanzar su nivel basal, los niveles de P4 en el G5 se incrementaron hasta 3.36 ng/ml en los siguientes 3 días y disminuyeron hasta 0.80 ng ml^{-1} en respuesta a la segunda aplicación de prostaglandinas, observándose un comportamiento similar en el G10, en el que después de la primera aplicación de prostaglandina los niveles de P4 se incrementaron hasta un nivel promedio de 4.84 ng ml^{-1} , disminuyendo

hasta 0.81 ng ml^{-1} 24 h después de la segunda aplicación de prostaglandinas, existiendo diferencias significativas en diferentes días entre los grupos (Figura 1).

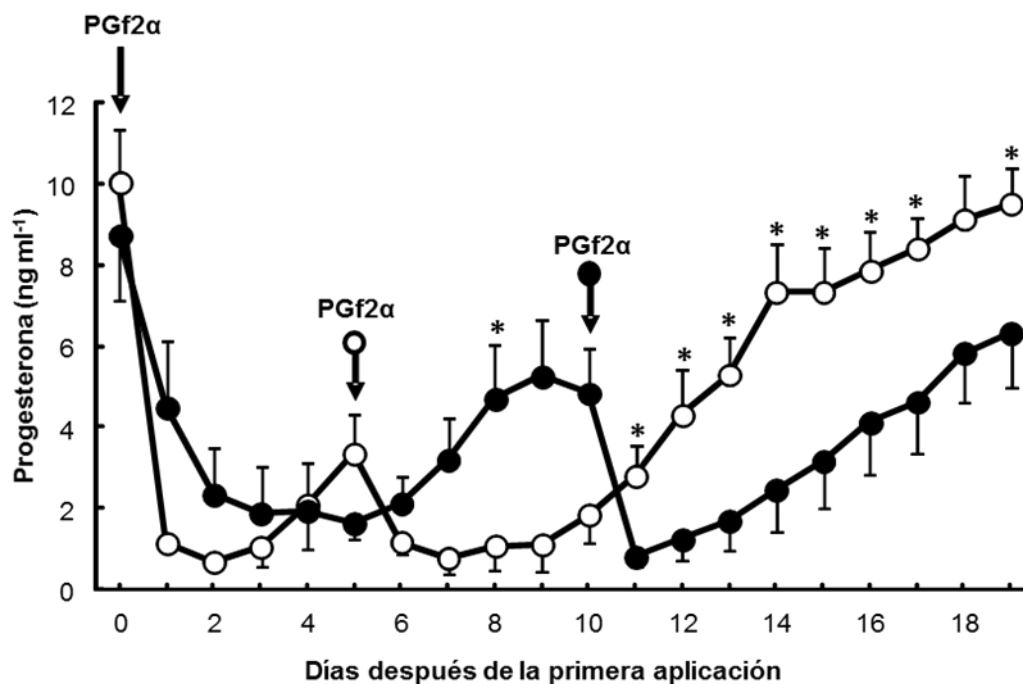


Figura 1. Concentraciones plasmáticas de progesterona (P4) en cabras Alpino-Francés de los grupos G5 (círculos blancos) y G10 (círculos negros) después de la aplicación de dos dosis de prostaglandinas ($160 \mu\text{g}$ de cloprostenol c/u), a un intervalo de 5 (G5) y 10 días (G10). El día 0 fue el momento de la aplicación de la primera dosis de prostaglandinas para ambos grupos. Los asteriscos indican los días en donde se registró diferencia estadística ($P < 0.05$).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que la aplicación de un protocolo de prostaglandinas (Cloprostenol) a un intervalo de 5 días en las cabras cíclicas de la raza Alpino-Francés, genera una buena respuesta en la proporción de las hembras que presentan actividad estral y esto es comprobado mediante los niveles plasmáticos de progesterona, los cuales son un indicativo de la proporción de hembras que ovularon y que posteriormente quedaron preñadas. Además, se confirma que utilizando un tratamiento de prostaglandinas de 5 días de sincronización, se evita al menos en un 20% la presencia de ciclos estrales de corta duración

BIBLIOGRAFÍA

Abecia, J.A.; Forcada, F.; Gonzalez-Bulnes, A. 2011. Pharmaceutical Control of Reproduction in Sheep and Goats. *Vet. Clin. Food Anim.* 27, 67–79.

- Abecia, J.A.; Forcada, F.; Gonzalez-Bulnes, A. 2012. Hormonal Control of Reproduction in small Ruminant. *Animal Reproduction Science*. 130: 173–179.
- Al Yacoub, A.N.; Gaulty, M.; Sohnrey, B.; Holtz, W. 2011. Fixed-time deep uterine insemination in PGF_{2α} -synchronized goats. *Theriogenology*. 76, 1730–1735.
- Contreras-Solis, I. Vazquez, B. Días, T. Letelier, C. Lopez-Sebastian, A. Gonzalez-Bulnes, A. 2009. Efficiency of estrous synchronization in tropical sheep by combining short-interval cloprostenol-based protocols and “male effect”. *Theriogenology*. 71, 1018–1025.
- Fernandez-Moro, D.; Veiga-Lopez, A.; Ariznavarreta, C.; Tresguerres, J.A.F.; Encinas, T.; Gonzalez-Bulnes, A. 2008. Preovulatory Follicle Development in Goats Following Oestrous Synchronization with Progestagens or Prostaglandins. *Reprod Dom Anim*. 43, 9–14.
- Freitas, J.V.F.; Rondina, D.; Lopes Junior, E.S.; Teixeira, D.I.A.; Paula, N.R.O. 2004. Hormonal Treatments for the Synchronization of Oestrus in Dairy Goats raised in the Tropics. *Reproduction, Fertility and Development*. 16; 415-420.
- Gonzalez-Bulnesa, A.; Díaz-Delfa, C.; Garcia-Garcia, R.M.; Urrutia, B.; Carrizosa, J.A.; Lopez-Sebastian, A. 2005. Origin and fate of preovulatory follicles after induced luteolysis at different stages of the luteal phase of the oestrous cycle in goats. *Animal Reproduction Science*. 86: 237–245.
- Kusina NT, Chinuwo T, Hamudikuwanda H, Ndlovu LR, Muzanenhamo S. 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rumin Res*. 39:283-288.
- Khanum, S.A., Hussain, M., Kausar, R. 2006. Manipulation of estrous cycle in Dwarf goat (*Capra hircus*) using estrumate under different management conditions. *Anim. Reprod. Sci*. 92: 97-106.
- Letelier, C.A.; Contreras-Solis, I.; García-Fernandez, R.A.; Sanchez, M.A.; García-Palencia, P.; Sanchez, B.; Ariznavarrete, C.; Tresguerres, J.A.F.; Flores, J.M.; Gonzalez-Bulnes, A. 2011. Effects of Oestrus Induction With Progestagens or Prostaglandin Analogues on Ovarian and Pituitary Function in Sheep. *Animal Reproduction Science*. 126: 61–69.
- Maia, A.L.R.S.; Brandão, F.Z.; Souza-Fabjan, J.M.G.; Balara, M.F.A.; Oliveira, M.E.F.; Facó, O.; Fonseca, J.F. 2017. Reproductive parameters of dairy goats after receiving two doses of d-cloprostenol at different intervals. *Animal Reproduction Science*. 181:16–23.
- Martemucci, G.; D’Alessandro, A.G. 2010. Estrous and fertility responses of dairy ewes synchronized with combined short term GnRH, PGF_{2α} and estradiol benzoate treatments. *Small Rumin. Res*. 93:41-47.
- Medan, M.S.; Watanabe, G.; Sasaki, K. Sharawy, S.; Groome, N.P.; Taya, K. 2003. Ovarian dynamics and their associations with peripheral concentrations of gonadotropins, ovarian steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biology of reproduction*. 69, 57–63.
- Medan, M.S.; Watanabe, G.; Sasaki, K.; Groome, N.P.; Sharawy, S.; Taya, K. 2005. Follicular and Hormonal Dynamics During the Estrous Cycle in Goats. *Journal of Reproduction and Development*. 51:(4), 455-463.
- Modu Bukar, M.; Yusoff, R.; Ariff, O.M.; Wahid Aron, A.; Kaur Dhaliwal, G.; Win Naing, S.; Azam Khan, M. 2012. Comparison of the Patterns of Antral Follicular Development between hormonally Synchronized and Natural Estrous Cycles of non-Seasonal, Polyestrous Goats in the Tropics. *Reproductive Biology*. 12: 325-328.
- Omontese, B.O.; Rekwot, P.I.; Ate I.U.; Ayo, J.O.; Kawa, M.U.; Rwuuan J.S.; Nwannenna, A.I.; Mustapha, R.A.; Bello, A.A. 2016. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 5(2): 96–101.
- Romano, J. E. 1998. Effect of two doses of cloprostenol in two schemes for estrous synchronization in Nubian goats. *Small Ruminant Res*. 28:171-176.
- Romano, J.E.; Alkar, A.; Amstalden, M. 2017. Onset of luteolytic action of exogenous prostaglandins F_{2α} during estrous cycle in goats. *Theriogenology* 92: 45-50.
- Simoes, J. 2015. Recent advances on synchronization of ovulation in goats, out of season, for a more sustainable production. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 4(2): 157-165.
- Titi, H.H. Kridli, R.T. Alnimer, M.A. 2010. Estrus Synchronization in Sheep and Goats Using Combinations of GnRH, Progestagen and Prostaglandin F_{2α}. *Reprod Dom Anim* 45, 594–599.
- Vázquez, M.I. Blanch, M.S. Alanis, G.A. Chaves, M.A. Gonzalez-Bulnes, A. 2010. Effect of treatments with a prostaglandin analogue on developmental dynamics and functionality of induced corpora lutea in goats. *Animal Reproduction Science*. 118, 42–47.
- Whitley, N.C.; Jackson, D.J. 2004. An update on estrus synchronization in goats: A minor species. *J. Anim. Sci*. 82(E. Suppl.):E270–E276.
- Wildeus, S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. *J. Anim. Sci*. 77:1-14.

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE CALABACILLA LOCA (*Cucurbita foetidissima*) EN LA PRODUCCIÓN DE METANO RUMINAL *IN VITRO*

Pámanes-Carrasco, Gerardo A.^{1*}, Murillo-Ortiz, Manuel², Herrera-Torres, Esperanza², Carrete-Carreón, Francisco Óscar² y Reyes-Estrada, Osvaldo²

¹CONACyT. Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Blvd. Guadiana 501 Cd. Universitaria. Durango, Dgo. México. C.P. 34104. gerardo.pamanes@gmail.com

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. Durango – Mezquital km 11.5. Durango, Dgo. México. C.P. 34307.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una realidad y gases como el metano y el dióxido de carbono (CO₂), son los principales responsables del efecto invernadero (IPCC, 2014). Gases producidos por la fermentación entérica del alimento en los rumiantes son una fuente importante de emisiones atmosféricas de metano y CO₂, lo cual promueve el calentamiento global e incrementa los efectos del cambio climático (FAO, 2016). De manera adicional, hay un interés creciente en fuentes alimenticias que son comúnmente utilizadas en la alimentación de animales debido al incremento demográfico en países en aras de desarrollo bajo condiciones de hambre (FAO, 2016). Esta situación, ha repercutido en un incremento sustancial en los precios y en la accesibilidad del alimento, por lo que se ha promovido la utilización de alimentos que no pueden ser consumidos por humanos como una alternativa para la alimentación animal (Ogino *et al.*, 2016). Además, también hay un interés creciente en el estudio de metabolitos secundarios de plantas como modificadores naturales para la reducción de la producción de metano en la fermentación ruminal (Elghandour *et al.*, 2017; Murillo-Ortiz *et al.*, 2016).

La calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima*) fue catalogada como una de las calabacillas más prometedoras para su domesticación y utilización, debido a que no necesita cuidados mayores y es considerada como una planta nativa (Scheerens y Berry 1986; Bemis *et al.*, 1978). Sin embargo, la presencia de factores anti nutricios, como la presencia de taninos, inhibidores de tripsina y saponinas, la excluyen de su uso en la alimentación humana (Henderson *et al.*, 1986). Así mismo, hay pocos estudios que evalúen su potencial uso como alimento para rumiantes. De esta manera, se plantea la hipótesis de que la inclusión de calabacilla loca en la dieta de rumiantes puede reducir la producción de metano ruminal. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la inclusión de *C. foetidissima* como forraje alternativo y sustituto de heno de alfalfa en la dieta de rumiantes en la producción de metano *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue desarrollado en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, en Durango, México.

La calabacilla loca fue crecida de manera silvestre y recolectada de caminos rurales en la ciudad de Durango, Dgo., México. Las raíces y las frutillas fueron removidas mientras que las plantas fueron lavadas y secadas en una estufa de secado por convección a 50°C por espacio de 48h. Los tratamientos experimentales fueron formulados de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ganado bovino en mantenimiento con una ración de 50:50 de forraje y concentrado (NRC, 2001). Fueron evaluados dos niveles con una sustitución del 0 y del 100% de alfalfa por la inclusión de calabacilla loca en la dieta, para los tratamientos T1 y T2, respectivamente. Los demás ingredientes de los tratamientos experimentales fueron adquiridos con un proveedor de la zona.

Los tratamientos experimentales, así como la calabacilla loca y la alfalfa, fueron sujetos de análisis nutricionales (AOAC, 1990), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO, ANKOM, 2015), taninos condensados (Heimler *et al.*, 2005).

Aproximadamente 250 mg de cada tratamiento experimental fueron pesados e incubados en una mezcla de inóculo ruminal y soluciones tampón en relación 2:1, por duplicado en tubos de vidrio de 50 ml de volumen total y equipados con tapón de goma. Aproximadamente 1 ml del gas producido fue colectado del espacio de cabeza de cada recipiente y después fue analizado por cromatografía de gases para identificar y cuantificar las concentraciones de metano y CO₂ en un equipo GOW Mac 580 (GOW-MAC Instrument Co, USA) utilizando una columna Hayesep Q (8 x 1/8 in SS packed 80/100 mesh; Valco Instruments Co. Inc., USA). La columna, el detector y el inyector fueron programados a una temperatura constante de 40, 64 y 67°C, respectivamente, usando nitrógeno como gas acarreador. Alícuotas de 10 mL fueron tomadas al terminar cada fermentación para evaluar la producción de ácidos grasos volátiles totales (AGVT) mediante la metodología propuesta por Galyean (2010).

El análisis estadístico para la composición química y metabolitos, así como para la producción de gas, metano, CO₂ y AGVT fueron analizados de acuerdo a un diseño completamente al azar (SAS, 2002). Las diferencias entre medias fueron identificadas mediante la prueba de Tukey, considerándose estadísticamente significativas a P<0.05.

Tabla 1. Composición química de la alfalfa y la calabacilla loca (% MS)

Nutrientes	Alfalfa	Calabacilla	ESD
MO	89.2±0.60 ^a	80.9±0.59 ^b	0.83
EE	2.1±0.14	2.0±0.07	0.16
PC	15.5±1.02	18.3±0.88	1.35
FDN	44.9±0.05 ^a	47.8±0.34 ^b	0.33
Lignina	12.8±0.92 ^a	6.4±0.07 ^b	1.92
DIVMS (% MS)	74.3±0.27 ^a	62.5±2.04 ^b	2.05
TC (ug/mg)	15.9±0.58 ^a	21.8±0.58 ^b	0.83

^{ab}Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa; MS=materia seca; MO=materia orgánica; EE=extracto etéreo; PC=proteína cruda; FDN=fibra detergente neutra; DIVMS=digestibilidad in vitro de la materia seca; TC=taninos condensados; ESD=error estándar de la diferencia de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las composiciones químicas de la alfalfa y de la calabacilla loca se presentan en la Tabla 1. Los contenidos de materia orgánica (MO) y de fibra detergente neutra (FDN) fueron mayores en la calabacilla que en la alfalfa ($P < 0.05$). De la misma manera, la concentración de taninos condensados (TC) fue mayor en la calabacilla que en la alfalfa ($P < 0.05$). Sin embargo, la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) fue mayor en la alfalfa que en la calabacilla ($P < 0.05$). Los contenidos de proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). Adicionalmente, la composición química de los tratamientos experimentales, así como los ingredientes utilizados, son presentados en la Tabla 2. No se observaron cambios en EE, PC, DIVMS como consecuencia de la inclusión de calabacilla en la dieta ($P > 0.05$). Sin embargo, los contenidos de FDN y TC se incrementaron con la inclusión de calabacilla ($P < 0.05$). Además, la lignina se redujo con la inclusión de calabacilla, presentando reducciones cercanas al 50% ($P < 0.05$). La MO contenida en T2 es reducida debido al contenido de cenizas en la calabacilla. Sin embargo, la reducción en la fracción de lignina en T2 puede afectar los complejos lignocelulósicos. Wang y McAllister (2002) observaron que estos complejos limitan la disponibilidad de superficie para la degradación microbiana mediante la obstaculización en la fijación microbiana a las paredes celulares. Así, cuando la lignina es reducida, los microorganismos pueden adherirse a la pared celular del forraje incrementando la

degradabilidad de MO y MS. De hecho, la similitud entre las DIVMS entre ambos tratamientos puede ser atribuible a un incremento en la degradabilidad debido a la reducción en la lignina. Hummel *et al.* (2006) obtuvo resultados similares. Además, el incremento de TC en T2 parece no haber afectado la DIVMS debido a que las concentraciones de TC son demasiado bajas para mostrar efectos en la digestibilidad (Jones *et al.*, 1994). O'Donovan y Brooker (2001) reportaron que si se presentan bajas concentraciones de TC, las bacterias proteolíticas pueden, después de un corto periodo de tiempo, adaptarse y responder mediante una modificación en su metabolismo.

Tabla 2. Composición química y DIVMO de los tratamientos experimentales

	T1	T2	ESD
Nutrientes (% MS)			
MO	91.9±0.43 ^a	88.5±0.19 ^b	0.55
EE	2.5±0.26	2.2±0.10	0.35
PC	19.9±0.70	22.2±0.52	1.08
FDN	44.7±0.51 ^b	47.9±0.24 ^a	1.01
Lignina	16.0±0.86 ^a	6.7±0.07 ^b	1.17
DIVMS (% MS)	75.7±1.21	71.9±1.70	3.62
TC (ug/mg)	11.8±0.06 ^b	20.8±0.57 ^a	0.71
Ingredientes (% MS)			
Heno de alfalfa	50	0	
Calabacilla loca	0	50	
Maíz rolado	30	30	
Harinolina	19	19	
Mezcla de minerales*	1	1	

^{ab}Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa; MS=materia seca MO=materia orgánica; EE=extracto etéreo; PC=proteína cruda; FDN=fibra detergente neutra; DIVMS=digestibilidad in vitro de la materia seca; TC=taninos condensados; ESD=error estándar de la diferencia de medias.*Contenido de la Mezcla mineral: P (12%), Ca (12%), Na (9%), Mg (1.7%), Zn (0.5%).

La producción *in vitro* de gas, metano, CO₂ y de ácidos grasos volátiles totales (AGVT) son presentadas en la Tabla 3. Como se puede observar, no hay diferencias estadísticas en la producción de gas ni en la producción de CO₂ como resultado de la inclusión de calabacilla en la dieta de bovinos (P>0.05). Sin embargo, la producción de metano, así como la de AGVT fueron afectadas por la inclusión de calabacilla (P<0.05). Hassanat y Benchaar (2013) encontraron resultados similares a los que sustenta el presente estudio. Estos autores reportaron que los taninos condensados encontrados en *Acacia mearnsii* incrementaron las proporciones molares de propionato *in vitro*. De esta manera, al incrementar la producción de propionato en el rumen, se promovería una de las rutas energéticas de mayor importancia en los rumiantes: la gluconeogénesis, la cual toma lugar en el hígado (Elghandour *et al.*, 2016; Ferraro *et al.*, 2009). Incrementos en los AGVT sugieren una mejora en la fermentación, la cual pudiera ser explicada a través de un incremento en la degradabilidad ruminal debido a la formación de complejos formados por TC y protozoarios. Así mismo, se presentaron reducciones importantes en la producción de metano, las cuales alcanzan valores de hasta 39% cuando se sustituye la alfalfa por calabacilla en T2 sin modificar la producción de CO₂. Murillo-Ortiz *et al.* (2016) observaron reducciones en la composición de metano cuando sustituyeron parcial y totalmente la alfalfa por lirio acuático *in vitro*. Estos autores atribuyeron la reducción de metano a la presencia de TC en la dieta, sin embargo, la producción de CO₂ también fue afectada. A pesar de que las concentraciones de TC en el presente estudio no son tan altas como las reportados por estos autores, la concentración de CO₂ no fue modificada. Tavendale *et al.* (2005) observaron reducciones en la producción de metano cuando hay TC en la dieta, y propusieron dos rutas para justificar estas afecciones: a) a través de la reducción en la digestión de fibra, se disminuye el metano por medio de la ruta de la reducción de CO₂, la cual afecta directamente la metanogénesis, y b) mediante inhibición directa de los microorganismos metanogénicos y/o de su expresión. Sin embargo, debido a que la producción de CO₂ no está siendo afectada por la presencia de calabacilla, es poco probable que la ruta de la reducción de CO₂ haya sido activada. De esta manera, se está disminuyendo la producción de metano sin liberar CO₂ en el proceso. Murillo-Ortiz *et al.* (2016) observaron un comportamiento similar, y sugirieron dos posibles caminos para explicar la reducción de metano: a) la producción de metano fue afectada a través de la ruta de oxidación del ácido acético debido a la presencia de TC, y b) hay una acción inhibitoria en el crecimiento y/o expresión de microorganismos metanogénicos. Con base en lo anterior, la ruta de oxidación del ácido acético es poco probable de que ocurra debido a que los microorganismos que llevan a cabo esa reacción no son tan abundantes en el rumen, y aparte es una reacción muy tardada, por lo que implicaría tiempos

de residencia ruminal muy altos (Weimer, 1998). De esta manera, se opta por una inhibición al crecimiento o a la expresión de metanogénicos ruminales. Saminathan *et al.* (2016) reportaron valores similares y mostraron cambios microbianos, a través de la reducción de metanogénicos debido a la presencia de TC. Adicionalmente, Jafari *et al.* (2016) observaron una reducción en la población de metanogénicos pero un incremento en la población bacteriana cuando sustituyeron heno de alfalfa por hojas de papaya. Sin embargo, las concentraciones de TC en las hojas de papaya eran menores que las mostradas en este estudio.

Tabla 3. Producción *in vitro* de gas, metano, CO₂ y ácidos grasos volátiles totales de los tratamientos experimentales

	T1	T2	ESD
PG (ml/g)	252.1±4.97	199.3±21.04	27.96
Metano (ml/g)	49.2±0.97 ^a	30.5±3.23 ^b	4.69
CO₂ (ml/g)	202.8±3.62	169.0±20.50	24.80
AGVT (mM)	79.1±5.94 ^b	119.4±5.72 ^a	10.92

^{ab}Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa; MS=materia seca; PG=producción de gas a las 24h de fermentación; AGVT=ácidos grasos volátiles totales; ESD=error estándar de la diferencia de medias.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que la sustitución de alfalfa por calabacilla loca en la dieta de bovinos reduce la producción de metano *in vitro* sin sacrificar parámetros nutricionales importantes como proteína, EE y DIVMS. De esta manera, la sustitución de heno de alfalfa por calabacilla loca surge como una alternativa sostenible y una manera amigable con el ambiente de incluir forrajes no convencionales y que no compiten con la alimentación humana, en la alimentación de bovinos en sistemas intensivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ankom, 2015. Procedures. ANKOM gas production system operator's manual. Ankom technology, Macedon, NY.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bemis, W.P., Curtis, L.D., Weber, C.W., Berry, J.M., 1978. The feral buffalogourd, Cucurbitafoetidissima. Econ. Bot. 32, 87-95.
- Elghandour, M.M.Y, Kholif, A.E., Salem, A.Z.M., de Oca, R.M., Barbabosa, A., Mariezcurrena, M., Olafadehan, O.A., 2016. Addressing sustainable ruminal methane and carbon dioxide emissions of soy bean hulls by organic acid salts. J. Clean. Prod. 135, 194-200.

- Elghandour, M.M.Y., Salem, A.Z.M., Khusro, A., Cipriano-Salazar, M., Olivares-Pérez, J., Barros-Rodríguez, M.A., Coyot, R., 2017. Assessment of some browse tree leaves on gas production and sustainable mitigation of CH₄ and CO₂ emissions in dairy calves at different age. *J. Clean. Prod.* DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.029
- FAO, 2016. FAOSTAT Emissions Database, Agriculture, Enteric Fermentation. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GE> (accessed 01.10.17).
- Ferraro, S., Mendoza, M., Miranda, L., Gutierrez, C.G., 2009. In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154, 112–118.
- Galyean, M.L., 2010. Laboratory procedures for animal nutrition research. 14th edition. Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University, Lubbock, Texas.
- Hassanat, F., Benchaar, C., 2013. Assessment of the effect of condensed (acacia and quebracho) and hydrolysable (chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production in vitro. *J. Sci. Food Agr.* 93, 332-339.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M.G., Romani, A., 2005. Rapid test to assess the antioxidant activity of phaseolus vulgaris L. dry beans. *J. Agric. Food Chem.* 53, 3053-3056.
- Henderson, C.W., Scheerens, J.C., Berry, J.W., 1986. Antinutritional factors in Cucurbita seed meals. *J. Agric. Food Chem.* 34(3), 434–436.
- Hummel, J., Südekum, K.H., Streich, W.J., Clauss, M., 2006. Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times. *Funct. Ecol.* 20(6), 989-1002.
- IPCC, 2014. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. In Pachauri, R.K. and Meyer, L.A., editors. *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Switzerland: IPCC; p. 41-121.
- Jafari, S., Goh, Y.M., Rajion, M.A., Jahromi, M.F., Ebrahimi, M., 2016. Ruminant methanogenesis and biohydrogenation reduction potential of papaya (*Carica papaya*) leaf: an in vitro study. *Ital. J. Anim. Sci.* 15(1), 157-165.
- Jones, G.A., Mcallister, T.A., Muir, A.D., Cheng, K.J., 1994. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 1374-1378.
- Murillo-Ortiz, M., Herrera E., Corral-Luna, A., Pámanes-Carrasco, G., 2016. Effect of inclusion of graded level of water hyacinth on in vitro gas production kinetics and chemical composition of alfalfa hay based beef cattle diets. *Indian J. Anim. Res.* DOI: 10.18805/ijar.11417
- NRC, 2001. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th ed. Nutrient Requirement of dairy cattle, Washington, DC.
- Ogino, A., Sommart, K., Subepang, S., Mitsumori, M., Hayashi, K., Yamashita, T., Tanaka, Y., 2016. Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in Thailand evaluated by life cycle assessment. *J. Clean. Prod.* 112, 22-31.
- O'Donovan, L., Brooker, J.D., 2001. Effect of hydrolysable and condensed tannins on growth, morphology and metabolism of *Streptococcus gallolyticus* (*S. caprinus*) and *Streptococcus bovis*. *Microbiol.* 147, 1025-1033.
- Saminathan, M., Sieo, C.C., Gan, H.M., Ravi, S., Venkatachalam, K., Abdullah, N., Wong, C.M.V.L., Ho, Y.W., 2016. Modulatory effects of condensed tannin fractions of different molecular weights from a *Leucaena leucocephala* hybrid on the bovine rumen bacterial community in vitro. *J. Sci. Food Agric.* 96, 4565-4574.
- SAS, 2003. User's Guide: Statistics. Ver 9.0. Statistical Analysis System. SAS Institute, Cary, NC.
- Scheerens, J.C., Berry, J.W., 1986. Buffalo gourd: composition and functionality of potential food ingredients. *Cereal food world.* 31, 183-192.
- Tavendale, M.H., Meagher, L.P., Pacheco, D., Walker, N., Attwood, G.T., Sivakumaran, S., 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124, 403–419.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.A., Lewis, B.A., 1991. Method for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Wang, Y., Mcallister, T.A., 2002. Rumen microbes, enzymes and feed digestion – A Review. In 4th Korea/Japan Joint Symposium on rumen metabolism and physiology. Jeju, Korea.
- Weimer, P.J., 1998. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *J. Anim. Sci.* 76, 3114-3122.
- Williams, A.G., Coleman, G.S., 1997. The Rumen Protozoa. In: The rumen microbial ecosystem, Hobson, P.N. and Stewart, C.S. editors. New York, USA : Springer-Verlag. pp. 73-139.

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO POSPARTO EN VACAS ALTAMENTE ESPECIALIZADAS EN LA REGIÓN LAGUNA, DURANGO

¹Gallegos H.M.P., ¹Reveles S.F.O., ¹Pinzón D.C.E., ² Saucedo Q. J.S., ¹Toca R.J.A.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango, ²Instituto de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma de Baja California mayelapat@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las vacas lecheras se han sometido a intensa selección para la producción de leche; lo que demanda mayor cantidad de nutrientes, ocasiona pérdida de condición corporal, mala salud, problemas reproductivos y disminuye la vida útil de los animales (Ospina y cols., 2010). Antes del parto y ocho semanas después, el consumo de materia seca disminuye hasta 30% y aumentan las demandas energéticas por el crecimiento fetal, síntesis de calostro y producción de leche después; lo que provoca la movilización de grasa corporal (Herdt, 2000). Durante el periodo posparto (pp), los animales entran en estrés metabólico y se alteran los perfiles de metabolitos y hormonas sanguíneas. Los ácidos grasos no esterificados (AGNE) y el beta-hidroxibutirato aumentan, por la movilización de lípidos para proveer energía al organismo. Los AGNE, se esterifican y producen triacilgliceroles o triglicéridos y disminuye la producción de insulina y del factor de crecimiento insulínico I (IGF I) (Chapinal, 2011); así a nivel hepático, se regulan los ácidos grasos, gluconeogénesis y la síntesis de triacilglicerol. Cuando su producción excede la capacidad del organismo para utilizarlos, las concentraciones séricas se incrementan produciendo alteraciones metabólicas y comprometiendo la producción de glucosa y la respuesta inmune del animal (Ospina y cols., 2010; Meikle y cols., 2013). La pérdida de condición y peso corporal es más notoria en vacas primíparas que multíparas y se acompaña de una disminución en las concentraciones de leptina; hormona que inhibe el consumo de MS y aumenta el uso de nutrientes de forma periférica (Adrien y cols., 2012). La secreción de hormona folículo estimulante (FSH) pp, se eleva y la primera onda folicular emerge entre 3 a 7 días (Beam y Butler, 1999) de donde sale un folículo dominante (FD) que ovulará, atrofiará o se hará quístico. Las reservas hipofisarias de la hormona luteinizante (LH) se restablecen de dos a tres semanas pp (Henao, 2001). El FD produce estrógenos para reactivar la secreción de LH; aunque la inconsistencia en la frecuencia y duración de pulsos mantiene bajos niveles de estrógenos, atresia del FD y una nueva onda folicular (Bó y Caccia, 2007). Cuando se alcanzan suficientes niveles de IGF-I, incrementan los pulsos de LH y el FD ovula, esto es el reinicio de la actividad ovárica. El

intervalo parto a primera ovulación en vacas lecheras ocurre entre 20 y 30 días (Tanaka y cols., 2008). Para desencadenar la secuencia de eventos que llevan al estro, es necesario un período de exposición previa de P₄ que estimula el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, lo que está relacionado con el período anovulatorio y ciclos cortos después de la primera ovulación en el periodo pp. El objetivo del presente trabajo, fue establecer el efecto del número de lactancia sobre el comportamiento reproductivo posparto en vacas Holstein.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un establo lechero altamente tecnificado, ubicado en el Km 22.5 de la carretera Gómez Palacio- Bermejillo, en las coordenadas 25° 44' 25" latitud norte y 103° 33' 35" latitud oeste y 1100 msnm. El clima es de veranos muy calientes (40 - 45 °C) e inviernos fríos (-1 a -5 °C), y las lluvias de mayor intensidad en los meses de agosto y septiembre. Se utilizaron 218 animales de la raza Holstein-Friesian, en el período de transición. A las cuales se les observó desde 15 días preparto (265 días de gestación) hasta el parto. El manejo de las vacas comenzó a partir del secado, a los 210 días de gestación, cuando inicio una dieta restringida en carbohidratos (granos) para acelerar el secado de la ubre; se eliminó el forraje de buena calidad y ensilaje de maíz, reemplazándolos por forrajes de menor calidad y granos con baja densidad energética y alta fibra. A los 255 días gestación, pasaron a la etapa "reto", aquí la ración fue con más energía y proteína metabolizable, pero la densidad energética aún tuvo que ser controlada para optimizar el consumo después del parto, esta dieta consistió en poco grano y bastante forraje de buena calidad. En el caso de las vaquillas, se les aplico 5 ml de selenio y un bolo de rumensin. A las vacas, se aplicaron 5 ml de vitamina "ADE" intramuscular. En esta etapa, las vacas y vaquillas fueron vigiladas las 24 horas del día, hasta que se presentó el parto, y se atendieron oportunamente los casos de distocia, auxiliándose a la madre o la cría en su momento. Posteriormente, se vigiló la expulsión de la placenta y el periodo fresco (30 d pp), luego la detección de estros fue diaria, y se dio un tiempo de espera de 60 días pp. La inseminación artificial se llevó a cabo con la regla am/pm. Se elaboró una base de datos en Excel y las variables se analizaron con un ANOVA. La diferencia entre las medias se estableció con una prueba Duncan (SPSS, ver. 11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Destacan las vacas de una a tres lactancias (86.2%) y de cuarta a octava 13.8%. El 57.8% fueron de primera lactancia. La placenta se expulsó a las 7.5 ± 5.4 h y no hubo diferencia entre número de lactancia ($P > .05$). Santos y cols., (2002) consideran una retención placentaria (RP)

de 5-6 h después del alumbramiento; Marroquín (2003) de 8-12 h; y Drillich y cols., (2003) de 12 a 24 h. En este caso se registró un 3.2 % de RP en vacas primíparas. La involución uterina a los 30 días pp fue normal e igual ($P > .05$) entre vacas primíparas y multíparas, incluyendo las vacas que presentaron RP. Hincapié y cols., (2002) dicen que la involución uterina se completa entre los 30 y 45 días pp. González, (2001); Hernández y Zavala, (2007) durante las primeras 3 semanas pp la involución se acelera por la secreción de $\text{PGF}_2\alpha$. El comportamiento reproductivo fue igual ($P > 0.05$) en vacas primíparas que multíparas (Tabla 1). Geoffrey y cols., (1991) reportan que el primer estro se presenta entre los 20 y 40 días pp y Solorio y cols., (2007) a los 26.4 ± 12.6 d. El 18.3 % de las vacas presentaron el primer estro pp durante los primeros 30 días; el 27.0% después de los 51 días y el 34.4% entre los 31 y 50 días. El intervalo parto primer servicio en este caso difiere a lo reportado por Glauber, (2007) de 70 días y lo considera anormal de 78 a 120 días, Jainudeen y Hafez, (2000) que oscilan entre 80 y 83 días.

Tabla 1. Comportamiento reproductivo posparto en vacas Holstein primíparas y Multíparas en la Laguna, Durango.

Parámetro	Vacas primíparas	Vacas multíparas
Expulsión de membranas fetales (h)	7.7 ± 6.2	7.0 ± 4.4
Primer estro posparto (d)	43.5 ± 18.7	44.8 ± 18.9
Primer servicio posparto (d)	63.5 ± 9.6	62.6 ± 9.3
Servicios por concepción	1.9 ± 1.0	2.3 ± 1.2
Días abiertos (d)	90.3 ± 37.2	107.4 ± 40.1

Al primer servicio se registró 25.8% de gestación, mientras que para segundo y tercer servicio fue un 22.9 y 9.1% respectivamente. El 41.9% de las vacas requirieron más de tres servicios. Los días abiertos fueron de 95.5 ± 38.8 d, y no hubo diferencia ($P > .05$) entre lactancia (Tabla 2). Una posible explicación es la condición corporal con la que los animales llegaron al parto; independientemente del número de lactancia entran a un manejo nutricional intensivo (ración reto) tres semanas antes del parto, para prepararlos para la remoción de reservas corporales que sucede durante el periodo de transición que incluye: preparto, parto, involución uterina, primera fase de lactancia y reactivación cíclica y ovárica posparto. Etapas o procesos fisiológicos que demandan grandes cantidades de energía y otros nutrientes. La distensión abdominal al final de la gestación, hace que el animal reduzca el consumo de MS hasta un

30%, creando un desequilibrio energético (Chapinal, 2011; Blowey, 2005), de ahí la importancia del buen manejo nutricional y zootécnico del animal en este periodo crítico obligado y del que depende el comportamiento reproductivo posterior y de este la producción láctea.

Tabla 2. Comportamiento reproductivo posparto, en vacas Holstein de acuerdo al número de lactancia.

Variable	No. de Lactancia					General
	1	2	3	4	+ 5	
*Tipo de parto (1,2,3)	1.3 ± .68	1.4 ± .76	1.2 ± .59	1.2 ± .66	1.1 ± .38	1.3 ± .66
**EP (h)	7.7 ± 6.2	6.0 ± 3.9	7.8 ± 4.7	7.6 ± 3.0	7.0 ± 4.7	7.5 ± 5.4
Parto 1 ^{er} estro (d)	43.5±18.7	38.6±17.8	45.3 ± 20.3	43.1±16.2	46.1 ± 23.7	43.5±18.8
Parto 1 ^{er} servicio (d)	63.5 ± 9.6	64.5 ± 8.7	60.4 ± 7.9	60.6 ± 8.8	65.1 ± 11.0	62.8 ± 9.3
Serv/ concepción	1.9 ± 1.0	1.7 ± .75	2.5 ± 1.4	2.5 ± 1.3	2.5 ± 1.0	2.0 ± 1.1
Días abiertos (d)	90.3±37.2	83.8±28.7	111.5±41.9	98.3±35.3	126.2±51.8	95.5±38.8

*Tipo de parto (1, 2, 3). Se clasifico: 1 = parto normal, 2 = parto distócico grado 1 y 3 = parto distócico grado 2

** EP = Expulsión de Placenta

CONCLUSIONES

El número de lactancia no influyo en los parámetros reproductivos posparto, tanto vacas primíparas como multíparas registraron indicadores reproductivos deseables. La selección genética para la producción de leche, lo que ha ocasionado es un elevado índice de desecho, y una de las causas de este, es la infertilidad reflejado en alto número de servicios por concepción o días abiertos prolongados. Lo anterior, incrementa el número de reemplazos para mantener los niveles de producción deseables.

BIBLIOGRAFÍA

- Adrien, M., Mattiauda, D., Artegoitia, V., Carriquiry, M., Motta, G., Bentancur, O., Meikle, A. 2012. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*. 6 (2): 292-299.
- Beam, SW., Butler, WR. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil. (Suppl. 54):411-424*
- Blowey, R. W. 2005. Factors associated with lameness in dairy cattle. *Farm Animal Practice*. 27: 159 - 160
- Bó, GA, Caccia, M. 2007. Dinámica folicular ovárica en el ganado bovino. Ungerfeld R. *Reproducción en los animales domésticos*. Tomo 1. Montevideo, Melibea, Uruguay. pp. 55-68.
- Chapinal, N. C. 2011. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *J. Dairy Sci*. 94:4897-4903

- Drillich, M., Pfützner, A., Sabin, H. J., Sabin, M., Heuwieser, W. 2003. Comparison of the two protocols for the treatment of retained fetal membranes in dairy cattle. *Theriogenology*, 59: 951-960
- Geofrey, H. A., David, E. N., Harold, P. 1991. Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6^{ta} edición. Ed. Mc Graw-Hill. México D.F. Pp 178-180
- Glauber, E. C. 2007. Manejo reproductivo en el rodeo bovino lechero: propuestas y reflexiones. Monografía. Facultad Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Argentina: 1-5
- González, C. 2001. Reproducción bovina. Ed. Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. p. 363-365
- Henao, G. 2001. Actividad ovárica durante el postparto temprano de vacas Holstein. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* Vol. 14(1):1306
- Herd, T. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Vet Clin North Am: Food Anim Pract*, 16: 215-230
- Hernández, C. J., y Zavala, R. J. 2007. Reproducción bovina. División Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1^{ra} ed. México, D.F. Pp 87
- Hincapié, J., Blanco, G., y Pipaon, E. 2002. Trastornos reproductivos en la hembra bovina. 2^{ed}. Editorial Litocom. Tegucigalpa, Honduras. 159 p.
- Jainudeen, MR., y Hafez, ESE. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7^{ma} Edición. Mc Graw-Hill. México, DF. Pp 163-167
- Marroquín, A.R. 2003. Retención de placentas en bovinos. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Monterrey, N.L. *Revista Ganadero*. pp. 90-96
- Meikle, A., Adrienb, D. L., y Mattiaudac, D. A. 2013. Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology*. 139–147
- Ospina, P., Nydam, D., Stokol, T., & Overton, T. 2010. Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and betahydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *J of Dairy Sci*. 93: 3595-3601
- Santos, R. M., Vasconcelos, J.L.M., Souza, A. H., Meneghetti, M., Ferreira Jr. N. 2002. Efecto de aplicación de prostaglandina (PGF₂ α) pós-parto inmediato sobre la incidencia de retención de placenta en vacas Holstein. *Arq.Bras. Med. Vet. Zootec*. 54:(1) 29-34
- SAS. Statistical Analysis System ver. 9. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- Solorio Rivera José Luis., Juan Tinoco Magaña., José Herrera Camacho., Laura Sánchez Gil., Víctor Sánchez Parra., Antonio García Valladares. 2007. Reinicio de la actividad ovárica y nivel de metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal durante el posparto temprano. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*. México D.F. Pp 180-184
- Tanaka, T., Arai, M., Ohtani, S., Uemura, S., Kuroiwa, T., Kim, S., Kamomae, H. 2008. Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. *AnimReprodSci* 108:134–143

EFEECTO DE DOS ANTIOXIDANTES (TROLOX Y CROCINA), SOBRE LA CONGELACIÓN DE SEMEN OVINO PELIBUEY

Álvaro Domínguez Rebolledo^{1*}, Javier G. Cantón Castillo¹, Itzel Rodríguez Gutiérrez², Alberto Alcaraz Romero¹, Julio Ramón Ugalde²

¹INIFAP, Km 25 Carretera Mérida- Motul, Mérida C.P. 97454, Mocochoá, Yucatán, México.

²ITC, km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán, México.

**dominguez.alvaro@inifap.gob.mx*

INTRODUCCIÓN

La criopreservación de los espermatozoides es una importante herramienta para conservar el material genético y mantener la diversidad genética en especies silvestres y domésticas (Lermen *et al.*, 2009). Sin embargo, los protocolos de congelación de semen empleados en la mayoría de las especies de mamífero, a pesar de haber sido mejorados notablemente en los últimos años, ocasionan la muerte de un gran número de células después de la criopreservación. Esto es debido a que durante el proceso de refrigeración y criopreservación, se presenta un incremento significativo en los niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS) que produce cambios biofísicos y bioquímicos en la membrana (Chatterjee *et al.*, 2001; Kankofer *et al.*, 2005) e incluso daño en el ADN espermático (Aitken, 1999; Agarwal *et al.*, 2003) que podrían ser perjudiciales para la viabilidad y la capacidad fecundante de los espermatozoides.

Una manera de reducir los efectos perjudiciales de las ROS podría ser la adición de componentes con capacidad antioxidante al diluyente de congelación para bloquear o prevenir el estrés oxidativo.

El antioxidante trolox es un análogo de la vitamina E, soluble en agua, y se ha utilizado en una gran variedad de sistemas celulares para bloquear los efectos de las ROS. En muestras espermáticas de cerdo, se ha observado que la adición de éste antioxidantes al medio de congelación mejoraba la calidad de los espermatozoides descongelados (Peña *et al.*, 2005). Del mismo modo, se ha observado que mejora la viabilidad espermática de muestras de semen descongelado de ovino de la raza Churra (Mata-Campuzano *et al.*, 2015). En muestras espermáticas procedentes de epidídimo de ciervo ibérico, se demostró que este antioxidante era capaz de disminuir las cantidades de ROS y de la lipoperoxidación, protegiendo a los acrosomas y el ADN de los espermatozoides (Domínguez-Rebolledo *et al.*, 2010). Asimismo, en espermatozoides de epidídimo de gato, se ha demostrado que el trolox mejora la motilidad y la viabilidad (Thuwanut *et al.*, 2008).

La crocina (glucosil éster de crocetina), es un carotenoide poco soluble en agua que se encuentra en el pigmento amarillo del azafrán (*Crocus sativus*). Se ha demostrado que la adición de este antioxidante en el medio de incubación de semen, mejora la calidad de los espermatozoides descongelados de ciervo (Domínguez-Rebolledo *et al.*, 2010) y toro (Sapanidou *et al.*, 2015).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de dos antioxidantes al medio de congelación, sobre la criopreservación del semen ovino Palibuey.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Biotecnología de Reproducción Asistida del Centro de Selección y Reproducción Ovina (CeSyRO), perteneciente al Instituto Tecnológico de Conkal, y en el Banco de Germoplasma Ovino Pelibuey y Blackbelly del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochá.

Se utilizaron 4 ovinos adultos (2.5 años) de la raza Pelibuey, los cuales fueron previamente evaluados de su estado de salud, condición corporal y de su calidad espermática.

Los eyaculados obtenidos fueron mezclados (pool) y diluidos en un diluyente comercial (Triladyl® + 20% yema de huevo) a una concentración final de 400×10^6 espermatozoides/mL. Posteriormente, las muestras fueron divididas en 3 tratamientos: Control (sin antioxidante), Trolox 1mM y Crocina 1mM, para poder ser envasadas en pajuelas de 0.25 mL. La congelación de las muestras se realizó a 4 cm sobre la superficie del nitrógeno líquido (LN₂) por 10 min y luego se sumergieron y almacenaron en un tanque con LN₂ hasta su análisis.

Las muestras fueron evaluadas a las 0 h (descongelación) y 6 horas de incubación a 37 °C.

Los parámetros evaluados fueron los siguientes: La motilidad total (MT) y progresiva (MP) mediante el sistema computarizado CASA (ISAS, Proiser), la viabilidad (Sybr-14/PI), el estado del acrosoma (FITC-PSA), la actividad mitocondrial (JC-1) y la integridad de la membrana plasmática de la cola (HOST) con el test de HOS. Los resultados se analizaron por medio de un ANOVA y las medias se compararon por la prueba de TUKEY con el paquete estadístico SPSS 17 (SPSS Inc., Chicago, IL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A las 0 h (descongelación) y a las 6 h de incubación, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tres tratamientos, para la viabilidad, actividad mitocondrial, integridad de los acrosomas, integridad de la membrana plasmática de la cola (HOST), motilidad total y progresiva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje (%) de viabilidad, actividad mitocondrial, acrosomas intactos, Host, MT y MP de muestras espermáticas descongeladas de ovino Pelibuey (media±error estándar).

Hora	Antioxidante	Viabilidad	Actividad mitocondrial	Acrosomas intactos	Host	MT	MP
0	Control	41.4 ± 5.2 ^A	40.5 ± 6.0 ^A	47.7 ± 6.1	19.3 ± 2.1 ^A	58.6±3.9 ^A	15.3±2.2 ^A
	Crocina 1Mm	45.2 ± 5.2 ^A	42.3 ± 5.4 ^A	44.6 ± 6.1	23.4 ± 3.1 ^A	49.9±5.6	15.8±2.2 ^A
	Trolox 1Mm	39.5 ± 3.9 ^A	50.7 ± 6.2 ^A	49.6 ± 6.4	23.6 ± 3.1 ^A	57.5±5.3	17.1±1.6 ^A
6	Control	27.2 ± 4.0 ^B	20.0 ± 2.2 ^B	41.7 ± 3.5	12.4 ± 1.2 ^B	26.7±4.3 ^B	8.2±4.3 ^B
	Crocina 1Mm	22.8 ± 2.7 ^B	17.1 ± 1.5 ^B	43.7 ± 4.0	13.1 ± 1.1 ^B	39.2±5.8	8.9±5.8 ^B
	Trolox 1Mm	24.6 ± 4.0 ^B	15.7 ± 1.9 ^B	46.0 ± 2.7	10.2 ± 1.0 ^B	36.6±7.0	8.6±7.0 ^B

(^{ab}) Literales diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de cada hora.

(^{AB}) Literales diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos a través de las horas.

Estos resultados difieren a los obtenidos por Thuwanut *et al.* (2008) en muestras epididimarias de gato que fueron suplementadas con el antioxidante trolox a 1mM y posteriormente congeladas,

ya que ellos si obtuvieron diferencias significativas en la motilidad total (MT), progresiva (MP) y en la viabilidad espermática. Esto pudo ser debido a que los espermatozoides provenientes del epidídimo nunca han estado en contacto con los antioxidantes que se encuentran en el plasma seminal (Chen *et al.*, 2003), los cuales ayudan a contrarrestar los efectos dañinos ocasionados por las ROS (Balercia *et al.*, 2003; Rajimakers *et al.*, 2003). Sin embargo, en un estudio realizado por Mata-Campuzano *et al.* (2015), con muestras espermáticas congeladas-descongeladas de ovino de la raza Churra, ellos si encontraron diferencias significativas en la viabilidad espermática con el antioxidante trolox a una concentración de 1mM. Posiblemente, esto se debió al medio de congelación utilizado, ya que cuando el diluyente era a base de lecitina de soja, el antioxidante trolox presentaba una mayor viabilidad en las muestras, mientras que cuando utilizaban un diluyente a base de tris como el empleado en este trabajo (Triladyl®), no se presentaba una mayor viabilidad en los espermatozoides. La soja contiene isoflavonas que poseen antioxidantes, las cuales pudieron haber protegido a los espermatozoides durante el proceso de la congelación-descongelación ó haber tenido un efecto sinérgico con el Trolox.

En cuanto al antioxidante Crocina, se ha demostrado que tiene la capacidad de proteger la integridad de los acrosomas e incrementar la motilidad total en muestras espermáticas epididimarias de ciervo Ibérico descongeladas e incubadas con el antioxidante 1 mM a 37 °C (Domínguez-Rebolledo *et al.*, 2010). Del mismo modo, se ha observado que mejora la motilidad,

viabilidad y la integridad de los acrosomas en espermatozoides de bovinos incubados a 37 °C (Sapanidou *et al.*, 2015). Sin embargo, en este estudio, las muestras que contenían el antioxidante Crocina, no presentaron un efecto positivo sobre las muestras espermáticas al momento de la descongelación (Cuadro 1).

En el transcurso del tiempo de incubación, de 0 a 6 horas, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en los tres tratamientos para la integridad de los acrosomas, mientras que, para la viabilidad, la actividad mitocondrial, la integridad plasmática de la cola de los espermatozoides y la motilidad progresiva, si se presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) en los tres tratamientos (Cuadro 1). Asimismo, la motilidad total, únicamente presentó diferencias significativas ($P<0.05$) para control de 0 a 6 h. Los resultados son similares al reportados por Mata-Campuzano *et al.* (2015) en ovinos de la raza churra, en el cual se observa una disminución de la calidad del semen con el tiempo para ambos antioxidantes y su control.

CONCLUSIONES

Para la congelación del semen ovino Pelibuey, se recomienda utilizar únicamente el diluyente comercial Triladyl®, ya que se observó ningún efecto positivo por parte de los antioxidantes (crocina 1mM y trolox a 1 mM). Sin embargo, el empleo de estos antioxidantes puede ser de gran ayuda en muestras espermáticas de epidídimo o en otro diluyente que no este hecho a base tris.

BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal A, Saleh RA, Bedaiwy MA. (2003). Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. *Fertil Steril.* 79:829-843.
- Aitken R.J. (1999). The Amoroso Lecture. The human spermatozoon-a cell in crisis? *J Reprod Fertil.* 1999;115:1-7.
- Chatterjee S, Gagnon C. (2001) Production of reactive oxygen species by spermatozoa undergoing cooling, freezing, and thawing. *Mol Reprod Dev.* 59:451-458.
- Dominguez-Rebolledo A,E., Fernando-Santos M.R., Bisbal A., Ros-Santaella J.L, Ramon M., Carmona M., Martinez-Pastor F., Garde JJ. (2010). Improving the effect of incubation and oxidative stress on thawed spermatozoa from red deer by using different antioxidant treatments. *Reprod Fertil Dev.* 22: 856-870.
- Lermen, M.I. (2001). Expression of hypoxia-inducible cell-surface transmembrane carbonic anhydrases in human cancer. *American Journal of pathology* 158, 905-919.
- Mata-Campuzano, M, Álvarez-Rodríguez M, Álvarez M, Tamayo-Canul J, Anel L, Paz P, Martínez-Pastor F. (2015). Post-thawing quality and incubation resilience of cryopreserved ram spermatozoa are affected by antioxidant supplementation and choice of extender. *Theriogenology*, 83:520-528.
- Kankofer M, Kolm G, Aurich J, Aurich C. (2005). Activity of glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase and lipid peroxidation intensity in stallion semen during storage at 5 °C. *Theriogenology*, 63:1354-1365.
- Peña, F.J., Johannison, A.; Wallgren, M.; Rodriguez-Martinez, H. (2005). Anew and simple method to evaluate early membrane changes in frozen- thawed boar spermatozoa. *Int. j. Androl.*, 28:107-114.

- Sapanidou V.G., Margaritis L., Siahos N., Arsenopoulos K., Dragatidou E., Taitzoglou L.A., Zervos L.A., Theodoridis A. and Tsantarliotou, M.P. (2014). Antioxidant effect of a polyphenol-rich grape pomace extract on motility, viability and lipid peroxidation of thawed bovine spermatozoa. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 21:19
- Thuwanut P, Chatdarong K, Techakumphu M, Axner E. (2008). The effect of antioxidants on motility, viability, acrosome integrity and DNA integrity of frozen-thawed epididymal cat spermatozoa. *Theriogenology*, 70:233-240.

EFFECTO DEL AÑO Y LA ESTACIÓN DE PARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA

Jorge Alonso Maldonado-Jáquez^{1*}, Glafiro Torres-Hernández², Homero Salinas-González¹, Carlos Miguel Becerril-Pérez², Pablo Díaz-Rivera³

¹Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Blvd. José Santos Valdez # 1200 Pte., Col. Centro, CP. 27440, Matamoros, Coahuila, México; ²Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Departamento de Ganadería, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, CP. 56230, Montecillo, Texcoco, México; ³Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Carr. Xalapa-Veracruz Km 88.5, CP. 91700, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. Correo-e: maldonado.jorge@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México se producen anualmente un poco más de 155 millones de litros de leche de cabra, generando una derrama de más de 781 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2014), de esta producción; la Comarca Lagunera se ubica como la principal región productora de leche de cabra, con un aproximado de 60 millones de litros anuales donde el estado de Coahuila contribuye con 22% y Durango con 14.3% respectivamente, generando una derrama económica de cerca de 263 millones de pesos anuales por este concepto (SIAP-SAGARPA, 2013). Sin embargo, aunque la Comarca Lagunera es una región con una producción importante de leche de cabra, la información disponible sobre producción de leche es muy escasa. Esto se atribuye en gran parte a que los productores no llevan registros de producción, no están organizados para la producción, transformación y comercialización de la leche (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2014), carecen de mucha información y asistencia técnica (Salinas *et al.*, 2011; Escareño *et al.*, 2012), tienen un bajo nivel tecnológico y se desconoce la magnitud del efecto que presentan las condiciones medioambientales en la producción de leche; además, las cabras presentan una marcada estacionalidad en la producción de leche (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2015). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar algunos factores ambientales como año y la época de parto y su influencia en la producción de leche de cabras locales manejadas en condiciones extensivas en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 14 unidades de producción caprina (rebaños) ubicadas en 5 comunidades, 4 en el Municipio de Viesca y 1 en el Municipio de Matamoros, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera. Esta región se ubica entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte y 102° 22' y 104° 47' Longitud Oeste y a 1100 msnm. El clima, según la clasificación de Köppen, modificado por García (1988), corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco. La precipitación media anual es de 240 mm y la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano. El estudio se llevó a cabo

con cabras locales y el manejo de los rebaños es el típico para el sistema extensivo, donde el manejo sanitario se limita tradicionalmente a la vacunación de campaña contra brucelosis y una desparasitación externa. Los animales pastorean en el día y por la tarde-noche se encierran en corrales de descanso. La dieta principal consiste en especies vegetales nativas de la región, como pastos (*Sporobolus spp.* y *Muhlenbergia spp.*), arbustivas como huizache (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*) y gobernadora (*Larrea tridentata*), y en ocasiones manilla o inflorescencia de agave (*Agave spp.*). Ocasionalmente el ganado puede consumir esquilmos agrícolas de cultivos como melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrillus lanatus*), avena forrajera (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum halepense*), además, en la región, en temporada de lluvias, la dieta se diversifica por la presencia de especies herbáceas, entre las que destacan el trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), malva (*Malva parviflora*), y rodadora (*Salsola kali*). En este trabajo se tomaron datos de producción de leche de las cabras, en un periodo de 36 meses durante 4 años, iniciando en Junio/2012 y terminando en Mayo/2015, así mismo, se evaluaron las épocas donde se presentan los partos en la región, la estación 1 (junio agosto) y la estación 2 (noviembre a febrero). Las cabras se ordeñaron mensualmente una vez al día, con horarios establecidos entre las 04:00 y 07:00 h. El control mensual de la producción de leche se realizó midiendo la producción con una báscula comercial marca Torrey® con capacidad de 10 kg±1 g. La base de datos incluyó 12097 observaciones pertenecientes a 2229 lactancias de 1125 cabras. El análisis estadístico se realizó bajo un modelo mixto con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS v 9.0. y las diferencias entre medias fueron calculadas con la prueba de TUKEY. La estructura general del modelo es: $Y_{ijkl} = \mu + ID_i + A_j + E_k + E_{ijkl}$ Dónde: Y_{ijkl} : producción promedio de leche/cabra/día, μ : constante que caracteriza a la población, ID_i : efecto aleatorio del i-ésimo animal ($i=1, 2, 3, \dots, 1125$), A_j : efecto fijo del j-ésimo año de producción ($j=1, 2, 3, 4$), E_k : efecto fijo de la k-ésima estación de parto ($m=1, 2$), E_{ijkl} : error aleatorio. Todos los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos con media cero y varianza común.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para producción de leche por año y estación de parto. Se encontró un efecto significativo del año ($P < 0.0001$) sobre la producción de leche. La menor producción de leche se obtuvo en 2012, mientras que la mayor se presentó en el periodo 2013-2015 sin diferencias entre ellos ($P \geq 0.08$). El año es una variable errática y de baja predicción (Salvador y Martínez, 2007), por lo que, debido a sus altas variaciones, tiene una gran influencia en la cantidad y calidad de la leche. En el presente estudio, los años 2013, 2014 y 2015 tuvieron precipitaciones de 254.6, 469.0, y 304.6 mm, respectivamente (CONAGUA, 2015),

valores superiores al promedio histórico de la región, que es de 224.6 mm (SEMARNAT, 2015), y además superiores al promedio del año 2012 (107.9 mm [Conagua], 2015). Esto sugiere que la mayor disponibilidad de agua durante esos 3 años tuvo una influencia directa en una mayor disponibilidad de forraje en el agostadero. El trabajo de Laurenroth & Sala (1992) refuerza esta hipótesis, ya que estos autores indicaron que la producción de forraje está significativamente relacionada con la precipitación pluvial tanto anual como estacional, y Bai *et al.* (2008) observaron que un incremento en la precipitación media anual incrementa tanto la producción como la abundancia de especies forrajeras, y en la región del presente estudio el 94% del ganado caprino basa su alimentación únicamente en el recurso pastizal (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche (g d^{-1}) por año de producción y estación de parto en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Año	Media \pm e.e.
2015	1139.8 \pm 27.1 ^a
2014	1000.4 \pm 12.3 ^a
2013	997.6 \pm 11.8 ^a
2012	794.3 \pm 29.2 ^b
Estación de parto	
1	989.5 \pm 15.4 ^a
2	966.6 \pm 13.0 ^a

a,b: medias con letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

No se encontraron diferencias significativas en producción de leche entre las estaciones de parto 1 y 2 ($p > 0.05$), a pesar de que en este estudio se observó que la distribución de partos en la estación de parto 2 (noviembre a febrero) fue de 70%, mientras que en la 1 (junio a agosto) fue de 30%, resultado que coincide con lo que obtuvieron Salinas y Martínez (1988). La distribución irregular entre ambas estaciones de partos del presente estudio es evidenciada por el mayor error estándar (mayor variabilidad) en la media de la producción de leche en la estación de parto 1 (Cuadro 1). Esta irregularidad en la distribución de partos se debe a que las cabras en la Comarca Lagunera entran en reposo sexual de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 2003), debido a un efecto de fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2015). Por otra parte, la estación de partos 2 coincide con la temporada en la que el forraje se encuentra en estado de senescencia (Delgadillo *et al.*, 2015), además de que éste tiene una calidad deficiente, razón por la que proporciona a los animales una pobre nutrición (Escareño *et*

al., 2012). De esta manera, al inicio del año existe un retraso en la producción de leche debido a una cantidad de alimento insuficiente en el agostadero (Salinas y Martínez, 1988).

CONCLUSIONES

La variable año tiene un efecto muy importante sobre la producción de leche, este efecto se esperaría debido al hecho que las unidades de producción extensivas son altamente afectadas por las condiciones ambientales y climáticas cambiantes año con año y a pesar de esperar diferencias en producción de leche entre estaciones de parto, estas no se detectaron. Estos resultados enfatizan la importancia de realizar investigaciones más detalladas sobre los componentes del sistema de producción con animales locales, ya que este grupo genético es el que se ha adaptado a las duras condiciones desérticas de la Comarca Lagunera y mantiene a esta región posicionada como la principal productora de leche caprina en México.

BIBLIOGRAFIA

- Bai Y, Wu J, Xing Q, Pan Q, Huang J, Yang D & Han X. (2008). Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology*; 89(8), 2140-2153.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2015). Sistema de información Hidrológica. Recuperado el 12 de febrero de 2016 de: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P & Malpoux B. (2003). Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*; 34(1), 69-79.
- Delgadillo JA, Flores JA, Hernández H, Poindron P, Keller M, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Vielma J, Fernández IG & Chemineau P. (2015). Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*; 69, 8-15.
- Escareño L, Salinas-González H, Wurzinger M, Iñiguez L, Sölkner J & Meza-Herrera C. (2012). Dairy goat production systems: Status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health and Production*; 45(1), 17-34.
- García E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp:217.
- Lauenroth WK & Sala OE. (1992). Long-term forage production of North American Shortgrass Steppe. *Ecological Applications*; 2(4), 397-403.
- Maldonado-Jáquez JA, Salinas-González H, Valle-Moysen ED, Triana-Gutiérrez M & Espinoza-Arellano JJ. (2014). Perfil socioeconómico de los caprinocultores del suroeste del Estado de Coahuila, México. XXVII Congreso Internacional de Administración de Empresas Agropecuarias. San José del Cabo, B.C.S.
- Maldonado-Jáquez JA, Salinas-González H, Torres-Hernández G, Valle-Moysen ED, Isidro-Requejo LM & Triana-Gutiérrez M. (2015). Perfil productivo del sistema de producción caprino extensivo en el suroeste del Estado de Coahuila. III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Salinas H & Martínez R. (1988). Dairy goat milk production responses to feeding level. *Indian Journal of Dairy Science*; 41(2), 167-170.
- Salinas H, Echavarría F, Flores-Najera M, Flores-Ortiz M, Gutiérrez R, Rumayor A, Meza-Herrera C & Pastor F. (2011). Evaluación participativa de tecnologías en caprinos del norte centro de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*; 17, 225-234.
- Salvador A & Martínez G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de le leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias*; 48(2), 61-76.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2015). Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015. Recuperado el 18 de febrero de 2016 de: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddel Aire/Documentos/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/9_ProAire%20Comarca%20Lagunera%202010-2015.pdf
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (SIAP-SAGARPA). (2013). Anuario estadístico de la producción agropecuaria. México.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (SIAP-SAGARPA). (2014). Anuario estadístico de la producción agropecuaria. México.

EFFECTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE UNA DIETA INTEGRAL UTILIZADA COMO COMPLEMENTO EN CABRAS LOCALES EN PASTOREO

Jorge Alonso Maldonado-Jáquez^{1*}, Lorenzo Danilo Granados-Rivera², Francisco Javier Pastor-López¹, Luis Maconetzin Isidro-Requejo¹, Homero Salinas-González¹

¹Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Blvd. José Santos Valdez # 1200 Pte., Col. Centro, CP. 27440, Matamoros, Coahuila, México; ²Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Departamento de Ganadería, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, CP. 56230, Montecillo, Texcoco, México.
Correo-e: granados.lorenzo@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

En México la mayor parte de la producción de leche de cabra la realizan pequeños productores en sistemas extensivos, y el pastoreo es la base de la alimentación. Sin embargo, el pastoreo por sí solo no puede satisfacer las necesidades nutricionales de la cabra lechera, debido a que los pastos presentan a lo largo del año variaciones en cantidad y calidad, lo cual propicia que cabras lecheras en sistemas exclusivamente de pastoreo pierdan más peso y produzcan menos leche respecto a cabras semi-estabuladas o estabuladas. Para sintetizar leche, la cabra requiere consumir múltiples nutrientes como grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (dieta integral) y agua limpia y fresca. Por tanto, si se quiere alcanzar el potencial de producción de leche, el productor necesitará complementar la dieta de las cabras de tal manera que esta cubra todos sus requerimientos nutricionales. Al respecto, dietas integrales han sido utilizadas como complemento en vacas lecheras en pastoreo con incrementos en producción de leche hasta en 30% e incrementos en proteína y lactosa (Fajardo *et al.*, 2015) respecto al tratamiento sin complementación. Sin embargo, hasta donde sabemos no existe información del uso de este tipo de dietas como complemento en la alimentación de cabras locales de la Comarca Lagunera. Dado estos antecedentes, el objetivo de estudio fue evaluar el efecto en la producción y composición de la leche de cabras locales en pastoreo complementadas con una dieta integral.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una granja privada en Matamoros, Coahuila. Se utilizaron 19 cabras adultas locales, con peso promedio de 35.8 kg, condición corporal 1.5, 150 d en leche, y 3.5 partos, distribuidas aleatoriamente en tres grupos, dos grupos con 6 cabras y uno con 7 cabras. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos, usando un diseño completamente al azar. Las cabras tuvieron un periodo de adaptación de 7 d, y 21 d experimentales, y las muestras de leche se obtuvieron un día de cada semana experimental.

Los tratamientos fueron: 1) Testigo, solo pastoreo (n=7); grupo 2) pastoreo + 500 g de una dieta integral (Cuadro 1) (n=6) y grupo 3) pastoreo +1000 g de dieta integral (n=6). La ordeña se realizó manualmente una vez por día, de 6:00 a 7:00 am, posteriormente las cabras salían a pastorear de 9:00 am a 6:00 pm. Los recorridos fueron de 5 a 10 km d⁻¹, dependiendo de la disponibilidad de forraje y residuos agrícolas (avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum halepense*), entre otros), al regreso del pastoreo, los grupos que recibieron complementación (500 g y 1000 g) se alojaron en corrales individuales donde se les ofreció el complemento según correspondía. Todas las cabras se pesaron al inicio y final del periodo experimental, se midió su condición corporal dentro de una escala de 1 a 5, la producción de leche se midió en cada cabra con una báscula portátil (Torrey®) una vez por semana durante el periodo experimental, y se obtuvieron muestras de leche de cada cabra, las cuales fueron colectadas en frascos con rosca (100 ml), para su análisis químico (grasa, proteína y lactosa) con el apoyo de un equipo Milkoscope Expert®, Scope Electric, en el laboratorio de inocuidad del INIFAP C.E. La Laguna. En la dieta integral se determinó: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto eterio (EE), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Los datos de producción de leche y composición química (grasa, proteína, lactosa) de leche fueron analizados utilizando un modelo de medidas repetidas, a través del procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS v 9.0. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada. Adicionalmente se usó la producción de leche inicial como covariable.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la dieta integral ofrecida a cabras locales.

Ingrediente	Composición química		
	g kg ⁻¹ MS		g kg ⁻¹ MS
Grano de maíz	171	MS	865
Grano de sorgo	171	MO	926
Salvado de trigo	90	PC	146
Pasta de soya	90	EE	97
Urea	12	FDN	356
Melaza	48	FDA	307
Rastrojo de maíz	80		
Heno de alfalfa	320		
Pre mezcla sal mineral	18		

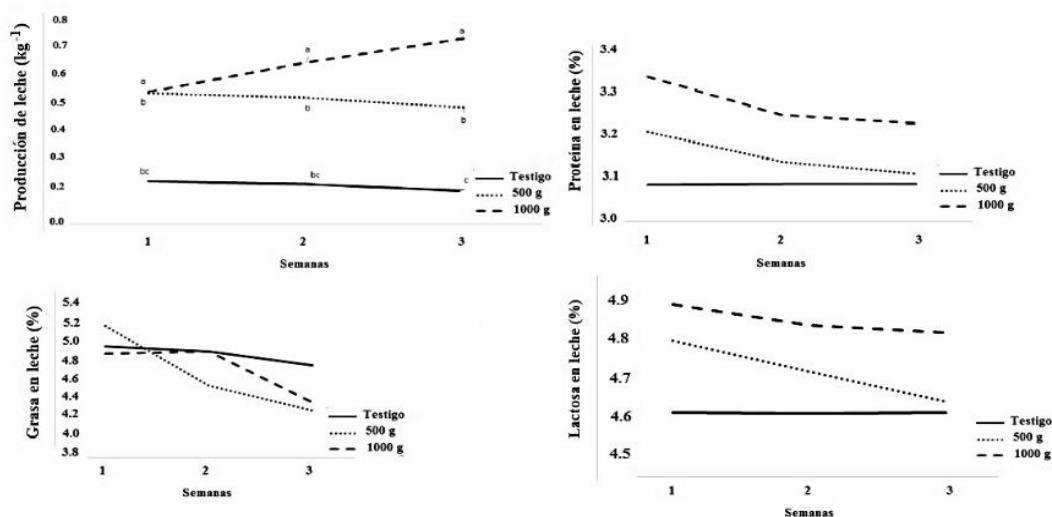
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pesos vivos finales de las cabras no se modificaron ($p>0.05$) por efecto de tratamientos, y el promedio fue 35.2 kg cabra⁻¹. No obstante, la condición corporal (CC) mostró diferencias ($p\leq 0.01$) a la complementación con una dieta integral en cabras lecheras en pastoreo; con valores de CC de 2.63 para el grupo de 500 g, 2.17 para 1000 g y 1.75 para el grupo testigo. La producción de leche y concentración de proteína, grasa y lactosa en leche se muestran en el Cuadro 2. La producción de leche a través del tiempo aumento en cabras complementadas con 1000 g, mientras que en cabras complementadas con 500 g y testigo disminuyó. Respecto a la concentración de proteína, grasa y lactosa en leche a través del tiempo todos los tratamientos tendieron a disminuir (Figura 1).

Cuadro 2. Producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo complementadas con una dieta integral.

Variable	Dieta			EEM ¹	P-valúe		
	Testigo	500 g	1000 g		Dieta	Tiempo	D*T ²
Producción de leche (kg d ⁻¹)	0.20 ^b	0.51 ^a	0.64 ^a	0.05	<0.01	0.13	<0.01
Proteína (%)	3.09 ^b	3.15 ^b	3.27 ^a	0.03	<0.01	0.14	0.68
Grasa (%)	4.91	4.72	4.76	0.33	0.91	<0.01	0.32
Lactosa (%)	4.61 ^b	4.72 ^{ab}	4.89 ^a	0.06	0.03	0.12	0.63

¹EEM= Erros estándar de la media; ²Interacción Dieta * Tiempo.



abc Valores con distinta literal entre líneas son diferentes ($p \leq 0.05$)

Figura 1. Efecto en el tiempo en producción y composición de leche de cabras locales en pastoreo complementadas con una dieta integral

El incremento en producción de leche cuando se complementó la dieta de cabras en pastoreo podría estar relacionado con la nula modificación de la concentración de grasa en leche, y el

aumento ($p \leq 0.01$) de la concentración de proteína y lactosa en leche al proporcionar a las cabras la dieta integral. Al respecto, cuando se complementa la dieta de cabras en pastoreo con una dieta integral con alto contenido de granos, como en este estudio, se promueve el aumento de la producción de ácido propiónico en rumen (Wang y Nishino, 2008), lo cual provoca un aumento de glucemia a través de la gluconeogénesis, dando lugar a una mayor secreción de insulina, y en consecuencia, la lipólisis disminuye, reduciendo el aporte de ácidos grasos preformados para la síntesis de grasa en la glándula mamaria (Hötger *et al.*, 2013), y debido a que la glucosa es necesaria para la síntesis de grasa en leche (Hötger *et al.*, 2013), se provoca un ahorro de glucosa. Por tanto, existe una mayor disponibilidad de glucosa en glándula mamaria para sintetizar más lactosa (Hötger *et al.*, 2013), y si se considera que la lactosa es el principal osmo-regulador en la captación mamaria de agua (Rigout *et al.*, 2002), la producción de leche puede aumentar. En base a ello, el aumento en leche ($p \leq 0.05$) de las cabras complementadas con la dieta integral respecto a las cabras testigo, pudo deberse al aumento de la concentración de lactosa en leche que permitió una mayor captación de agua y por ende una mayor producción de leche (Hötger *et al.*, 2013). Por otra parte, el aumento de la concentración de proteína y lactosa en leche de cabras complementadas con la dieta integral puede incrementar el rendimiento de productos derivados de la leche como queso, mantequilla, y leche en polvo, debido a que la proteína es el componente de la leche que determina el aumento en el rendimiento de productos lácteos (Min *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

La complementación a cabras locales en pastoreo con una dieta integral a niveles de 500 g d⁻¹ y 1000 g d⁻¹ no cambio la concentración de grasa en leche, pero se mejoró la condición corporal de las cabras y aumentó la producción de leche y concentración de proteína y lactosa en leche respecto a cabras sin complemento. Se recomienda complementar la dieta de cabras locales en pastoreo con 500 g de la dieta integral propuesta. No obstante, es necesario tomar en cuenta el incremento de los costos de producción al complementar la dieta de las cabras en pastoreo.

IMPLICACIONES

Generar información respecto a estrategias de complementación alimenticia para cabras en pastoreo que ayuden a incrementar la producción de leche y aumenten la concentración de proteína y lactosa en leche puede ser usada por caprinocultores de México para mejorar sus sistemas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Fajardo M, Mattiauda DA, Motta G, Genro T, Meikle AG. and Carriquiry M. Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*. 2015; 181:51–57.
- Hötger K, HM, Hammon C, Weber S, Görs A, Tröscher RM, Bruckmaier C. and Metges C. Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96:2258-2270.
- Min BR, Hart SP, Sahlu T. and Satter LD. The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88:2604-2615.
- Rigout S, Lemosquet J, Van Eys, J, Blum W. and Rulquin H. Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2002; 85: 595–606.
- Wang F. and Nishino N. Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91: 2380-23870.

PARÁMETROS DE CINÉTICA RUMINAL EN NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES ADITIVOS

**Manuel Murillo Ortiz¹, Brenda Hernández Martínez², Gerardo Pámanes Carrasco³,
Osvaldo Reyes Estrada¹, Esperanza Herrera Torres*¹**

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al mezquital km 11.5 Durango, Dgo. ¹Alumna de la Maestría Institucional de Ciencias Agropecuarias y Forestales, ³ISIMA-UJED

*Autor responsable: heto99@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La producción de carne en corrales de engorda se caracteriza por el alto costo en la alimentación del ganado, lo cual representa hasta el 70% del costo total de producción (SAGARPA, 2010). Como una alternativa para la reducción en gastos de alimentación, así como para mejorar la eficiencia y crecimiento, se ha recurrido al uso de aditivos como suplementos alimenticios en la dieta de bovinos. Estos productos facilitan la transferencia de cationes a través de las membranas celulares y favorecen el crecimiento de bacterias gram negativas en el rumen (Kunkle *et al.*, 2000). Entre los principales aditivos alimenticios que se emplean en la actualidad, se encuentran los ionóforos, levaduras, enzimas fibrolíticas y actualmente, sustratos glucogénicos (Bayat *et al.*, 2015; Matras *et al.*, 2012; Murillo *et al.*, 2001). Estos últimos, promueven la generación de glucosa a partir de la gluconeogénesis, lo cual representa la principal fuente de energía para la mayoría de las células (Livas *et al.*, 2013). Algunos autores afirman que la adición de levaduras a la dieta de bovinos mejoran los parámetros de fermentación ruminal, mientras que la monensina altera parámetros ruminales como el pH, la producción de ácidos grasos volátiles y la relación acetato:propionato (Bayat *et al.*, 2015; Aderinboye *et al.*, 2012;). Sin embargo, la información del efecto de los sustratos glucogénicos en los parámetros de cinética ruminal, así como la comparación con otro tipo de aditivos, es controversial. Debido a esto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las variables de cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos alimenticios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La prueba metabólica y los análisis de laboratorio se realizaron en las Instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el km 11.5 de la carretera Durango-Mezquital a 23 ° 51' N y 104 ° 15' O a 1730 msnm. Con una temperatura y precipitación media anual de 17.5 °C y 450 mm respectivamente (INEGI, 2004).

Tabla 1. Ingredientes y composición nutricional de los tratamientos experimentales

Ingredientes	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Heno de alfalfa (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Heno de avena (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Harinolina (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maíz roado (%)	47.0	47.0	47.0	47.0
Mezcla mineral* (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
Carbonato de calcio (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Monensina (g/a/d)	0	2.0	0	0
Levadura (g/a/d)	0	0	10.0	0
Sustrato glucogénico [†] (g/a/d)	0	0	0	20.0
Composición química (g*kg ⁻¹)				
Materia orgánica	940	940	940	940
Proteína cruda	135	135	135	135
Extracto etéreo	2.8	2.8	2.8	2.8
Fibra detergente neutra	490	490	490	490
Fibra detergente ácida	195	195	195	195

*Mezcla mineral: P (12%), Ca (12%), Na (9%), Mg (1.7%), Zn (0.5%); [†]Mezcla glucogénica: 3.3% propilen-1,2-diol, 6.9% propionato de calcio, 89.8% excipiente.

Las dietas se proporcionaron a las 0800 h y 1500 h. El consumo del alimento se restringió al 2.2 % del PV de los animales. Para el estudio se emplearon 4 animales fistulados de rumen (peso promedio de 700±100 kg) los cuales se alojaron en corraletas individuales de 6 X 16 m

provistas de bebederos y comederos individuales. Las dietas fueron isoenergéticas e isoproteicas y balanceadas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de novillos en engorda (NRC, 2000).

Cinética ruminal

Para estimar los parámetros de cinética ruminal se utilizó el modelo propuesto por Mertens y Ely (1979).

Análisis Estadístico

El diseño experimental empleado para el análisis de las variables de cinética ruminal fue un cuadrado latino 4 x 4 con un arreglo factorial. Los factores evaluados fueron el tipo de aditivo (tratamiento) y los tiempos de fermentación. El modelo incluyó los efectos de tratamiento, tiempos de fermentación y la interacción entre ambos. Como efecto aleatorio se consideró el animal anidado dentro del tratamiento. En el análisis de los datos se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Para separar las medias mínimas cuadráticas se utilizó la opción PDIFF.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se muestran los parámetros de cinética ruminal. La tasa de pasaje (Kp), la tasa de digestión (Kd) y el tiempo medio de retención ruminal fueron diferentes entre tratamientos ($P < 0.05$), además la adición de levadura y sustrato glucogénico incrementaron la Kp y Kd mientras que TMRR disminuyó.

Tabla 2. Parámetros de la cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EE
Kp (%/h)	3.51 ^c	4.75 ^b	5.70 ^a	4.62 ^b	0.17
Kd (%/h)	7.27 ^c	8.32 ^b	9.91 ^a	8.02 ^b	0.08
TMRR (h)	28.57 ^a	21.01 ^b	17.60 ^c	21.60 ^b	0.34
TSLR (L/h)	2.35 ^c	2.08 ^b	2.35 ^a	2.01 ^b	0.02

^{abc} Medias con literal diferente en la misma fila son diferentes ($P > 0.05$); Kp: tasa de pasaje; Kd: tasa de digestión; TMRR: tiempo medio de retención ruminal; EE: error estándar de la media

Algunos investigadores como Herrera (2005) y Kamel *et al.* (2004) no registraron efectos de la levadura en los parámetros de cinética ruminal; sin embargo, Quiñones (2001) menciona que las levaduras vivas representan una adecuada alternativa en la alimentación de bovinos, lo cual

coincide con los resultados obtenidos en este estudio. Los incrementos observados en la Kp y Kd en este trabajo de investigación podría ser ocasionado por un incremento en los microorganismos fibrolíticos debido a la adición de levaduras, lo cual promueve una rápida digestión (Hassan y Muhammed, 2016).

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la adición de levadura en dietas para novillos en finalización mejoró los parámetros de cinética ruminal al proporcionar suficiente energía y proteína, lo cual se reflejó en un aumento en las tasas de pasaje y degradación ruminal así como una disminución en el TMRR. Sin embargo se recomiendan mas estudios en los cuales se utilicen diferentes dietas con la levaduras vivas y los precursores glucogénicos con la finalidad de mejorar estas variables ruminales lo cual puede repercutir en un buen desempeño animal. Así mismo éstos resultados deben de corroborarse con pruebas de comportamiento productivo. Finalmente se sugiere la combinación de los aditivos alimenticos en las dietas para bovinos con el objetivo de mejorar el desempeño de los animales a través de la manipulación del ecosistema ruminal.

BIBLIOGRAFÍA

- .SAGARPA. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. *Manual Bovino*. 2010. Recuperado el 16 de enero 2017, de www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Documents/.../manual_bovino.pdf
- Aderinboye, R. Y., Onwuka, C. F. I., Arigbede, O. M., Oduguwa y Aina. (2012). Effect of dietary monensin inclusion on performance, nutrient utilization, rumen volatile fatty acid concentration and blood status of West African dwarf bucks fed with basal diets of forages. *Tropical Animal Health and Production*, (44), 1079–1087.
- Bayat, A. R., Kairenius, P., Stefanski, T., Leskinen, H., Comtetmarre, S., Forano, E., Chaucheyras-Duran, F. y Shingfield, K. J. (2015). Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*, (98), 316-318.
- Hassan, S. A. y Mohammed, S. F. (2016). Effect of *Saccaromyces cerevisiae* supplementation on rumen characteristics in awassi lambs fed diets with different roughage to concentrate ratios. *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, (47), 1-11.
- Herrera, T. E. (2005). *Efecto de las enzimas fibrolíticas exógenas y las levaduras vivas sobre la cinética digestiva y la producción de nitrógeno amoniacal ruminal en dietas para ganados de engorda*. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Durango, Dgo. Mex. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2004. Recuperado www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem04/nacional/index.htm
- Kamel, H. E. M., Sekine, J., El-Waziry, A. M. y Yacout, M. H. M. (2004). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the synchronization of organic matter and nitrogen degradation kinetics and microbial nitrogen synthesis in sheep fed berseem hay (*Trifolium alexandrinum*). *Small Ruminant Research*, (52), 211-216.
- Kunkle, W. E., Jhons, J. T., Poor, M. H., y Herd, D. B. (2000). Designing supplementation programs for beef cattle fed forages-based diets. *Journal of Animal Science*, (77), 1-11.

- Livas, C. F., Torillo, P. J. y Mireles, O. R. (2013). *Comparación de 2 niveles de un sustrato gluconeogénico en la engorda de toretes estabulados en el trópico seco de Veracruz, México*. Memorias. XXXVII Congreso Nacional de Buiatría, AMMVEB. Acapulco, México.
- Matras, J., Klebaniuk, R., y Kowalczyk-Vasilev. (2012) Impact of glucogenic additive in transition dairy cow diets of varying ruminal starch degradability on yield and composition of milk and reproductive parameters. *Czech Journal of Animal Science*, 57(7), 301–311.
- Mertens, D. R. y Ely, L. O. (1979). A Dynamic model of fiber digestion and Passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*, (49), 1085-1095.
- Murillo, O. M., Cervantes, J., Castro, H. L., Sánchez, F., Vázquez, S., y Zinn, R. (2001). Efecto de fibroenzimas sobre la digestión ruminal y flujo postruminal de la fracción fibra en dietas de bovinos de carne. En Alltech (Eds), *Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal*. Brasil: Alltech.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. (7^a. ed.) Washington, National Academy Press.
- Quiñones G. A. 2001. Cultivo de levaduras vivas, y su efecto sobre la digestión del nitrógeno y la cinética ruminal de fracción líquida en dietas para bovinos de engorda. 21-23

EFFECTO DEL NIVEL DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA RESPUESTA SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS INDUCIDOS EXÓGENAMENTE A LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA

Edgar Daniel Valle Moysén¹, Leonardo Iván Vélez Monroy², Francisco Gerardo Véliz Deras¹, Miguel Ángel Mellado Bosque¹ y Ma. De los Ángeles de Santiago Miramontes¹

¹Postgrado de Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Matamoros, Coahuila, México. e-mail angelesdesantiago867@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En los caprinos locales de la Comarca Lagunera (26°N), existe una variación reproductiva, en los machos cabríos el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto, esta estacionalidad es influenciada por el fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2003). Así mismo, el sistema de producción de pastoreo extensivo, se ve afectado por la baja disponibilidad de vegetación nativa lo que deriva una subalimentación que influye considerablemente la actividad reproductiva (Mellado y Hernández, 1996). El periodo de sequía en esta región se extiende desde el final de otoño hasta el final de la primavera, lo que ocasiona una disminución de la disponibilidad y calidad de la flora, así, el nivel de consumo de proteína y energía metabolizable es inadecuado para completar los requerimientos nutricionales (Cruz-Castrejón *et al.*, 2012). Estas importantes variaciones estacionales de la disponibilidad de forrajes, sugieren que la alimentación es un factor que modula la actividad sexual de los caprinos en estas zonas (Delgadillo *et al.*, 2003).

En consecuencia del factor de estacionalidad reproductiva combinada con una subalimentación, entre otros factores, se han llevado a cabo métodos para inducir el estro fuera de temporada (Luna Orozco, *et al.*, 2012). Siendo el fotoperíodo el principal medio utilizado para regular la reproducción (Sogorescu *et al.*, 2011; Gatica *et al.*, 2012). Además una práctica eficaz para promover ovulación en cabras estacionalmente anovulatorias es el " efecto macho" (Delgadillo *et al.*, 2003). Así mismo uno de los métodos hormonales para estimular sexualmente a machos caprinos, consiste en la administración intramuscular de testosterona durante un corto periodo de tiempo (Ángel- García *et al.*, 2015). Sin embargo la subalimentación es una limitante en el desempeño reproductivo de los machos cabríos inducidos exógenamente a la actividad sexual, por lo cual, nuestro objetivo fue evaluar el desempeño reproductivo de machos adultos en dos niveles de alimentación y tratados exógenamente con testosterona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el norte de México, en las coordenadas 26° 23' Latitud Norte y 104° 47' Longitud Oeste, a 1100 msnm. Se utilizaron 12 machos cabríos adultos divididos en dos grupos de seis (n=6). Cada grupo se ubicó a 100 m de distancia para evitar la contaminación entre los dos distintos tratamientos. El grupo Dieta Baja + Testosterona (DBT n=6) fue alimentado con una dieta de 7.7 % de proteína y 2.2 de Mcal de energía metabolizable, el grupo Dieta Alta + Testosterona (DAT n=6) se alimentó con una dieta con 11.9 % de proteína y 2.5 Mcal de energía metabolizable. Ambos grupos permanecieron con dicha alimentación durante nueve semanas (29 de febrero al 30 de abril del 2016). Durante éste periodo, semanalmente se registró el peso corporal, circunferencia escrotal y condición corporal, la intensidad de olor sexual se evaluó de acuerdo a la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.*, (1997), y la medición de glucosa sanguínea (mg/dl) mediante un glucómetro digital (Nipro Prestige Fácil).

Además se evaluó la calidad seminal con las variables de: latencia a la monta (tomado en segundos), volumen de eyaculado (ml), concentración espermática (10^6 /ml) medido con un fotómetro Spermacue® (Minitube), motilidad espermática escala de 0 al 5 (0=sin movimiento y 5=movimiento progresivo muy rápido), viabilidad espermática (0 a 100%) (tinción eosina-nigrosina) y totalidad de espermatozoides por eyaculado (concentración x volumen). La extracción de semen se realizó con vagina artificial mediante el estímulo de una hembra previamente estrogenizada.

Tratamiento hormonal de los machos

La totalidad de los machos fueron sometidos a un tratamiento hormonal con testosterona exógena (Testosterona 50 Lab Brovel, DF, Mexico), aplicada cada tercer día durante tres semanas, vía intramuscular a dosis de 25 mg por animal iniciando el 13 de abril y concluyendo el 1 de mayo del 2016 (Ángel-García *et al.*, 2015). Se realizaron pruebas de comportamiento sexual de cada macho (30 de abril y 1 de mayo del 2016), poniendo en contacto a cada uno de los machos con una hembra previamente estrogenizada en corraletas individuales por un tiempo de 20 minutos por individuo, en donde se cuantificaron el número de conductas, las cuales se dividieron en conductas sexuales de búsqueda: vocalizaciones, olfateos (anogenitales y corporales), flehmen, aproximaciones, automarcajes, pataleos y en conductas de consumación: intentos de monta, montas sin intromisión y montas completas (Ángel-García *et al.*, 2015). El análisis estadístico para las variables de peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal, glucosa sanguínea y calidad seminal, fueron realizados mediante ANOVA. Las conductas sexuales de búsqueda y consumación fueron analizadas mediante la

prueba de *chi-cuadrada*. Los análisis se realizaron con los programas estadísticos de SAS 2002 y MYSTAT 10 respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio con muestran diferencias entre los grupos de machos con distinto régimen alimenticio inducidos exógenamente a la actividad sexual. En las variables de peso, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor sexual se manifestó diferencia significativa ($P < 0.005$) sin embargo en los niveles séricos de glucosa sanguínea no se mostró diferencia alguna, como se muestra en cuadro 1. De acuerdo con Maksimovic *et al.*, (2016) algunas mediciones corporales como la circunferencia escrotal es considerada como indicador de la capacidad reproductiva, la producción espermática se correlaciona con las mediciones testiculares, con variación entre las estaciones del año y presentando su pico máximo durante la época reproductiva. De igual manera, el peso y condición corporal, la circunferencia escrotal y la glucosa sanguínea varían durante las épocas del año.

Cuadro 1.- Efecto del nivel de alimentación sobre características corporales, circunferencia escrotal, intensidad del olor sexual y glucosa sanguínea de machos caprinos.

Variable	DBT	DAT
Peso corporal (kg)	58.57 ± 0.62 ^a	61.96 ± 0.62 ^b
Condición corporal (1-4)	1.48 ± 0.03 ^a	2.41 ± 0.03 ^b
Circunferencia escrotal (cm)	27.65 ± 0.77 ^a	30.16 ± 0.77 ^b
Intensidad de olor sexual (1-3)	0.18 ± 0.03 ^a	0.30 ± 0.03 ^b
Glucosa (mg/dl)	51.25 ± 1.43 ^a	57.75 ± 1.4375 ^a

a,b literales la misma fila muestran diferencia significativa ($P < 0.005$).

En los machos cabríos Cashmere de Australia (28° LS), Walkden-Brown *et al.* (1994) reportaron que la subalimentación provoca un retraso en el inicio de la actividad sexual, indicado por un tardío incremento del peso testicular, de la secreción de testosterona y del olor sexual en comparación con los machos bien alimentados. Por lo tanto, se infiere sugiere que la alimentación no es el factor que determine la estacionalidad reproductiva (Delgadillo *et al.*, 2003), sin embargo, el nivel de nutrición puede actuar como un importante modulador, adelantando el inicio y retrasando el final de la estación sexual en machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994) y hembras (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009) bien alimentados.

Cuadro 2.- Efecto del nivel de alimentación sobre parámetros de calidad seminal de machos caprinos inducidos exógenamente a la actividad sexual

Variable	Grupo DBT	Grupo DAT
Latencia (seg)	28.94±3.7 ^a	27.05±3.7 ^a
Volumen (ml)	0.53±0.07 ^a	0.91±0.07 ^b
Concentración (X10 ⁹)	3322.7±256.47 ^a	3787.2±256.47 ^b
Motilidad (1-5)	1.7±0.19 ^a	2.7±0.19 ^b
Viabilidad (%)	48.2±4.7 ^a	68.5±4.7 ^b
Total de espermatozoides (Concentración X Volumen)	2417.4±318.9 ^a	3955.3±318.9 ^b

a,b literales la misma fila muestran diferencia significativa (P> 0.005).

De acuerdo con Mellado (2008), la producción y calidad espermática de los machos cabríos puede variar dependiendo de la época en que se encuentren, así como de enfermedades, lesiones testiculares, condiciones climáticas, etc. Por lo tanto, las características del eyaculado de un macho cabrío pueden cambiar con el tiempo, estableciendo parámetros para determinar si es aceptable, bueno o cuestionable. En este estudio se mostró diferencia significativa (P< 0.005) en las variables de volumen, concentración, motilidad, viabilidad y total de espermatozoides por eyaculado lo cual nos indica que por influencia de la alimentación mejoraron estas variables en el grupo con una mejor alimentación (DAT), con respecto al de menor alimentación (DBT).

Los machos cabríos de los grupos DBT y DAT mostraron diferencia en conductas sexuales de búsqueda, (P <0,001: DBT, 42.3%; DAT, 57.6% %) y de consumación (P = 0.006; DBT, 27.7%; DAT, 72.2%).

Así estos resultados nos indican que los machos mejor alimentados y con una mejor condición corporal mejoran su comportamiento reproductivo expresando mayores conductas sexuales a comparación a animales que su alimentación es limitada.

CONCLUSIONES

Estos resultados nos permiten concluir que una mejor alimentación en machos cabríos más la aplicación de testosterona al final del periodo de reposo sexual mejora parámetros de peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal, la intensidad de olor sexual y la calidad seminal así como las conductas sexuales, lo cual puede ser importante para inducir la ovulación en hembras anestrícas a través del efecto macho.

BIBLIOGRAFÍA

- Ángel-García, O., Meza-Herrera, C. A., Contreras-Villarreal, V., Guillen-Muñoz, J. M., Leyva, C., Robles-Trillo, P. A., & Véliz, F.G. 2015. Effect of different male-to-female ratios and testosterone administration upon the male sexual behavior and the out-of-season reproductive response of anestrus goats. *Small Ruminant Research*, 133, 21-29.
- Cruz-Castrejón, U., Véliz, F. G., Muñoz, R. R., Flores, J. A., Hernández, H., & Moreno, G. D. 2012. Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos, con un manejo extensivo a libre pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 45(1), 93-100.
- De Santiago-Miramontes, M. A., Malpoux, B., & Delgadillo, J. A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal reproduction science*, 114(1), 175-182.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34(1):69-79.
- Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. 2012. Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(10), 1-15.
- Luna-Orozco, J. R., Guillen-Muñoz, J. M., De Santiago, M. D. L. A., García, J. E., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C. A., & Véliz, F. G. 2012. Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical animal health and production*, 44(1), 71-75.
- Maksimovic, N., Hristov, S., Stankovic, B., Petrovic, M. P., Mekic, C., Ruzic-Muslic, D. R. A. G. A. N. A., & Caro-Petrovic, V. I. O. L. E. T. A. 2016. Investigation of serum testosterone level, scrotal circumference, body mass, semen characteristics, and their correlations in developing MIS lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(1), 53-59.
- Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 9(1).
- Mellado, M., & Hernandez, J. R. 1996. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Ruminant Research*, 23(1), 37-42.
- Sogorescu, E., Zamfirescu, S., Rosoiu, N., Anghel, A., & Nadolu, D. 2011. Variations of the testosterone concentration on winter at the Carpathian bucks. *Ann. SRBC*, 16(1), 127-132.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, R. J., & Martin, G. B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of reproduction and fertility*, 102(2), 351-360.
- 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(3), 239-252

CALIDAD DE LECHE DE CABRA BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DURANTE EL PROCESO DE ORDEÑA EN LA COMARCA LAGUNERA

Isidro-Requejo, L.M., Maldonado-Jáquez, J.A., Pastor-López, F.J., Salinas-González, H.

Campo Experimental La Laguna-INIFAP.Bldv. José Santos Valdez No. 1200 pte. Matamoros, Coahuila., C.P. 27445. Col. Centro. e-mail: isidro.luis@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México el ganado caprino se encuentra en regiones áridas y semiáridas con bajo nivel socioeconómico, con escasez de recursos naturales como el agua debido a sequías prolongadas (Baraza *et al.*, 2008), es el segundo productor de cabras en el continente americano, únicamente por debajo de Brasil (Galina y Pineda, 2010), y se ubica como decimoctavo en producción de leche a nivel mundial (FAOSTAT, 2013), los rebaños caprinos están formados en su mayor parte por animales que los productores denominan "criollos" (Merlos-Brito *et al.*, 2008), término que hoy es aceptado y utilizado como "locales" (Montaldo *et al.*, 2010).

La cabra local de la Región Lagunera es una de las pocas especies que se adaptan a altas temperaturas en el verano (>40°C) y bajas precipitaciones (250 mm), es por ello, que algunos autores (Sangare y Pandey, 2000), señalan a las cabras como una especie altamente adaptable al entorno, comúnmente se enfrentan a periodos prolongados de subnutrición (Gómez-Pastén *et al.*, 2010). En este sentido, la alimentación que reciben las cabras bajo el sistema extensivo de la Región Lagunera, es a través del pastoreo de la vegetación nativa de la región, como pastos (*Sporobolus* spp. y *Muhlenbergia* spp.), arbustivas como huizache (*Acacia* spp.), mezquite (*Prosopis* spp.), gobernadora (*Larrea tridentata*), y en ocasiones manilla o inflorescencia de agave (*Agave* spp.). En época de lluvias, la dieta de las cabras es en gran parte a base de especies herbáceas, entre las que destacan el trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), malva (*Sphaeralcea angustifolia*), y rodadora (*Salsola kali*). En ocasiones el ganado puede consumir esquilmos agrícolas de cultivos como melón (*Cucumis melo* L.), sandía (*Citrullus lanatus*), avena forrajera (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum vulgare*) (Maldonado *et al.*, 2017).

Sin embargo, aunque en la Región Lagunera es una zona con una producción importante de leche de cabra, la información disponible sobre calidad de leche es escasa. Esto se atribuye en gran parte a que los productores no llevan registros de producción, no están organizados para la producción, transformación y comercialización de la leche (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2014),

carecen de mucha información y asistencia técnica (Salinas *et al.*, 2011) y tienen un bajo nivel tecnológico (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2015). Por lo anterior, algunos estudios recientes han tratado de aportar información sobre la calidad de la leche de las cabras bajo el sistema de producción extensivo y discuten que la leche presenta un gran potencial para mejorar su calidad (Salinas *et al.*, 2015; Maldonado-Jáquez *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es determinar la calidad de leche bajo dos sistemas de producción y durante el proceso de ordeña en cabras locales de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los ejidos de Sacrificio y Nuevo Reynosa del municipio de Viesca, Coahuila; entre los meses de febrero a mayo del 2017, en donde se muestrearon dos hatos lecheros (uno bajo el sistema de producción semi-intensivo (S.I.) y el segundo bajo el sistema extensivo (S.E.) con un total de 145 cabras en producción. Se realizaron muestreos mensuales en donde se colectaron 100 mL de leche directamente de la ubre (LDU) (Figura 1), de la tina de recolección (LTR) (Figura 2) y almacenamiento (LTA) (Figura 3) en frascos estériles, mismas que fueron trasladadas al laboratorio de Inocuidad Alimentaria y Valor Agregado del Campo Experimental La Laguna-INIFAP. La calidad se determinó mediante el analizador automático Milkoscope Analyzer Expert® (Scope Electric, 2007) calibrado específicamente para leche de cabra.



Figura 1. Leche directa de la ubre



Figura 2. Leche de la tina de recolección



Figura 3. Leche de la tina de almacenamiento

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de grasa entre sistemas de producción, donde el sistema extensivo presentó el mayor contenido de grasa, así mismo, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de grasa durante el proceso de ordeña y donde el mayor contenido de grasa se encontró en la LTR. Por otra parte, no se observaron diferencias entre sistemas de producción y dentro del proceso de ordeña para las variables Densidad, Lactosa, Solidos Totales, Proteína y Solidos No Grasos ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Composición química de leche de cabra bajo dos sistemas de producción y durante el proceso de ordeña.

	Grasa	Densidad	Lactosa	Solidos Totales	Proteína	Solidos No Grasos
S.I.	3.72±0.18 ^b	26.95±0.29 ^a	4.47±0.05 ^a	8.13±0.10 ^a	3.00±0.03 ^a	0.66±0.01 ^a
S.E.	4.46±0.16 ^a	27.22±0.27 ^a	4.59±0.05 ^a	8.35±0.09 ^a	3.07±0.03 ^a	0.68±0.01 ^a
LDU	3.48±0.15 ^b	27.67±0.24 ^a	4.55±0.04 ^a	8.28±0.08 ^a	3.05±0.03 ^a	0.68±0.01 ^a
LTA	4.09±0.25 ^{ab}	26.79±0.49 ^a	4.48±0.07 ^a	8.16±0.13 ^a	3.00±0.05 ^a	0.67±0.01 ^a
LTR	4.70±0.25 ^a	26.80±0.41 ^a	4.55±0.07 ^a	8.28±0.13 ^a	3.04±0.05 ^a	0.67±0.01 ^a

^{ab} Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($p < 0.05$); S.I.= Sistema Semi-Intensivo; S.E.= Sistema Extensivo; L.D.U.= Leche Directa de Ubre; L.T.A.= Leche de Tina de Almacenamiento; L.T.R.= Leche de Tina de Recolección.

Los resultados dentro del sistema de producción únicamente para la variable grasa se pueden atribuir al tipo de alimentación en cada rebaño, al respecto, algunos estudios (Ahamefule *et al.*, 2007; Goetsch *et al.*, 2011) sugieren que cabras en sistemas estabulados presentan menor gasto energético por desplazamiento respecto a cabras en pastoreo, así como una mayor producción de leche, lo que se traduce en menor calidad por efecto de dilución (Martínez-Marín, *et al.*, 2010), así mismo, en este sentido, existen estudios (Mancilla-Leyton *et al.*, 2013) que indican que la leche de cabras en pastoreo generalmente es mayor que la de cabras estabuladas.

Respecto a la calidad en el proceso de ordeña, se esperarían las diferencias encontradas, esto debido principalmente al efecto de concentración de grasa en la LTR, el cual podrá incrementar o disminuir en función de la producción de leche del rebaño, la etapa de lactancia y/o la alimentación que esté recibiendo.

CONCLUSIÓN

El sistema de producción impacta directamente sobre algunas variables de calidad de la leche de cabra, así mismo, la medición de la calidad durante diferentes etapas en el proceso de ordeña sugiere cambios en función de diversos factores ambientales. Por otra parte, el método de medición para estimar la calidad de leche, ya sea directamente del animal o en los recipientes de recolección, dependerá del objetivo que persiga el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahamefule, F.O., Ibeawuchi, J.A., Nwachinemere, G.C. 2007. Comparative evaluation of milk yield and composition of West African Dwarf goats raised in the village and university environment. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(6): 802-806.
- Baraza, E., Ángeles, R., García, A., Valiente, B.A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia* 33: 891-896.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2013
- Galina, H.M.A., Pineda, L.J. 2010. *Zootecnia de Ovinos y Caprinos*. México: Agrosystems Editing. 217 p.
- Gómez-Pastén, M., Mora-Izaguirre, O., Meléndez-Soto, R.M., Romano-Muñoz, J.L., Vera-Ávila, H. y Shimada-Misayaka, A. 2010. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3):205-219.
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S., Gipson, T.A. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3):55-63.
- Maldonado-Jáquez, J.A., Granados-Rivera, L.D., Hernández-Mendo, O., Pastor-López, F.J., Isidro-Requejo, L.M., Salinas-González, H., Torres-Hernández, G. 2017. Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia*. 18(9): 55-75.
- Maldonado-Jáquez, J.A. 2015. Producción de leche y curvas de lactancia de cabras locales en la Comarca Lagunera, México. Tesis como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.
- Maldonado-Jáquez, J.A., Salinas-González H., Valle-Moysen E.D., Triana-Gutiérrez M., Espinoza-Arellano J.J. 2014. Perfil socioeconómico de los caprinocultores del suroeste del Estado de Coahuila, México. XXVII Congreso Internacional de Administración de Empresas Agropecuarias. San José del Cabo, B.C.S. Pp. 753.
- Mancilla-Leyton, J.M., Martín-Vicente, A., Delgado-Pertiñez, M. 2013. Summer diet selection of dairy goats grazing in a Mediterranean Shrubland and the quality of secreted fat. *Small Ruminant Research*. 113:437-445.
- Martínez-Marín, A., Pérez-Hernández, M., Pérez-Alba, L., Gómez-Castro, G., Garzón-Sigler, A. 2010) Efecto de la grasa de la dieta sobre la grasa láctea de los rumiantes: Una Revisión. *Interciencia*. 35 (10): 723-729.
- Salinas, H., Echavarría, F.G., Flores-Najera, M.J., Flores-Ortiz, M.A., Gutiérrez, R., Rumayor, A., Meza-Herrera, C.A., Pastor, F. 2011. Evaluación participativa de tecnologías en caprinos en el semiárido del Norte Centro de México. *Rev. Chapingo Ser. Cs. Forest. Amb.* 17: 225-234.
- Sangare, M., Pandey, V.S. 2000. Food intake, milk production and growth of local, multipurpose goats grazing on dry season natural Sahelian rangeland in Mali. *Animal Science*. 71:165-173.
- Scope, Electric. 2007. *Milkoscope, High Speed Milk Analyzer, Owner's Manual*. Razgrad, Bulgaria.

PRODUCCION DE NITRÓGENO AMONIACAL EN NOVILLOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE MARALFALFA (*Penisetum* spp.)

***Damián Nájera Blanco¹, Osvaldo Reyes Estrada², Francisco O. Carrete Carreón²**

¹Alumno de la Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango, ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UJED, Carretera Durango al Mezquital km 11.5 Durango, Dgo. México.

*e-mail: damian.najera.blanco@gmail.com

INTRODUCCION

Durango es considerado un estado con vocación ganadera, ya que dicha actividad se lleva a cabo en cada uno de sus municipios, pero en los últimos años (2011-2012) se han presentado sequias que han reducido el inventario ganadero en casi un 15 % (Jiménez, 2015). Estas condiciones climáticas prolongadas y recurrentes aunadas a la sobrecarga animal traen como consecuencia que la cantidad y calidad del forraje de los agostaderos no cubra los requerimientos nutricionales del ganado, comprometiendo sus parámetros productivos (Herrera *et al.*, 2011).

Los pastos y forrajes constituyen en la ganadería, la fuente principal de alimento para los rumiantes, por lo que la producción de forraje de elevada biomasa, así como de alto valor nutrimental es de suma importancia, sobre todo en la temporada de estiaje (Gómez, 2012). En los últimos años se ha introducido en México la maralfalfa, la cual como pasto de corte constituye una fuente de alimentación rentable, ya que tiene una elevada producción de forraje (hasta 400 ton/Ha/año) y un alto contenido tanto energético como proteico (Ospina, 2011).

El ensilaje es una técnica de fácil elaboración adaptada por los productores de ganado para alimentar a sus animales, esta consiste en la compactación del forraje para expulsar el aire que se encuentra en él, y así crear un medio anaerobio que permita el crecimiento de bacterias que acidifiquen el forraje. Esta técnica permite la conservación de forrajes producidos en exceso, además de conservar el valor nutritivo del forraje (Cobos, 2012).

Los forrajes pueden satisfacer las necesidades tanto energéticas como proteicas del rumiante, esto debido a su aparato digestivo, especialmente el rumen, que es una cámara de fermentación continua en la cual vive una gran cantidad de microorganismos capaces de aprovechar la energía almacenada en los carbohidratos estructurales de la planta (Díaz, 2014). El éxito ecológico de los rumiantes se debe a los beneficios de la fermentación que ocurre en el rumen (Díaz, 2014), de la cual se obtienen diferentes productos como ácidos grasos volátiles (AGV) por la degradación de los carbohidratos estructurales, amoníaco como resultado de la degradación proteica y gases (metano, bióxido de carbono) (Reyes, 2011).

Las proteínas ingeridas por el rumiante son desdobladas en el rumen por medio de proteasas de los microorganismos, desdoblándolas en péptidos y aminoácidos libres, los cuales serán absorbidos por estos mismos para convertirlos en proteína microbiana o bien, para utilizarlos como fuente de energía separando el grupo amino y desechándolo al medio ruminal y utilizando la cadena carbonada como si se tratara de un carbohidrato. Por otro lado, los grupos amino (-NH₂) libres son convertidos en amoníaco (NH₃) en el ambiente reductor del rumen, por lo cual la concentración de este último indica la actividad proteolítica de las bacterias ruminales (Bondi, 1988; Garriz y López, 2002), por lo cual la concentración de este último será objeto de nuestro estudio en el presente trabajo.

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el km 11.5 de la carretera Durango - Mezquital, en Durango, Dgo. México, con una altitud de 1890 msnm y con coordenadas de 23° 94' latitud norte y 104° 56' longitud oeste. El clima predominante del área es templado seco, con una temperatura media anual de 17 °C con régimen de lluvias en verano y precipitaciones anuales promedio de 450 mm al año (INEGI, 2004).

Se utilizaron cuatro novillos de la raza Brangus, fistulados del rumen y de 350 kg de peso vivo, los cuales se alojaron en corraletas individuales de 6 X 16 metros provistas de comederos y bebederos individuales. Los cuatro animales fueron vacunados, desparasitados y vitaminados antes de iniciar la prueba.

Dietas

Los animales se alimentaron con cuatro diferentes dietas experimentales que se muestran en el cuadro 1, además la composición nutricional es mostrada en el cuadro 2. Cabe mencionar que las dietas fueron balanceadas de acuerdo a los requerimientos nutricionales del NRC (2000), y ofrecidas en base al 3% del peso vivo de los animales.

Periodos de adaptación y muestreo

El experimento duró 60 días, los cuales se dividieron en 4 periodos de 15 días cada uno. En cada periodo hubo un tiempo de adaptación a las dietas de 14 días y en el día 15 se hizo la toma de muestras.

Composición química de la dieta

A las muestras de los forrajes e ingredientes se les determinó materia seca, materia orgánica, proteína cruda (AOAC, 1999); fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina, ceniza ácido insoluble (Van Soest *et al.*, 1991); se estimó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica (Huntington y Burns, 2007).

Cuadro 1. Composición de las dietas y tratamientos experimentales

Ingrediente	Tratamientos			
	I	II	III	IV
Cua				
Ensilado de maralfalfa (%)	0	20	30	40
Ensilado de maíz (%)	40	20	10	0
dro				
Heno de alfalfa (%)	10	10	10	10
2.				
Grano de maíz (%)	40	40	40	40
Harinolina (%)	10	10	10	10
Co				
Vitaminas y minerales (gr diarios)	200	200	200	200
mp				
Bicarbonato de sodio (gr diarios)	150	150	150	150

Composición nutricional (BS) de las dietas experimentales

Componente	Tratamientos			
	I	II	III	IV
Materia seca (%)	96.80	96.49	96.55	97.33
Materia orgánica (%)	94.83	95.44	94.80	94.53
Proteína cruda (%)	11.10	11.10	12.70	12.20
Extracto etéreo (%)	2.94	2.77	3.38	3.40
Fibra Detergente Neutro (%)	34.38	39.08	49.87	44.68
Fibra Detergente Ácido (%)	14.31	16.56	19.21	19.11
Lignina (%)	4.22	4.89	5.35	5.34
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%)	89.14	86.42	87.88	82.27

Fermentación ruminal

El día número 15 de cada periodo y antes de ofrecer las dietas se tomaron 100 ml de líquido ruminal de cada uno de los novillos y se midió el pH inmediatamente, se filtró el líquido ruminal y se tomó una submuestra de 10 ml, la cual se depositó en un frasco con 0.3 ml de ácido sulfúrico al 50% para conservarla y determinar nitrógeno amoniacal (Abdelhadi y Santini, 2006). Hecho lo anterior, se les dio a cada uno de los animales su respectiva dieta y se repitió el procedimiento ya descrito a las 2, 4, 6, 8, 10 y 12 h después de ofrecido el alimento.

Análisis estadístico

El diseño experimental empleado para el análisis del nitrógeno amoniacal (N-NH₃) fue un cuadrado latino, con arreglo factorial. Los factores evaluados fueron el nivel de ensilado de

maralfalfa (tratamiento) y el tiempo de muestreo. El modelo incluyó los efectos del tratamiento, tiempo y la interacción entre ambos. Como efecto aleatorio se consideró el animal anidado dentro del tratamiento. En el análisis de los datos se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2003). Para separar las medias mínimas cuadráticas se utilizó la opción PDIFF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa ($P < 0.05$). A las dos horas después de ofrecido el alimento, el porcentaje de N-NH₃ disminuyó 53% al administrar la dieta que contenía 30% de ensilaje de maralfalfa (T3). Mientras que, a las 6 horas, el porcentaje de N-NH₃ disminuyó 57% en los novillos alimentados con el T2. Estos dos resultados comparados con respecto a T1. Resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Vargas *et al.* (2014), quienes en los ensilajes de maralfalfa que fueron tratados con otro ingrediente obtuvieron valores de N-NH₃ menores con respecto al tratamiento de control, esto por efecto de la inclusión de dicho ingrediente, ya que a medida que fueron aumentando el porcentaje de inclusión, los niveles de N-NH₃ fueron disminuyendo.

Cuadro 3. Medias mínimas cuadráticas de la concentración de N-NH₃ en novillos alimentados con ensilaje de maralfalfa

Tiempo	Tratamientos				EE
	I	II	III	IV	
0	29.9 ^a	28.8 ^a	22.3 ^a	21.8 ^a	3.67
2	40.7 ^a	32.3 ^a	21.7 ^b	36.7 ^a	3.67
4	26.6 ^a	28.6 ^a	17.3 ^a	19.9 ^a	3.67
6	26.2 ^a	15.0 ^b	20.7 ^a	29.4 ^a	3.67
8	14.5 ^a	7.5 ^a	13.2 ^a	18.8 ^a	3.67
10	14.5 ^a	9.7 ^a	10.8 ^a	16.3 ^a	3.67
12	16.7 ^a	15.2 ^a	14.8 ^a	23.2 ^a	3.67

CONCLUSIONES

Al ser la producción de N-NH₃ igual tanto en el ensilaje de maralfalfa como en el ensilaje de maíz, podríamos sustituir totalmente el primero por el segundo y seguir teniendo los mismos beneficios de este compuesto nitrogenado, además de que puede ser favorable el cambio debido a la gran cantidad de biomasa producida por el pasto maralfalfa, con lo cual podríamos tener mayor cantidad de alimento de buena calidad nutricional disponible para el ganado durante la temporada de estiaje e incluso durante todo el año.

BIBLIOGRAFIA

- Abdelhadi, L. O., and F. J. Santini. 2006. Corn silage versus grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: Effects on performance and ruminal fermentation. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 127:33-43.
- AOAC, 1999. Official Methods of Analysis (16th Ed.) Ass. Off. Anal. Chem. 13 Ed. Washington, D. C. USA.
- Bondi, A. A. 1988. Nutrición animal: Metabolismo proteico de los rumiantes, pág. 155.
- Díaz, A.; Galindo, J.L.; Bocourt, R.; Laurencio, M.; Pérez, M. 2014. Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Facultad de Agronomía. Consultado en línea <http://monografias.umcc.cu/monos/2008/Agronomia/m082.pdf>. Fecha de consulta Julio 15 de 2017.
- Garriz, M.; López, A. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. Monografía final del curso Nutrición en la Intensificación. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Bs. As.. Buenos Aires, Argentina. 24 pág.
- Gómez, A. 2012. Etapa de corte ideal para ensilar maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en el norte de México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de ciencia Animal. Coahuila, México. 31 pág.
- Herrera C.J., Y. Herrera, F.O. Carrete, N. Almaraz, N. Naranjo, F. González. 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia* 36(4): 300-305.
- Huntington, G. B. and J. C. Burns. 2007. Afternoon harvest increases readily fermentable carbohydrate concentration and voluntary intake of gamagrass and switchgrass baleage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 85:276-284.
- INEGI. 2004. Cuaderno Estadístico Municipal, Durango. Estado de Durango. México
- Jiménez, R.; Domínguez, P.A.; Galindo, C.F.; Pereda, M.E., 2015. Sistema de producción vaca-becerro en Durango. Folleto para productores Núm. 19. INIFAP. Durango, México. 32 pág.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition, 1996. National Academy Press. Washington, D.C.
- Ospina, J.C. 2011. Rehabilitación de praderas mediante el uso de sistemas silvopastoriles utilizando cercas vivas en matarratón (*gliricidia sepium*) y bancos mixtos de forraje en maralfalfa (*pennisetum sp*) y botón de oro (*tithonia diversifolia*). Tesis de especialidad. Facultad de ciencias Administrativas y Agropecuarias. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas-Antioquia, Colombia. 48 pág.
- Reyes, O. 2011. Evaluación integral del estado nutricional del ganado bovino en pastoreo. Tesis de Doctorado. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México. 53 pág.
- Cobos, 2012. M.A.. Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. Colegio de posgraduados. Especialidad de ganadería. Consultado en internet <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Silos%20Forrajeros.pdf>. Fecha de consulta Julio de de 2017.
- SAS. 2003. SAS User's Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Vargas, S.A.; Noguera, R.R.; Posada, S.L., 2014. Inclusión de vinaza de caña y su efecto sobre el perfil de fermentación y calidad nutricional del ensilaje de pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Livestock Research for Rural Development.* 26. Artículo # 216. Consultado en línea <http://www.lrrd.org/lrrd26/12/varg26>. Fecha de consulta Julio 23 de 2017.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NAZAS

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes^{1*}, José Villanueva-Díaz², Fátima del Rocío Reyes-Camarillo³

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Gómez Palacio Durango, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Gómez Palacio, Durango, México. ³Universidad Autónoma de Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango.

*im_aldo09@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el acelerado incremento de la población a nivel nacional ha ocasionado una creciente satisfacción de las necesidades básicas de la sociedad como lo son vivienda, alimentos, empleo, etc., por lo cual el suelo ha sido objeto de un desgaste excesivo, aunado a un deterioro natural en conjunto de la topografía característica que posee, factores antrópicos como la ganadería y la agricultura han dejado susceptible al recurso natural suelo, con la apertura de zonas cultivadas y una extensiva actividad. Las causas principales de erosión es la deforestación, las malas prácticas agrícolas y el sobrepastoreo, el impacto generado por cada aspecto es 29, 28 y 35% respectivamente. En la nación el 22% de los suelos presentan degradación por erosión hídrica, que de acuerdo a la clasificación FAO va de moderada a extrema. Este es un problema nacional que su principal partícipe es la erosión hídrica que ocasiona generación tras generación un impacto ambiental muy importante, repercutiendo en las actividades agropecuarias de todo el país, impacto importante en la obtención de insumos para la población (SEMARNAT, 2005).

En México se han desarrollado mapas de erosión, mas sin embargo es de vital importancia actualizar dicho material, actualmente INEGI ha desarrollado información importante que coadyuva a la generación de nuevos mapas de erosión hídrica que aplicando el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), brindaría un mejor panorama de las condiciones del suelo, en contraste con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM) que presenta inconsistencias al aplicarla en el territorio Nacional (Figueroa *et al.*, 2011, Flores *et al.*, 2003). La cuenca alta del río Nazas es fuente primordial de la producción de agua que abastece y es sustento de la producción económica de la Región Lagunera debido al agua almacenada en la presa Lázaro Cárdenas proveniente de escurrimientos. El objetivo del presente estudio es evaluar las condiciones actuales de la cuenca alta del río Nazas en materia

de erosión hídrica de acuerdo a la clasificación por FAO debido al estatus de importancia que tiene para el desarrollo y bienestar de la zona metropolitana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca alta del río Nazas se localiza al noroeste del estado de Durango entre las latitudes 24°0'00" y 26°30'0" norte, así como 104°50'0" a 106°20'0" longitud oeste (Figura 1), con una superficie de 18,327.5161 km², de acuerdo a Koppen modificado por García, su clima es semiárido templado con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, con lluvias en la mayor parte de la cuenca de 400 a 500 mm con una elevación máxima de 3,282 m.s.n.m. y una mínima de 1,411 m.s.n.m. (CONABIO, 2001; INEGI 2001). Para hacer el estimado de la cantidad de suelo erosionado por efectos hídricos en ton ha⁻¹ año⁻¹, es necesario emplear la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) (Haan *et al.*, 1994). Este estimador genera una cuantificación del promedio anual de erosión usando una relación lineal de varios factores expresados de la siguiente manera:

$$A=R*K*L*S*C*P$$

Donde:

A = Tasa de erosión anual (ton ha⁻¹ año⁻¹), R = Factor de erosividad por la lluvia (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹), K = Factor de erosionabilidad del suelo (ton ha⁻¹ h⁻¹), L = Longitud de la pendiente (adimensional), S = Factor del grado de la pendiente (adimensional), C = factor de manejo del cultivo (adimensional) y P = Factor de prácticas de conservación (adimensional).

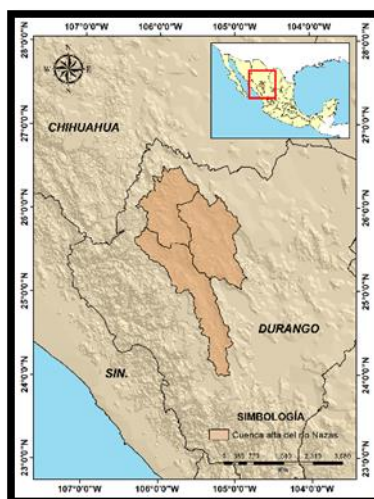


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca alta del río Nazas en el estado de Durango.

El factor de erosividad R, es aquella capacidad potencial de la lluvia para causar erosión al suelo, a partir de ecuaciones de erosividad la República Mexicana se divide en 14 diferentes regiones, en donde es necesario optar por el modelo acorde a la zona de estudio (Becerra, 1997).

En este caso la ecuación requerida para cuantificar el factor R regido por la lluvia es:

$$3.6752 * P + 0.001720 * P^2$$

En donde P es el valor de la precipitación media anual, expresada en mm.

Para el cálculo de esta variable es necesario obtener los valores de precipitación de la zona de estudio, actualmente esta base de datos se encuentra muy escasa, por lo cual para dar una aproximación a una condición más actual de la precipitación, los datos fueron extraídos del Servicio Meteorológico Nacional del año 2015, los datos fueron puntuales espacialmente, por lo cual una interpolación fue requerida (IDW) para normalizar y distribuir espacialmente la variable (Figura 2).

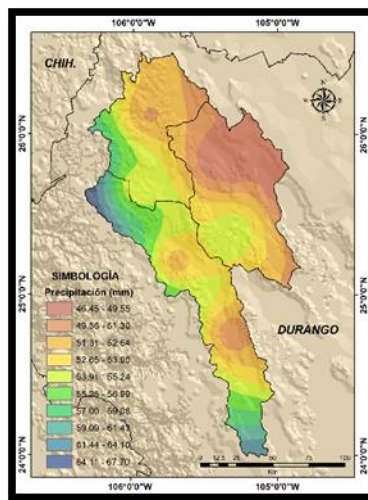


Figura 2. Distribución espacial de la precipitación para la cuenca alta del río Nazas empleando el modelo de interpolación IDW.

Cabe señalar que fue necesario establecer un parámetro estándar para trabajar los diferentes archivos raster, por lo cual fue requerido homogeneizar los valores de filas y columnas de la interpolación de acuerdo a los establecidos por el modelo digital de elevación extraído del municipio de Durango para el área en cuestión, con el fin de generar matrices raster con el mismo número de filas y columnas y obtener el producto final de erosión, en este caso son

5,008 columnas y 9,388 filas, acorde al modelo digital de elevación con una resolución espacial de 30 m. por pixel de INEGI.

Aplicando la ecuación correspondiente a la zona, el resultado del factor R es el siguiente (Figura 3):

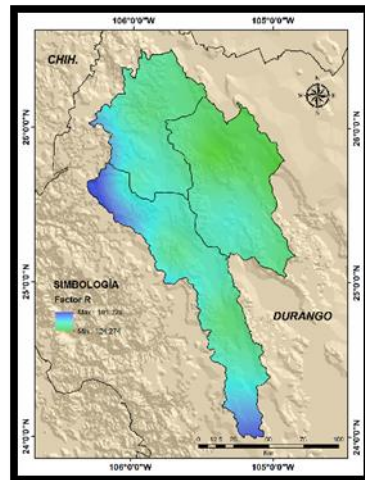


Figura 3. Distribución espacial del factor R de erosividad causado por lluvia.

El factor K está determinado por el tipo de roca, que de acuerdo a la carta temática de geología obtenida del geoportal de INEGI, los tipo de roca que resaltan en la cuenca son los siguientes ígnea extrusiva ácida, conglomerado, ígnea extrusiva intermedia, caliza lutita, y lutita arenisca, con una superficie de 1'300,000 ha, 395,835.05 ha, 18360.57 y 5,896.33 ha respectivamente (Figura 4). El factor LS es aquel que se representa por la topografía y relieve del suelo de manera conjunta (Figura 5 y 6), el factor L en sí, es la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente, el factor S refleja el impacto a causa de la pendiente en la influencia de una producción de sedimentos, ambos son calculados con el modelo digital de elevación, archivo raster con resolución espacial de 30 m por pixel.

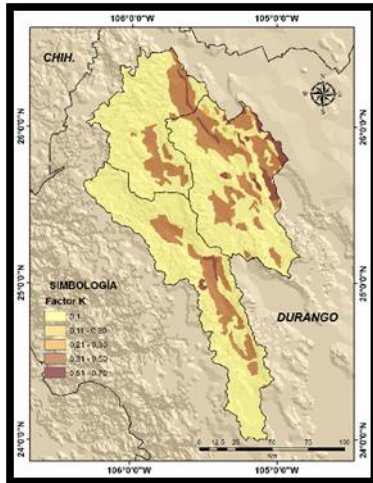


Figura 4. Distribución espacial del factor K de la cuenca alta del río Nazas.

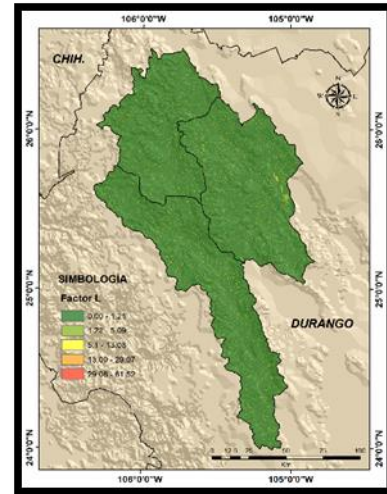


Figura 5. Distribución espacial del factor L.

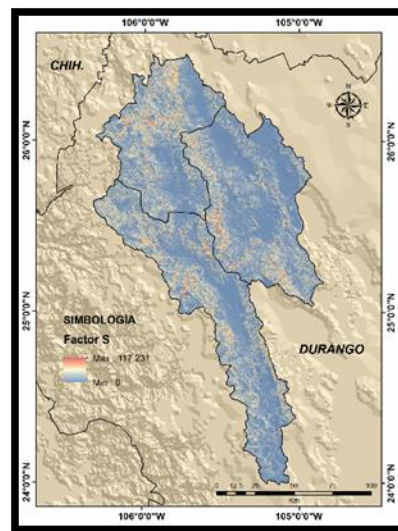


Figura 6. Distribución espacial del factor de erosividad S.

El factor S representa la pendiente que va de rango desde 0 que es una planicie, hasta 117.231 % de pendiente en el relieve, este factor puede ser cuantificado empleando curvas de nivel con espaciado equidistante, pero para mejores resultados el modelo digital de elevación fue la mejor opción, ambos factores son adimensionales.

Para el factor C es necesario establecer valores de acuerdo a la cobertura vegetal existente en la zona de estudio, por el hecho de que este factor indica como el plan de conservación afecta

la tasa de erosión promedio anual y cómo la pérdida de suelo se distribuirá durante el tiempo acorde las actividades de construcción, rotación de cultivos y otros esquemas de manejo, así como los cambios existentes en el uso de suelo (Montes *et al.*, 2011).

Fue necesaria la conversión del archivo vectorial de uso de suelo y vegetación serie V ya clasificada con respecto a su cobertura a formato vector, empleando de igual manera que con la capa geológica una homologación en tamaño de pixel y número de columnas y filas (Figura 7).

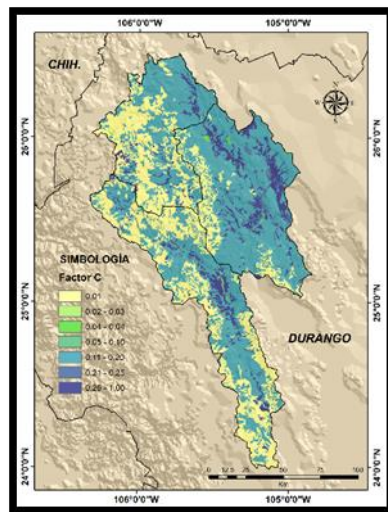


Figura 7. Distribución espacial del factor C de erosividad.

El factor por prácticas de conservación P es la relación existente entre el suelo perdido con cierta práctica de conservación a la correspondiente en un suelo bajo un cultivo en el sentido de su pendiente (Figuroa *et al.*, 1991). De acuerdo a la información disponible no se detectó en la zona una región significativa en la cual se lleve a cabo alguna práctica de conservación de suelo, por lo tanto, el factor P será la unidad, $P=1$. En la figura 8 se presenta la erosión hídrica ocasionada por los diferentes factores que la conforman, esto empleando la metodología de álgebra de mapas, que permite tomar en cuenta cada uno de ellos y ponderar de acuerdo a su impacto, arrojando un mapa de la distribución espacial en unidades de $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, de acuerdo a la clasificación FAO que se muestra en la Tabla 1, donde de acuerdo a los rangos de erosión, se reclasifica la Figura 8, arrojando cinco clases diferentes que agrupan valores de erosión y establece espacialmente las zonas con un impacto de nulo a muy alto (Figura 9).

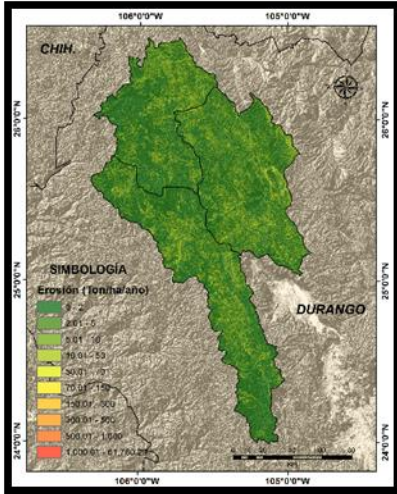


Figura 8. Distribución espacial de la erosión hídrica en la en la cuenca alta del río Nazas.

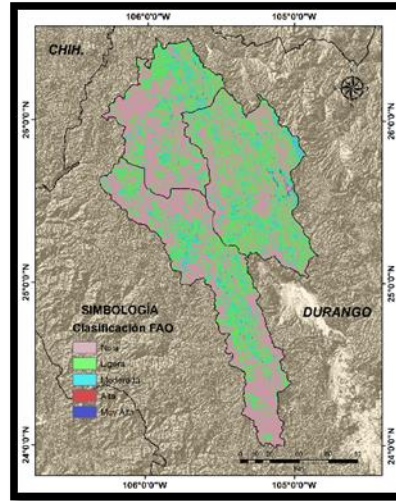


Figura 9. Rangos de erosión hídrica según la clasificación por FAO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que en gran parte de la zona de estudio un casi un 62.86% de su superficie total se encuentra en situación de erosión nula, y solamente un 0.04 % de ella se encuentra en la clase de erosión muy alta, esto para los rangos extremos, aunque es muy amplia el área de nulo, hay que poner interés en las clases intermedias, ya que se tiene en rango de moderado un 7.79 % y alta de 0.18%, ciertamente es muy poca la superficie afectada por estas categorías, pero esto no implica que se realicen actividades que mitiguen la erosión, es decir, en un 9% de la cuenca urgen obras de conservación de suelo y prácticas de manejo del agua, ya que el suelo se pierde con valores de entre 10 y 200 ton ha⁻¹ año⁻¹.

Tabla 1. Clasificación FAO de la erosión hídrica en la cuenca alta del río Nazas.

Clase	Rango de erosión (ton ha ⁻¹ año ⁻¹)	Superficie afectada	
		ha	%
Nula	<2	1'152,175.97	62.86
Ligera	2 – 10	533,464.86	29.10
Moderada	10 – 50	142,917.5	7.79
Alta	50 – 200	3,411.36	0.18
Muy Alta	>200	781.92	0.04
Total		1'832,751.61	100

CONCLUSIONES

La cuantificación de la erosión hídrica en las diversas partes de la cuenca permite definir los sitios que requieren acciones de conservación o de remediación, que se estiman en un 9% del área total. Las acciones que se emprendan en este sentido son de gran importancia para el funcionamiento hidrológico de la cuenca y para la sustentabilidad productiva de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra, M. A. Erosión de suelos. México, D.F.: Universidad Autónoma de Chapingo, 1997.
- Figueroa Jáuregui, M. L.; Ibáñez-Castillo, L. A.; Arteaga-Ramírez, R.; Arellano Monterrosas J. L.; Vázquez-Pena, M. 2011. Cambio de Uso de Suelo en la Cuenca de San Cristóbal de las Casas, México. *Agrociencia* 45: 531-544.
- Flores López, H. E.; Martínez Menes, M.; Oropeza Mota, J. L.; Mejía Sáenz E.; López Carrillo R. 2003. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. *Terra* 21: 233-244.
- Haan, C. T.; Barfield, B. J.; Hayes J. C. 1994. *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*. Academic Press. San Diego, CA. USA. 588 p.
- INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Cubierta Vegetal y Uso Agrícola, Escala 1:250,000 Serie V. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2013.
- Montes, L.M.A.L. Predicción de la erosión hídrica para la elaboración de planes de conservación de suelos a nivel cuenca. Tesis de Grado Maestría. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, México, 2002.
- SEMARNAT, 2005. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE CULTIVOS FORRAJEROS MEDIANTE SENSORIA REMOTA

Gerardo Delgado Ramírez¹, Miguel Rivera González¹, Hilario Macías Rodríguez¹, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹, y Alan J. Servín Prieto²

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA; INIFAP). Canal Sacramento km 6+500. Gómez Palacio, Dgo., México.

²Tecnico auxiliar de investigador del CENID RASPA, INIFAP.

1

INTRODUCCIÓN

En la Agricultura, la evapotranspiración (ET) es una de las variables elementales para promover un uso más eficiente del agua, por esto la necesidad de tener estimaciones precisas (Murillas y Londoño, 2014). La correcta estimación de la ET en áreas semiáridas es vital para la gestión hídrica de las mismas (Villagarcía *et al.*, 2010).

En la actualidad, existen varias metodologías para determinar la ET de forma directa o indirecta, destacando métodos, como: lisímetro de pesada, técnicas de Eddy Correlation y relación Bowen, tanque evaporímetro, formulas empíricas como: Penman-Montieth, Hargreaves – Samani, etc. Pero estas metodologías proporcionan resultados de forma puntual y sobre todo asumiendo que espacialmente el cultivo se encuentra en las mismas condiciones, despreciando la variabilidad de suelo (propiedades físicas), sistema de riego, topografía, manejo de cultivo, etc., variables que influyen en el consumo de agua de los cultivos.

La sensoria remota es una herramienta muy útil para el cálculo de los parámetros que intervienen en el proceso de la ET. Además, presenta ventajas sobre los métodos mencionados anteriormente, debido que puede presentar valores de ET de forma espacial y temporal. Una opción para estimar la ET por teledetección, es el modelo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm For Land). Este se basa en la ecuación de conservación de energía y utiliza información espacial de diferentes sensores que proporcionen imágenes donde se registre radiación visible, infrarroja cercana y termal. Con lo referente al coeficiente de cultivo (Calera *et al.*, 2001) propone una técnica, la cual una relación lineal entre el NDVI y la fracción de cobertura verde, dando resultados con mayor precisión.

El presente trabajo consistió en generar una metodología para la estimación del consumo de agua de cultivos forrajeros mediante imágenes de satélite con el propósito de colaborar en la optimización y gestión del recurso hídrico en la agricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un predio agropecuario de la Región Lagunera de Coahuila ubicado en el municipio de Matamoros, Coah. El maíz forrajero se sembró el 7 de marzo y se cosechó el 21 de junio del ciclo primavera – verano 2017. La densidad de siembra fue de aproximadamente 115 mil plantas por hectárea (estableciendo 8 plantas por metro y espaciamiento entre surco de 75 cm). El procedimiento para la estimación del consumo de agua del cultivo de maíz forrajero fue el siguiente:

1) Descarga de la imagen de satélite. Para desarrollar el modelo SEBAL, se utilizaron siete imágenes Landsat 8 adquiridas por sensores OLI y TIR (Path= 30, Row= 42), estas fueron obtenidas desde la página USGS (<http://landsatlook.usgs.gov/>).

2) Obtención de datos meteorológicos. Los datos fueron obtenidos de la estación climatológica del Campo Experimental La Laguna perteneciente a la red de estaciones climatológicas del INIFAP, la cual se ubica cerca del área de estudio. La información meteorológica fue indispensable para la calibración interna del modelo SEBAL.

3) Preprocesamiento y calibración de las imágenes. Al implementar el modelo SEBAL fue necesario convertir los niveles digitales (DN) de la imagen a parámetros físicos con el fin de obtener la radiancia espectral y la reflectancia, estos representaron las bases físicas para el procesamiento de SEBAL y se realizaron mediante el software QGIS. La radiancia espectral representa la energía solar reflejada por cada píxel, se calcula mediante coeficientes calibrados incluidos en los metadatos de la imagen y la reflectancia representa la proporción de energía reflejada con respecto al total de energía incidente, primero se calculó la reflectancia en la parte superior de la atmósfera usando los coeficientes de reflectancia reescalados, suministrados en los metadatos.

4) Estimación de la ET mediante el modelo para el Balance de Energía Superficial (SEBAL). La estimación de la ET para cada píxel de la imagen fue mediante el balance de energía superficial (Allen *et al.*, 2002).

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

Dónde: λET es el flujo de calor latente (w/m^2), R_n es el flujo de radiación neta en la superficie (w/m^2), G es el flujo de calor de suelo (w/m^2) y H es el flujo de calor sensible del aire (w/m^2). Por ende, se calcularon cada uno de sus componentes, en donde la energía consumida por el proceso de ET se estima como el residuo de la ecuación (1).

a) *Albedo superficial* (α). Este parámetro fue calculado en primera instancia en la parte superior de la atmósfera (α_{toa}), a partir de la reflectancia de las bandas 2 a la 7. Para aplicar el SEBAL, fue necesario que los valores fueran referidos a la superficie de la tierra (Núñez, 2009). Por lo

tanto, se corrigió mediante la transmisividad atmosférica (TSW) que varía en función de la altura sobre el nivel medio del mar. Una vez obtenidos los valores para TSW y α_{toa} se utilizó la ecuación propuesta por (Bastiaanssen et al., 2002) para calcular el albedo en la superficie.

b) Índices de vegetación: NDVI, SAVI y LAI. El índice de vegetación normalizado (NDVI) se calculó a partir de la información obtenida por las bandas del rojo y del infrarrojo cercano. Para calcular el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) la metodología incorpora una constante L, el valor propuesto en esta metodología fue de 0.5, este fue representativo a las características del suelo del área de estudio según la literatura. Para el cálculo del índice del área foliar (LAI) se utilizó el valor de SAVI, el cual determinó la biomasa de cada píxel y fue utilizado para estimar la emisividad de la superficie.

c) Emisividad de la superficie (ϵ_o). El cálculo de la emisividad térmica superficial se determinó en función del índice LAI de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\epsilon_o = 0.95 + 0.01 * LAI \quad (2)$$

d) Temperatura superficial (T_s). A partir de la radiancia de las bandas térmicas se realizó la conversión a temperatura de brillo mediante la función de Planck, donde las constantes térmicas K1 y K2 se encuentran en los metadatos. El cálculo de la temperatura superficial estuvo en función de la temperatura de brillo y la emisividad de la superficie obtenida anteriormente.

e) Coeficiente de rugosidad de la superficie (Zom). Este parámetro se estimó a partir del NDVI y el albedo superficial usando la ecuación empírica modificada por (Allen et al., 2001).

f) Radiación neta (Rn). La radiación neta se determinó a partir de los parámetros albedo superficial, emisividad de la superficie y la temperatura superficial. Además, se estimaron las radiaciones de onda corta incidente y las radiaciones de onda larga incidente por la superficie.

g) Flujo de calor del suelo (G). Este parámetro representa parte de la energía que es almacenada en el suelo y la vegetación por el proceso de conducción, depende de la conductividad térmica del suelo y la temperatura vertical gradiente. Para determinar “G” se utilizó la relación empírica desarrollada por (Bastiaanssen, 2000), donde “G” puede expresarse como función de la radiación neta (Rn), la temperatura superficial y parámetros de la vegetación.

h) Flujo de calor sensible (H). Para el cálculo se realizó una serie de iteraciones con el fin de corregir las variables de la resistencia aerodinámica (r_{ah}), la diferencia entre temperaturas (d_T) y la densidad del aire (ρ) por los efectos de la inestabilidad atmosférica. La estimación de “H” se realizó a partir de una medida de la velocidad del viento en el área de estudio, para la misma hora de la captura de la imagen, con la cual se calculó la velocidad de fricción (u^*) solo para la

estación meteorológica. Luego se calculó (U_{200}) que es la velocidad del viento a una altura de 200 m donde se asume que los efectos de la rugosidad de la superficie son despreciables en el cálculo.

Como la temperatura del aire para cada pixel es desconocida, SEBAL calcula asumiendo una relación lineal entre (d_T) y (T_s). Para establecer esta regresión lineal se seleccionaron dos pixeles para cada imagen estudiada, uno completamente “seco-caliente” donde no hay “ET” y otro completamente “húmedo-frío” donde se espera un 100% de ET. Una vez establecidos los pixeles “frío” y “caliente” con sus respectivos parámetros se obtuvo la regresión lineal para el cálculo de (d_T) para cada pixel. Posteriormente, se estimaron los valores de “H” y “ d_T ” de forma fiable.

i) Flujo de calor latente (LE), calor latente de vaporización (λ), ET instantánea (ET_{inst}) y fracción de ET de referencia (ET_{rF}).

El flujo de calor latente (LE) fue calculado como el residuo de la ecuación del balance de energía utilizando la ecuación de (Bastiaanssen, 1998). Luego se estimó el calor latente de vaporización (λ) que varía en función de la temperatura superficial. Obtenidos “LE” y “ λ ” se calculó la ET instantánea (ET_{inst}). Por último, se calculó la fracción de ET de referencia (ET_{rF}), este parámetro es de importancia para el cálculo de la evapotranspiración diaria y mensual.

j) Evapotranspiración Diaria (ET_{24}). El cálculo se realizó suponiendo que la “ ET_{rF} ” se mantiene constante durante todo el día, debido a que la humedad del suelo no varía de manera significativa durante un período de 24 horas (Shuttleworth et al., 1989; Brutsaert, 1992). La “ ET_{24} ” en mm.día⁻¹ se calculó a partir de la “ ET_{rF} ” mediante la siguiente ecuación:

$$ET_{24} = ET_{rF} * ET_{r24} \quad (3)$$

Dónde: ET_{rF} es la fracción de ET_r y ET_{r24} es la evapotranspiración de referencia acumulada para el día de la imagen.

k) Evapotranspiración Mensual ($ET_{mensual}$). Los valores de “ ET_{24} ” fueron representativos para la fecha específica de la imagen. Por lo tanto, fue necesario determinar los valores “ $ET_{mensual}$ ” por medio del cálculo de los valores diarios de la evapotranspiración de referencia (ET_r) para todo el período, utilizando el método de Penman-Monteith y los datos de la estación meteorológica. La “ $ET_{mensual}$ ” se calculó con la siguiente ecuación:

$$ET_{mensual} = \sum(ET_{24}) \left(\frac{ET_{rFmensual}}{ET_{r24}} \right) \quad (4)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En una primera instancia, se presentan los resultados de algunos parámetros calculados con el modelo SEBAL para determinar la evapotranspiración instantánea “ ET_{inst} ” para cada una de las imágenes que fueron necesarias para cubrir el ciclo vegetativo del maíz forrajero (106 días). En el Cuadro 1 se observa que los valores mínimos de “ ET_{inst} ” se presentaron en la etapa inicial y final del ciclo del cultivo. No así, en el ciclo intermedio o mediados de cultivo, ya que presentaron los valores máximos. En esta etapa fenológica corresponde la floración y maduración del fruto, siendo la etapa de mayor consumo de agua.

Cuadro 1. Parámetros calculados para la obtención de la Evapotranspiración instantánea (ET_{inst}) mediante el Modelo SEBAL para cada escena de estudio.

Fecha	Rn ($w m^{-2}$)	H ($w m^{-2}$)	λET ($w m^{-2}$)	ET_{inst} ($mm hr^{-1}$)
24 Marzo 2017	502.9	169.9	248.1	0.37
09 Abril 2017	496.7	144.0	243.6	0.38
25 Abril 2017	463.4	209.6	139.3	0.39
11 Mayo 2017	545.4	142.7	297.9	0.44
27 Mayo 2017	586.5	107.1	390.3	0.58
12 Junio 2017	556.9	127.1	344.3	0.51
28 Junio 2017	477.3	158.7	211.7	0.31

En la Figura 1 se observan los valores estimados de la evapotranspiración de referencia diaria calculada por los métodos indirectos SEBAL y Penman-Monteith para cada escena o imagen. Existe un rango de porcentaje de error de -13.9 a 0.27%, este puede reducirse si se compararan los valores de evapotranspiración instantánea. Este comparativo no se pudo realizar, ya que la estación climatológica por el momento no dispone de los valores de la evapotranspiración horaria.

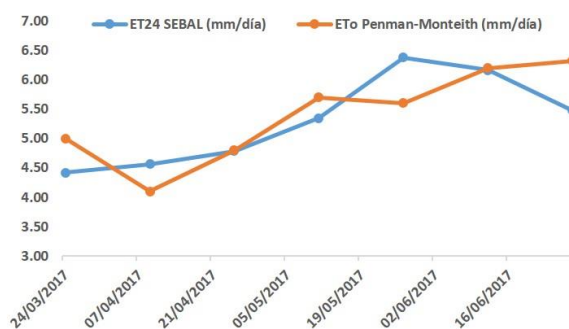


Figura 1. Evapotranspiración de referencia diaria del cultivo de maíz forrajero mediante los modelos SEBAL y Penman – Monteith.

La evapotranspiración de referencia diaria acumulada fue de 571.2 mm mediante el modelo SEBAL y 602.4 mm con el método de Penman-Monteith. Ambos resultados presentaron una

diferencia de 31.2 mm, equivalente a un 5%. (Koloskov et al., 2007) reportó una diferencia del 3.5% comparando ambos modelos.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los parámetros NDVI, coeficiente de cultivo basal (Kcb) y la evapotranspiración de cultivo o real para cada escena. Cabe mencionar que se están analizando los resultados de muestreos de humedad de suelo que se realizaron antes y después del paso del satélite Landsat 8 con el propósito de determinar el consumo de agua y comparar esta información con los datos estimados de esta propuesta. De igual forma se comparará dicha información con softwares que estiman la evapotranspiración de cultivo mediante fórmulas empíricas.

Cuadro 2. Parámetros calculados para la obtención de la Evapotranspiración instantánea (ET_{inst}) mediante el Modelo SEBAL para cada escena de estudio.

Fecha	NDVI	Kcb	ETc (mm día ⁻¹)
24 Marzo 2017	0.21	0.37	1.0
09 Abril 2017	0.22	0.37	1.9
25 Abril 2017	0.34	0.53	5.6
11 Mayo 2017	0.60	0.85	4.6
27 Mayo 2017	0.67	0.94	3.3
12 Junio 2017	0.71	0.97	3.4
28 Junio 2017	0.36	0.54	1.2

CONCLUSIONES

En base a los resultados presentados se puede concluir que es viable la utilización del modelo SEBAL para la estimación de la evapotranspiración de los cultivos, así como la técnica propuesta por (Calera et al., 2001) para la obtención de los coeficientes de cultivo basal y de evaporación de suelo. Sin embargo, es necesario realizar pruebas adicionales que permitan seguir evaluando la precisión de la metodología propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R., Morse, A., Tasumi, M., y W. Bastiaanssen. 2001. Landsat Thematic Mapper for Evapotranspiration via the SEBAL process for Water Rights Management and Hydrologic Water Balances. AGU Spring Meeting Abstracts. p.p. 14 - 35.
- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R. y W. Bastiaanssen. 2002. SEBAL, Surface Energy Balance Algorithms for Land. Advance Training and Users Manual. Idaho: a NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company University of Idaho.
- Bastiaanssen, W. 1998. Remote sensing in water resources management: the state of the art. International Water Management Institute. p.p. 30 – 31.
- Bastiaanssen, W., Allen, R., Tasumi, M., y R. Trezza. 2002. Surface Energy Balance Algorithms for Land SEBAL. Idaho Implementation. Advanced Training and Users Manual. p. 92.
- Brutsaert, W. 1992. Application of self-preservation in the diurnal evolution of the surface energy balance budget to determine daily evaporation. Journal of Geophysical Research.

- Calera, A., Martínez, C., y J. Meliá. 2001. A procedure for obtaining Green palnt cover: relation to NDVI in a case of study for Barley. *International Journal of Remote Sensing*. p.p. 3357- 3362.
- Koloskov, G., Mukhamejanov, K., y T. W. Tanton. 2007. Monin-Obukhov length as a cornerstone of the SEBAL calculations of evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 335, p.p. 170 – 179.
- Murillas, R., A., y E., A., Londoño, C. 2014. Estimación de la evapotranspiración en cultivos de arroz con sensores remotos. Tesis Licenciatura. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. Santiago de Calí. Colombia.
- Núñez, J., C. M. 2009. Modelación del flujo de calor del suelo y aplicación de algoritmo de cálculo de evapotranspiración mediante teledetección. Tesis Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Shuttleworth, W., Gumer, R., Hsu, A., y J. Omsby. 1989. FIFE: the variation in energy portioning at surface flux sites, remote sensing and large scale global processes. *International Association of Hydrological Sciences*. p.p. 67 – 74.
- Villagarcía, L., Were, A., García, M., y F. Domingo. 2010. Sensitivity of a clumped model of evapotranspiration to surface resistance parameterisations: Application in a semi-arid environment. *Agricultural and Forest Meteorology*. p.p. 1068 – 1078.

INFLUENCIA DE ENSO EN LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL SUROESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Rosalinda Cervantes Martínez¹, Julián Cerano Paredes^{2, 4}, Gerardo Esquivel Arriaga², José Villanueva Díaz² y Guillermo Sánchez Martínez³

¹FAZ-UJED. DICSRA. Venecia, Durango, México. Correo: rosy_cervantes23@yahoo.com.mx

²INIFAP, CENID-RASPA. Km. 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango.

³INIFAP, CIR NORTE-CENTRO, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, México.

⁴UNAM, Instituto de Geografía. Ciudad de México, México.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad en el clima en las últimas décadas a nivel mundial, ha despertado un gran interés por estudiar tendencias de eventos extremos en una escala más amplia, cientos o miles de años. Sin embargo, los datos observados son muy cortos, representando los registros proxy una excelente alternativa. En México, en la última década con base en la dendrocronología, se han reconstruido series paleoclimáticas y analizado la influencia de fenómenos climáticos de circulación general como El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Cerano *et al.*, 2011).

Los episodios Cálido/El Niño y Frío/La Niña forman parte de un ciclo conocido como ENSO. El Niño y La Niña son los ejemplos más evidentes de la variabilidad climática global siendo parte fundamental de un vasto y complejo sistema de fluctuaciones climáticas, con un intervalo medio de duración de cuatro años y un rango de 2 a 7 años (Trenberth, 1997). En los últimos decenios se ha encontrado que gran parte de las fluctuaciones en la variabilidad climática está altamente relacionada con el fenómeno de ENSO (Díaz y Markgraf, 1992). En México, la variabilidad que el clima presenta año con año está en gran medida determinado por la ocurrencia del fenómeno ENSO (Magaña *et al.*, 1999, Cerano *et al.*, 2011). Sin embargo, aún falta mucho por hacer, el presente trabajo busca incrementar la red de estudios dendrocronológicos y determinar la influencia de ENSO en la variabilidad de la lluvia en esta región del norte del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la parte más alta de la Sierra Alta Tarahumara, en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, a 40 kilómetros de la ciudad de Creel, en los paralelos 27° 50' 25" N y 107° 35' 21" W (Figura 1), se seleccionaron tres sitios de estudio, Predio Particular Las Chinas (PPC), el Cuervo (CUE) y Talayotes (TAL) (Figura 1; Tabla 1), se tomaron muestras de árboles vivos con taladro de

Pressler de 5 y 12 mm de diámetro y longitudes variables. Se colectó un total de 163 muestras de *Pinus arizonica*; 45, 65 y 53 árboles para TAL, CUE y PPC, respectivamente (Tabla 1).

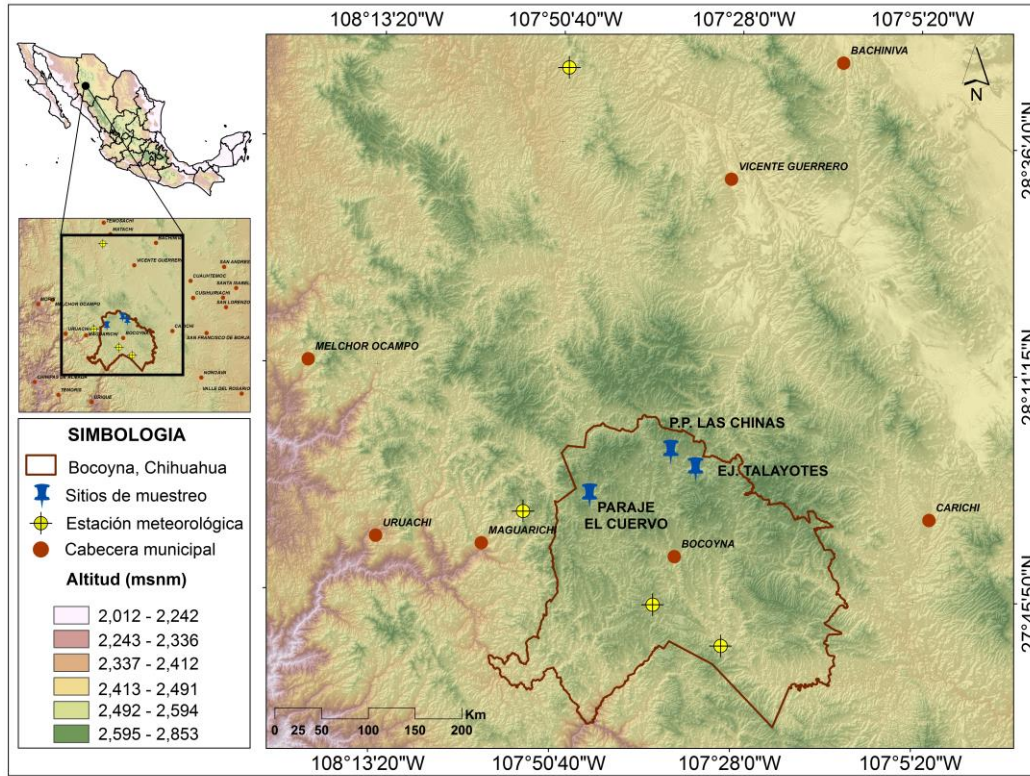


Figura 1. Localización de las áreas de estudio en el municipio de Bocoyna al noroeste del estado de Chihuahua.

Se determinó el año exacto de cada uno de los crecimientos anuales mediante la comparación de los patrones de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996). La calidad del fechado se verificó con el programa COFECHA (Holmes, 1983). Para estandarizar el ancho de anillo y resaltar la condición climática, se utilizó el programa ARSTAN (Cook y Holmes, 1984). Con base en un análisis de función de respuesta entre la cronología y datos mensuales y acumulados de precipitación de las estaciones meteorológicas Creel, Huicorachi, Arroyo de agua y La Tinaja, se determinó el intervalo anual de precipitación que más influye en el crecimiento de *P. arizonica*. Este análisis se corrió en el programa estadístico STATISTICA Kernel reléase 10.0.

Tabla 1. Cronologías de *P. arizonica* generadas para el suroeste del estado de Chihuahua.

Nombre Sitios de trabajo	Longitud W	Latitud N	Altitud (msnm)	Longitud de cronología	Número de árboles	Número de muestras
PPC	-107.6004	28.0384	2536	265	55	107
CUE	-107.7756	27.9492	2458	369	60	118
TAL	-107.5486	27.9902	2648	214	45	134

Se generó un modelo de regresión lineal con base en los datos observados de precipitación y el índice de anillo total de la cronología residual empleando el programa STATISTICA 10.0. Con la subrutina VERIFY 5 del paquete de Programas Dendrocronológicos de la Universidad de Arizona (DPL por sus siglas en inglés), se corrieron las pruebas estadísticas de Calibración y Verificación en el periodo común de datos observados. Finalmente, el modelo se validó para el período total de datos observados y se aplicó para el periodo total de la cronología. Para analizar la influencia del fenómeno climático El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) en la variabilidad de la precipitación reconstruida para el noroeste del estado de Chihuahua, se relacionó el índice Niño 3 SST (1400-1978; Cook, 2000) con la precipitación reconstruida enero-septiembre. Esto mediante el programa MATLAB 6.5 (MathWorks, 2002). Se utilizaron gráficos de resolución anual de tiempo frecuencia y sus espectros potenciales de ondeleta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se dataron un total 359 núcleos de crecimiento de *P. arizonica* al año exacto de su formación, de los cuales 107 corresponden al PPC, 118 al CUE y 134 a TAL. Se lograron generar tres cronologías de diferente longitud; 214 años (1802-2015), 265 años (1750-2014) y 369 años (1647-2015), para TAL, PPC y CUE, respectivamente (Tabla 1). La correlación entre series para cada una de las tres cronologías, supera la correlación mínima aceptable por COFECHA de 0.328 ($p < 0.01$) (Holmes, 1983). Este resultado indica la sensibilidad de la especie a los cambios ambientales y que las series de *P. arizonica* tienen potencial para ser empleadas como proxy de la variabilidad climática de la región.

Se determinó una correlación significativa ($p < 0.01$) entre las series dendrocronológicas generadas y una distribución normal de los datos. Con base en un análisis de componentes principales (PCA), se determinó que las tres cronologías presentan una variabilidad común, las tres cronologías se agruparon en el PC 1. Se integró una cronología regional de 369 años que comprende el período de 1647-2015 con una correlación entre series de 0.576 ($p < 0.01$).

Variabilidad climática

Se reconstruyó la precipitación enero-septiembre para los últimos 359 años, que comprende el período 1647-2015 para la región del municipio de Bocoyna, Chihuahua; la cual indica variabilidad interanual, decenal y multidecenal, eventos de precipitación de alta y baja frecuencia (Figura 2).

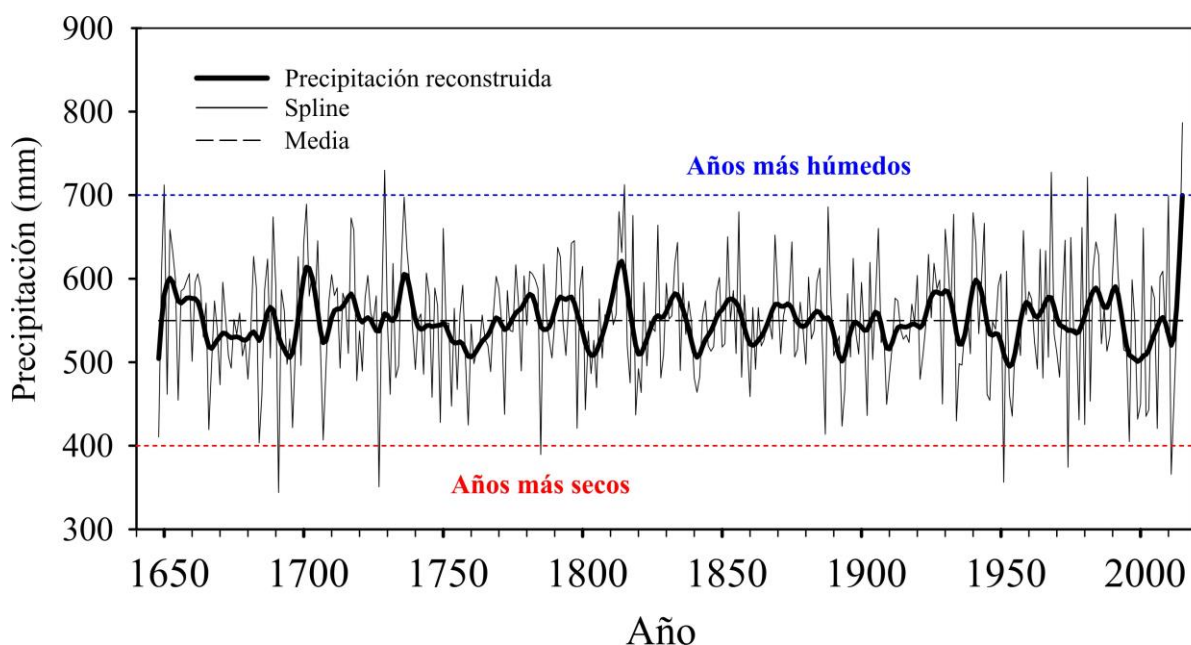


Figura 2. Reconstrucción de la precipitación enero-septiembre (invierno-verano) que cubre el período de 1647-2015 para Bocoyna, Chihuahua. La línea de color gris de fondo indica la variabilidad anual, la línea resaltada en color negro representa una curva suavizada a 10 años para resaltar los eventos de baja frecuencia (húmedos y secos) y la línea horizontal punteada representa la lluvia promedio (550 mm). Las líneas punteadas en color azul y rojo, indican los años más húmedos (> 700 mm) y más secos (< 400 mm), respectivamente.

La precipitación reconstruida para el noroeste del estado de Chihuahua, en los últimos tres siglos y medios, muestra diferentes periodos con registros de lluvia por debajo de la media (Figura 2). Los años que han registrado la precipitación más baja en los últimos 359 años son: 1691, 1727, 1785, 1951, 1974, 2011 (lluvia por debajo de los 400 mm). Así mismo, se reconstruyeron periodos con precipitaciones por arriba de la media regional (Figura 7). Los años con los mayores registros de precipitación en los últimos 359 años son: 1650, 1729, 1815, 1968, 1981 y 2015. En décadas recientes, en los últimos 35 años (1981-2015), los años 1991, 2001, 2010 y 2015, representan los años con los mayores registros de precipitación, sobresaliendo el año 2015, que registró una precipitación cercana a los 800 mm, la mayor cantidad de lluvia en los últimos 359 años para esta región del norte de México.

Influencia de ENSO sobre la variabilidad de la precipitación

El análisis espectral de coherencia de ondeletas, permitió analizar la influencia del ENSO (Niño 3 SST) sobre la variabilidad de precipitación reconstruida enero-septiembre, el espectro de ondeleta para la precipitación reconstruida (Figura 3A), mostró áreas significativas ($p < 0.05$) que corresponden a periodos anuales, bianuales, tetra-anuales y de 4 años (1647-1655, 1682-

1690, 1725-1735, 1740-1750, 1795-1802, 1815-1820, 1883-1890, 1898-1910, 1929-1960, 1968-1983 y 1992-2010), de 6-8 años (1680-1690, 1710-1740 y 2008-2015), de 8-10 años (1935-1960), de 10-16 años (1690-1710), de 16-24 años (1790-1855) y de 25-28 años (1970-2002). Mientras que el espectro de ondeleta de ENSO (Figura 3B), mostró su ciclicidad irregular de 1 a 7 años (1647-1662, 1723-1735, 1743-1755, 1780-1790, 1830-1840, 1889-1930, 1938-1949 y 1965-1978), de 8-14 años (1812-1830 y 1865-1880) y de 20-28 años (1730-1780).

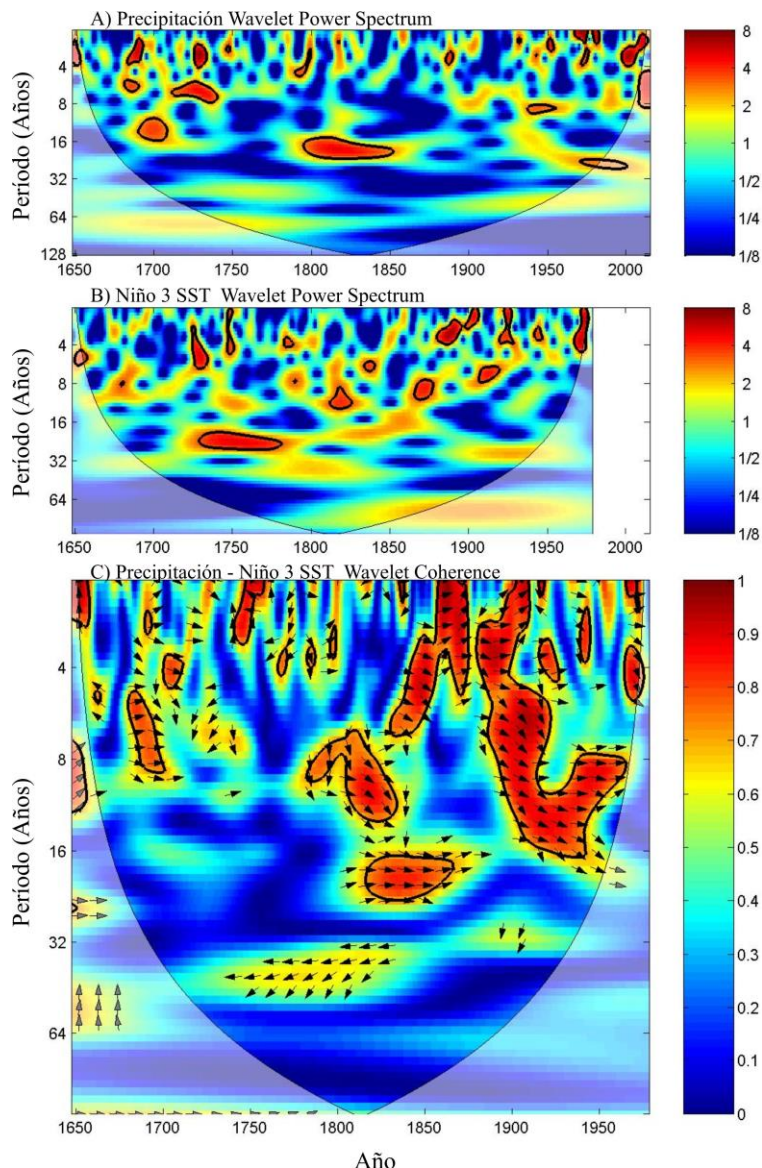


Figura 3. Espectros potenciales de ondeleta a nivel anual, precipitación reconstruida invierno-verano A), índice NIÑO 3 SST B) y C) representa el dominio de coherencia de ondeleta entre la serie de precipitación reconstruida y el índice NIÑO 3 SST. Las manchas en color rojo delimitadas por una línea de color negro, representan periodos con frecuencias significativas ($p < 0.05$) y las flechas orientadas hacia la derecha indican que ambos fenómenos están en fase (correlación positiva).

Se determinó una coherencia significativa ($p < 0.05$) de la variabilidad climática regional y el índice del Niño 3 SST durante el periodo 1647-1978 a frecuencias de 1 a 4 años, para todo el período ambos fenómenos coinciden en fase en su mayoría (Figura 3C). Así mismo, se observan períodos en fase para 1680-1700, 1830-1860, 1890-1920 y 1935-1965 con frecuencias de 5-9 años, de 1800-1830 y 1890-1965 con frecuencias de 10-14 años, de 1810-1870 con frecuencias de 16-24 años y de 1647-1800 con frecuencias aproximadas de 100 años. Los periodos de sequía más severos reconstruidos en los últimos 359 años para el noroeste de Chihuahua, (1691-1697, 1707-1708, 1801-1805, 1819-1826, 1839-1847, 1859-1867, 1890-1896, 1907-1917, 1934-1939 y 1951-1957) fueron modulados de manera significativa ($p < 0.05$) por la ocurrencia de ENSO (Figura 3C).

Estudios dendrocronológicos han demostrado que la variabilidad de la precipitación en el norte de México y suroeste de los Estados Unidos de América está ligada de manera significativa con el fenómeno del ENSO (Stahle *et al.*, 1998; Villanueva *et al.*, 2009; Cerano *et al.*, 2011). En el norte de México, el ENSO en su fase cálida (El Niño) se asocia a condiciones de alta precipitación en el invierno; mientras que el ENSO en su fase fría (La Niña) tiende a favorecer la presencia de inviernos más secos, propiciando fuertes sequías (Magaña *et al.*, 2003).

Lo anterior se reafirma en el presente trabajo, la variabilidad de la precipitación en los últimos tres siglos y medio muestra una influencia significativa de del ENSO en sus fases El Niño y La Niña (Figura 3). Los seis años de sequía más extrema (1691, 1727, 1785, 1951, 1974, 2011) en los pasados 359 años sincronizan con eventos extremos La Niña (Gergis y Fowler, 2009) y los seis años con la precipitaciones más importantes (1650, 1729, 1815, 1968, 1981 y 2015) sincronizan con años ENSO en su fase El Niño (Gergis y Fowler, 2009).

CONCLUSIONES

- Se determinó el potencial de *P. arizonica* para la reconstrucción de series paleoclimáticas, lo que representa una alternativa para reconstruir la variabilidad climática en regiones donde crece esta especie y que no se disponga de información climática.
- Se logró reconstruir la variabilidad de la lluvia para los últimos 359 años en el suroeste del estado de Chihuahua.

- Se determinó una influencia significativa de ENSO en la variabilidad de la lluvia, en los pasados tres siglos y medio, las sequías más extremas están moduladas por La Niña y las precipitaciones más importantes por El Niño.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el proyecto: "Variabilidad climática e interacción con otros factores que afectan la dinámica poblacional de descortezadores en bosques amenazados de México, CONAFOR-2014, C01-234547.

BIBLIOGRAFIA

- Cerano-Paredes, J., J. Villanueva-Díaz, R. D. Valdez-Cepeda, J. G. Arreola-Ávila, and V. Constante-García. 2011. El Niño Oscilación del Sur y sus efectos en la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Nazas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE.), 207-215.
- Cook, E. R. and R. L. Holmes. 1984. Program ARSTAN user's manual. *Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson*, 15.
- Cook, E. R. 2000. Niño 3 index reconstruction. International Tree-Ring Data Bank. IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology Data Contribution Series Number 2000-052. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder, Colorado, USA.
- Gergis, J. L. and Fowler, A. M. 2009. A history of ENSO events since AD 1525: implications for future climate change. *Climatic Change* 92(3-4): 343-387.
- Holmes, R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-75.
- Magaña, V. O., J. L. Vásquez, J. L. Pérez and J. B. Pérez. 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional* 42: 313-330.
- MathWorks. 2002. Software matemático. MATLAB Versión 6.5.
- Stahle, D. W., D'Arrigo, P. J. Krusic, M. K. Cleaveland, E. R. Cook, R. J. Allan, J. E. Cole, R. B. Dunbar, M. D. Therrell, D. A. Gay, M. D. Morre, M. A. Stokes, B. T. Burns, J. Villanueva-Díaz and L. G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(10), 2137-2152.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1996. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago. 73 p.
- Trenberth, K. E. 1997. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78. 2771-2777 pp.
- Villanueva-Díaz, J., P. Z. Fulé, J. Cerano-Paredes, J. Estrada-Ávalos y I. Sánchez-Cohen. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental con anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Ciencia forestal en México*, 34(105), 37-69.

ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN COAHUILA MEDIANTE UN ÍNDICE MULTIVARIADO

Mario P. Narváez Mendoza² y Juan M. Covarrubias Ramírez^{1*}

¹C.E. Saltillo, INIFAP, ²Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remoto.

*covarrubias.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La radiación solar es la fuente de toda la energía para los procesos físicos y biológicos que ocurren en el planeta. Las investigaciones que analizan la variabilidad climática y el cambio climático en México se iniciaron en 1977 en la Memoria de la reunión sobre fluctuaciones climáticas y su impacto en las actividades humanas (Balvanera, 2016). La agricultura genera el 67% del óxido nitroso, el impacto de este compuesto provoca que 1 g de N₂O calienta más de 500 veces que un grano de CO₂ (Granier y Shine, 2016). La radiación promedio global debido a los cambios en el ozono de la estratosfera desde finales de la década de 1970 se estima que llega a ser de $-0.2 \pm 0.15 \text{ Wm}^{-2} \cdot \text{T}$. La penetración de los rayos ultravioleta-B en la troposfera dentro del espectro solar de 280 a 315 nm está determinada por el grosor de la columna de ozono en la estratosfera (Hossaini *et al.*, 2017). El INIFAP cuenta con estaciones agroclimática automáticas que miden la radiación global, ya que se utilizan para medir la evapotranspiración potencial y la de referencia. El espectro solar visible esta entre 390 a 750 nm es la radiación fotosintéticamente activa (PAR), con la que se puede determinar la producción de materia seca y rendimiento de los cultivos, pero con el deterioro ambiental el cambio en la radiación global afectaría la producción agrícola y el desarrollo de plagas, enfermedades y malezas en los cultivos (Villalpando,1984). El objetivo del estudio es mostrar el análisis de la radiación solar mediante índices con la información agroclimática generada por las estaciones de INIFAP en Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

La radiación neta y la radiación extraterrestre es diferente a la radiación global que puede considerarse como radiación solar de onda corta de acuerdo a FAO (Allen *et al.*, 2005), el índice es calculado como el primer componente principal de las variables que componen a la radiación global que se analiza, de las cuales se obtiene la varianza y la desviación estándar de la serie climática y se obtiene el índice con el valor actual observado. El estado de Coahuila, cuenta con un grupo de estaciones agroclimáticas automáticas y telemétricas ubicadas de acuerdo a las necesidades prioritarias del estado y son complementarias a la Red Nacional de Estaciones

Agroclimáticas. Existen actualmente 31 estaciones instaladas por un convenio entre la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Coahuila (SEDER)-Fundación Produce Coahuila (FPC) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y disponibles en la página <http://clima.inifap.gob.mx/rclima/> (Cuadro 1). Dada la cantidad de estaciones y de variables analizadas por éstas, sólo se analizará la variable de radiación solar. Además, existen estaciones que sólo cuenta con menos de cinco años de información, porque una serie mínima para análisis debe ser de 10 años y las estaciones que iniciaron operaciones en 2005, para la fecha de 2017 ya se tienen los 13 años para el estudio.

Cuadro 1. Estaciones Agroclimáticas Automáticas disponibles en el estado de Coahuila.

	ESTACIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD (msnm)	Inicio*
1	CELALA , Matamoros.	25° 31'57''	103° 14'36.6''	1096	301005
2	INIFAP SALTILLO	25° 20' 37.5"	101° 02' 01.7"	1813	270913
3	CEZAR , Zaragoza.	28° 35'56''	100° 54'41''	343	150805
4	Ejido Ocampo , Ocampo.	27° 20'08.2''	102° 23'24.9''	1130	071005
5	El Porvenir , Fco. I. Madero.	25° 46'58.9''	103° 19'06.4''	1108	051105
6	Emiliano Zapata , Arteaga.	25° 16'02.2''	100° 46'27.3''	2039	080807
7	Empacadora de Melón , Parras.	25° 38'50.3''	102° 08'52.6''	1067	301105
8	Escuela Secundaria Técnica , Sierra Mojada.	27° 17'34.4''	103° 40'42.1''	1857	041005
9	Parras El Alto , Parras.	25° 23'17.6''	101° 53'26.3''	1738	160807
10	Rancho El Cedral , Nadadores.	27° 01'54''	101° 32'44.1''	535	150905
11	Rancho El Conejo , Arteaga.	25° 16'40.6''	100° 34'58.6''	2195	030907
12	Rancho El Padrino , Saltillo.	25° 14'14.9''	101° 10'16''	1895	190605
13	Rancho El Paraíso , Abasolo.	27° 06'16.2''	101° 17'20.8''	434	080907
14	Rancho Guadalupe , Arteaga.	25° 12'13.9''	100° 46'13.1''	2013	030907
15	Rancho La Gloria , Gral. Cepeda.	25° 22'20.9''	101° 28'07.9''	1590	190605
16	Rancho La Rosita , Arteaga.	25° 22'09.6''	100° 38'10.6''	2534	100605
17	Rancho Las Cabras , Progreso.	27° 36'18.4''	101° 07'16.7''	369	220805
18	Rancho Las Mercedes , San Pedro.	25° 41'02.4''	103° 00'04''	1099	051105
19	Rancho Los Abuelos, Ramos Arizpe	29° 13'05.2''	101° 28'27''	1063	151115
20	Rancho Los Lobos , Zaragoza.	29° 13'05.2''	101° 28'27''	296	050907
21	Rancho Los Pilares , Acuña.	28° 50'44.9''	102° 37'30.4''	1240	131005
22	Rancho Los Pirules , Ramos Arizpe.	25° 58'49.1''	101° 21'01.4''	1214	011205
23	Rancho Pasta 9 , Acuña.	29° 14'40.6''	100° 54' 02''	334	010506
24	Rancho Pronatura , Cuatro Ciénegas	26° 48'19.1''	102° 01'04.4''	754	150905
25	Rancho Roncesvalles , Arteaga.	25° 23'44.1''	100° 36'21.3''	2421	190605

26	Rancho Santa Elena , Guerrero.	28° 17' 23.8''	100° 19' 33.7''	230	150805
27	Rancho Santa María , Sierra Mojada	27° 55' 53.3''	103° 50' 58.7''	1252	041005
28	San Blas Derramadero; Saltillo	25° 17' 03.1''	101° 17' 20.3''	1730	151115
29	San Lorenzo; Cuatro Ciénegas	26° 53' 09.8''	102° 17' 28.7''	805	010813
30	Tanque Nuevo , Cuatro Ciénegas.	26° 35' 00''	102° 13' 08''	809	240907
31	Unión Ganadera Local , Muzquiz.	27° 54' 46.8''	101° 32' 18.1''	497	150805

*Día-Mes-Año

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La radiación global no es similar entre localidades, si consideramos que la localidad CELALA, Matamoros y Rancho Roncesvalles, Arteaga, tiene los mismos grados de latitud y sólo 8 minutos de diferencia, las variaciones de radiación en los meses de mayo a agosto se reducen de 2,882 a 4342 W/m² entre estos meses, esto se puede deber a que la radiación se reduce hasta un 75% en días nublados y como Roncesvalles está en una zona templada de la Sierra de Arteaga, es una zona con lluvia de 700 mm (Jáuregui, 1997).

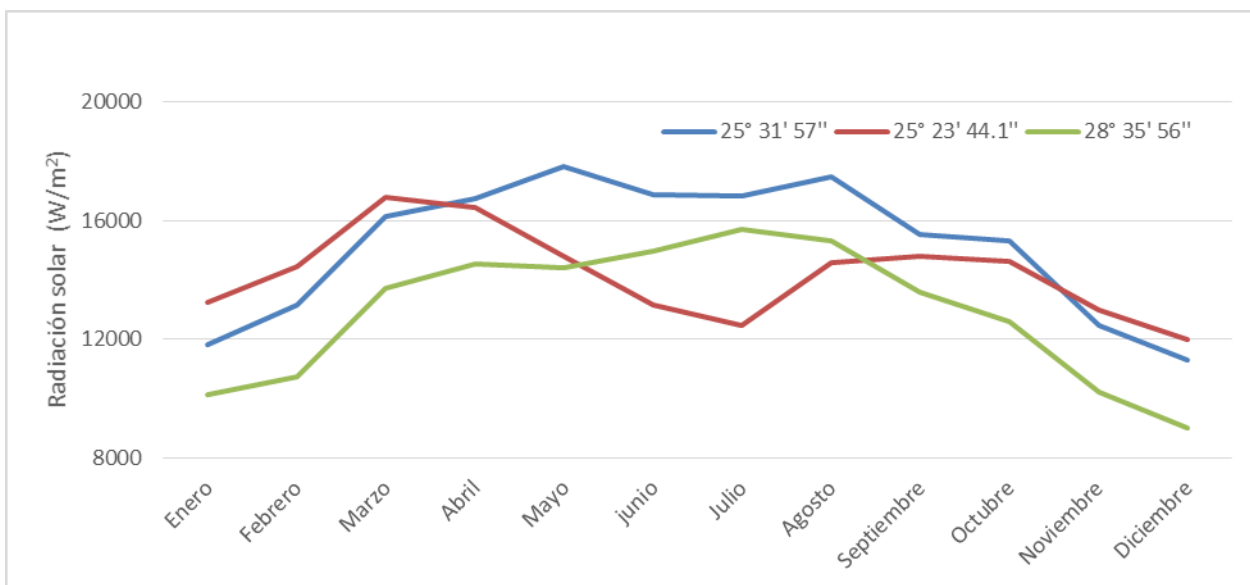


Figura 1. Radiación global en tres localidades de Coahuila.

Si la latitud cambia de 25° a 28°, el cambio de radiación se reduce en forma similar al comportamiento de las dos localidades. Lo que indica que la radiación tiene mayor efecto en zonas con topografía plana que montañosa en Coahuila.

El índice para el mes de enero en dos estaciones contrastantes, CAELALA en una zona semiárida y Roncesvalles en una zona Templada (Figura 2 y Figura 3). El índice señala que para la laguna la radiación ha sido estable dentro de un rango de ± 0.5 en cambio en Roncesvalles la oscilación es mayor por efecto de las lluvias invernales (Rasmusson y Carpenter, 1982).

En la figura 4 y 5 se presentan en el mes septiembre para las mismas estaciones, el rango de variación es mayor que 1 pero su efecto es negativo, lo que indica que la radiación disminuye en estos menos por efecto de la nubosidad y lluvias.

El índice para la estación CEZAR, su índice en septiembre es estable entre -0.5 a 1.0, lo que indica que la nubosidad y el efecto de lluvia son típicos de la región y estables y que se presentan en forma similar en los años, en la misma localidad en enero la variación es negativa, si la radiación es menor respecto al promedio el efecto de los nortes no tiene gran efecto en la nubosidad que modifique la radiación (Figura 6 y Figura 7).

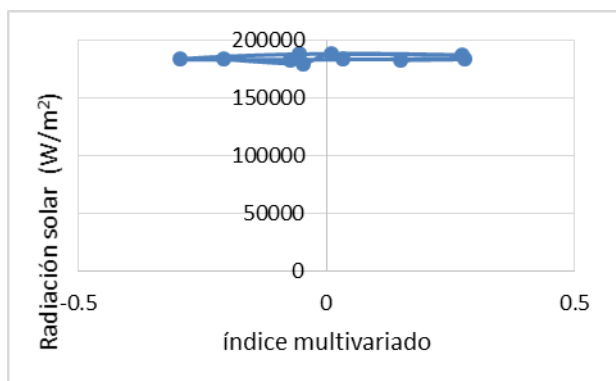


Figura 2. Índices para el mes de enero para la estación CELALA, en Matamoros, Coah.

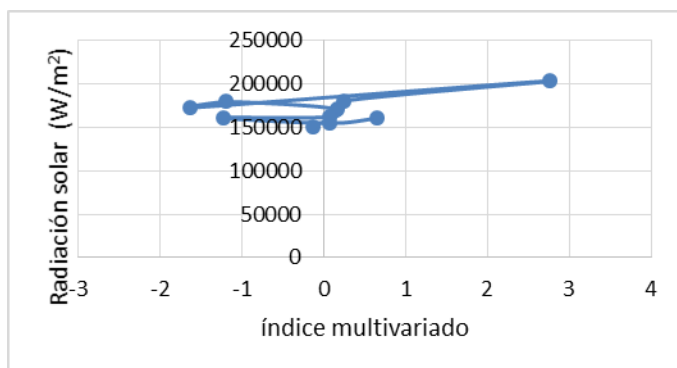


Figura 3. Índices para el mes de enero para la estación Roncesvalles, Coah.

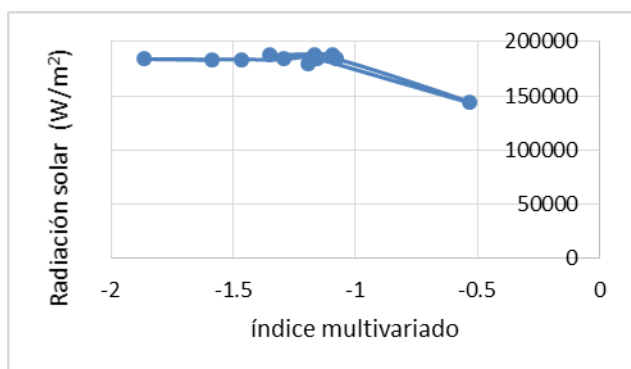


Figura 4. Índices para el mes de septiembre para la estación CELALA, en Matamoros, Coah.

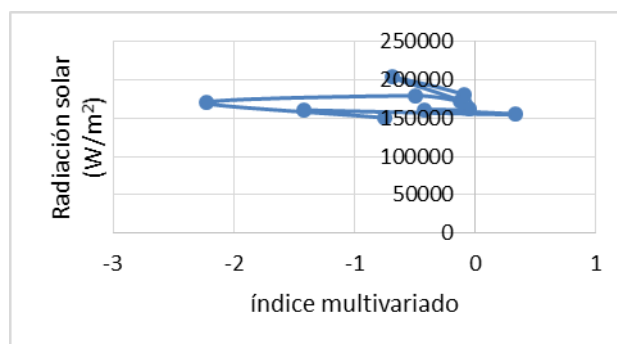


Figura 5. Índices para el mes de septiembre para la estación La Rosita, en Arteaga, Coah.

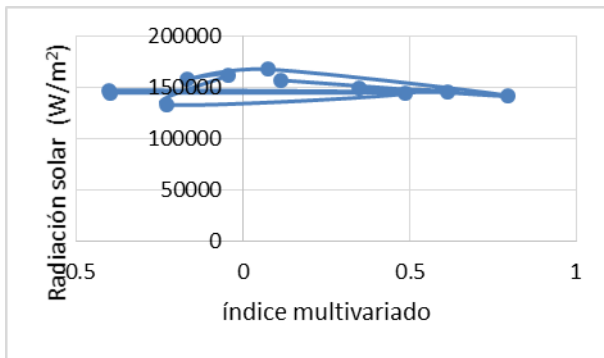


Figura 6. Índices para el mes de septiembre para la estación CEZAR, Zaragoza, en Zaragoza, Coah.

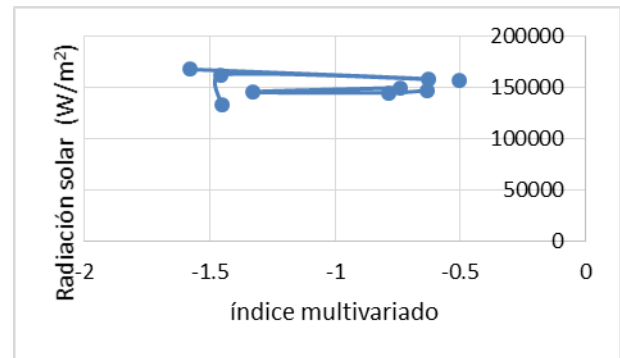


Figura 7. Índices para el mes de enero para la estación CEZAR, Zaragoza, en Zaragoza, Coah.

Si consideramos que la radiación global no ha tenido grandes variaciones y si el deterioro de la capa de ozono es una realidad, el efecto en radiación puede presentarse en el tipo ultravioleta y que no está en el espectro visible, las estaciones climáticas no miden este tipo de radiación y tendría que realizarse un estudio específico con equipo especializado.

El deterioro ambiental como causa y el cambio climático como efecto en México no se han observado variaciones en la radiación solar global, los índices son un buen indicador de la variación en la serie de tiempo con datos agroclimáticas y el análisis nos permite conocer si el deterioro ambiental tiene efecto en la radiación solar, porque si esto fuera negativo, los cultivos, y las personas principalmente se verían afectados.

El INIFAP se encarga de promover tecnologías sustentables e instrumentar el Sistema de Información de Cambio Climático (INIFAP, 2016).

CONCLUSIONES

El índice multivariado para análisis de la radiación nos permite conocer la variación a través del tiempo y no indica si un valor se sobre expresa y que puede ser por un error en la medición o por efecto de un fenómeno climático extraordinario.

Todos los sistemas de análisis requieren de mayor base de datos para explicar mejor el comportamiento, y la ventaja de este método es que se retroalimenta con la información actual.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.G.; Walter, A.; Elliott, R.; Howell, T.; Itenfisu D. and M. Jensen. 2005. The standardized reference evapotranspiration equation. Environmental and Water Resources. Institute of the American Society of Civil Engineers. ASCE. 70 p.
- Balvanera Levy. P. 2016. Una mirada al conocimiento de los ecosistemas de México. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, 441 pp.
- Granier, C. and K.P. Shine. 2016 Climate Effects of Ozone and Halocarbon Changes. National Oceanic and Atmospheric Administration. 1315 East-West Highway | Silver Spring, MD 2091. 38 p.
- Hossaini, R.; M. P. Chipperfield; S.A. Montzka, A. A. Leeson; S.S. Dhomse and J.A. Pyle .2017. The increasing threat to stratospheric ozone from dichloromethane. NATURE COMMUNICATIONS. 9 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2016. Convenio de Administración por Resultados del INIFAP 2016 – 2019. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, MEX. 144 p.
- Jáuregui, E. 1997. Climate variability and climate change in Mexico: a review. Geofísica Internacional 36 (3).
- Rasmusson, E.G., and T.H. Carpenter. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Mon. Wea. Rev., 110, 354-384.
- Villalpando I. J. F. 1984. Caracterización agroclimática del área de influencia de los campos experimentales de la zona centro. INIA. Zapopan, Jal. 101 p.

PREDICCIÓN DE CARBONO DEL SUELO EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra¹, Martín Juárez Morales², Rubén Saucedo Terán¹, Carlos Morales Nieto², Martín Martínez Salvador²

¹Sitio Experimental La Campana-INIFAP, ²Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH.
jurado.pedro@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

Los pastizales, con una extensión de casi 10 millones de ha en México (SEMARNAT, 2011) son la base de la ganadería extensiva en el norte de México, pero también pueden proporcionar algunos servicios ambientales tales como la captura de carbono (Havstad *et al.*, 2007; Brown y Thorpe, 2008). Afortunadamente, la captura de dióxido de carbono puede ser manipulado con el pastoreo, fuego controlado, revegetación de pastizales deteriorados y el uso de variedades mejoradas (Reeder y Schuman, 2002; Derner *et al.*, 2005). En relación al manejo del pastoreo, la mayoría de los trabajos reportan que el pastoreo moderado de pastizales tiene buen potencial para la captura de carbono (Schuman *et al.*, 2002; Campbell *et al.*, 2004; Medina-Roldán *et al.*, 2008). Por lo anterior, la captura de carbono en pastizales tiene un gran potencial para la mitigación del cambio climático, sin embargo, se necesita más investigación para el desarrollo de metodologías para su estimación (Gerber *et al.*, 2013).

La determinación del almacén y la captura de carbono en ecosistemas naturales son esenciales para el ingreso al mercado mundial de bonos de carbono. Existen algunos modelos para estimar el carbono orgánico en dichos ecosistemas, por ejemplo, el modelo CENTURY en ecosistemas naturales (Parton *et al.*, 2002), y el RothC model ha sido utilizado en suelos agrícolas para predecir el carbono orgánico del suelo con buenos resultados (Coleman y Jenkinson, 2005; Barancikova *et al.*, 2010). Sin embargo, dichos modelos requieren información muy detallada o no son aplicables tan fácilmente a ecosistemas naturales como los pastizales. Garcia-Pausas *et al.* (2007) encontraron un modelo de predicción de carbono del suelo en pastizales de los montes pirineos, incluyendo variables climáticas, de suelo y origen de suelo. Debido a lo anterior, la estimación rápida, precisa y de bajo costo de carbono del suelo es importante para estimar la captura de carbono en pastizales. El presente estudio tiene el objetivo de encontrar un modelo sencillo para la predicción del almacén de carbono en pastizales de Chihuahua.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en 10 sitios de pastizales en la región semiárida de los Valles Centrales del estado de Chihuahua los cuales fueron seleccionados con un rango amplio de cobertura de pastos forrajeros y condiciones climáticas para representar dichos pastizales (Fig. 1). En el cuadro 1 se presentan algunas características de los sitios muestreados. Se recolectaron muestras de suelo en parcelas permanentes en los sitios descritos, con un total de 36 muestras por sitio incluyendo muestreo en dos profundidades, 0 a 15 cm y 15 a 30 cm y dos micro-sitios, suelo desnudo y debajo de una planta de zacate dominante y dos fechas de muestreo, noviembre 2010 y 2011. Dichas muestras fueron secadas y cernidas de las cuales se obtuvieron 12 muestras compuestas por sitio para análisis de carbono orgánico (COS). El análisis de carbono fue realizado con analizador elemental por medio de combustión seca. También se estimó la densidad aparente del suelo por el método del cilindro, con tres muestras por sitio con barrena de volumen conocido y las muestras de suelo fueron secadas, estimándose la densidad en ton m^{-3} . El almacén de carbono en ton C ha^{-1} para cada profundidad de suelo se estimó con la siguiente fórmula:

$$\text{Ton C ha}^{-1} = \% \text{COS} / 100 \times \text{PS (m)} \times 10,000 \times \text{DEAP}$$

Ton C ha^{-1} = Toneladas de carbono por hectárea, COS = Carbono orgánico del suelo, PS=Profundidad de suelo en m, DEAP=Densidad aparente del suelo en ton m^{-3} .

El análisis de varianza previo con PROC MIXED mostró efecto significativo de profundidad de suelo y efecto no significativo de fecha de muestreo (Jurado *et al.*, 2013). Por lo tanto, se inició el análisis de regresión múltiple para estimar una ecuación de predicción de COS para cada profundidad de suelo utilizando datos de dos años de muestreo. La variable dependiente fue el almacén de carbono (ton C ha^{-1}) y once variables independientes: cobertura total de plantas (COBTOT), cobertura de pastos forrajeros (COBFORR), temperatura media anual (TMA), temperatura media del verano (TMV Junio-Septiembre), precipitación media anual (PMA), precipitación media del verano (PMV Junio –Septiembre), altitud (ALT), nitrógeno del suelo (NIT), densidad aparente del suelo (DAS), contenido de arcilla del suelo (ARC) y contenido de arena del suelo (ARE). Luego se realizaron pruebas para determinar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Se eliminaron tres datos de la base de datos los cuales permitieron que dichos supuestos se cumplieran. Se realizó un análisis de correlación entre variables para explorar en forma general su grado de asociación. Enseguida se realizó un análisis de componentes principales con PRINCOMP y tomando en cuenta la matriz de

correlación entre variables se seleccionaron las variables ortogonales con mayor valor de eigenvalores en los tres primeros componentes los cuales explicaron un 84.4% de la variabilidad, así como su mayor asociación, siendo COBFORR, TMA, PMA y ARC. El grado de asociación entre variables puede causar multicolinealidad, lo cual no es deseable para la construcción de ecuaciones de regresión. Para evitar lo anterior, se realizó el análisis de componentes principales y se eliminaron aquellas variables con un alto valor de factor de influencia de la varianza (FIV). Las variables ortogonales y con alto valor de explicación de la varianza fueron incluidas en un análisis de regresión múltiple con PROC REG, donde se utilizó el método de "Stepwise" para determinar las variables significativas para el modelo. El análisis mostró que las variables COBFORR, TMA y PMA fueron significativas en el modelo lineal para ambas profundidades de suelo. Enseguida se realizó una prueba del efecto cuadrático el cual salió significativo ($P < 0.0001$) para ambos modelos, por lo que se presentan los dos modelos para ambas profundidades de suelo. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico SAS (SAS, 2011) declarándose efectos significativos a una probabilidad de 0.15.

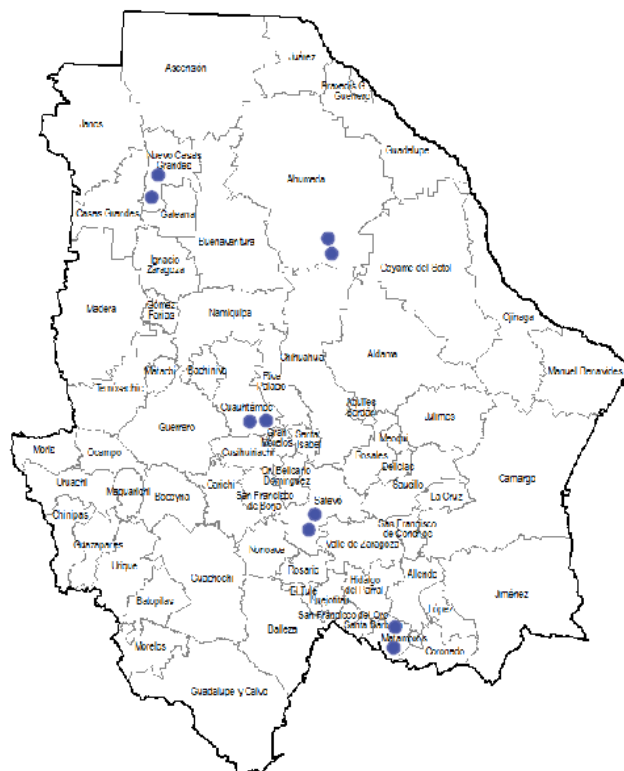


Figura 1. Localización de sitios de pastizales muestreados para la estimación y predicción de carbono orgánico del suelo en Chihuahua.

Cuadro 1. Cobertura de plantas, condición del pastizal y propiedades del suelo en pastizales de Chihuahua, México.

Sitio/Pastoreo	CobT ^a	Suel ^b	Mant	Cobfor ^c	Cond ^d	TextSue	DeAp ^e (t m ⁻³)
Arroyo Seco-PM*	30.2	23.3	46.2	27.1	Buena	Franco arcilloso arenoso	1.39
El Canal-SP*	3.8	56.2	40.2	1.0	Pobre	Franco arcilloso arenoso	1.34
El Gallego-SP	6.2	23.6	68.7	5.8	Regular	Franco arenoso	1.39
San Lorenzito-SP	1.8	58.9	39.3	1.3	Poor	Franco arenoso	1.46
Los Amanes-PM	32.4	14.7	45.1	29.3	Excelente	Franco arcilloso	1.09
Tres Lagunas-SP	23.8	51.6	40.2	5.6	Pobre	Franco arcilloso	1.27
Las Brujas-PM	28.7	7.8	62.4	21.7	Buena	Franco arenoso	1.36
El Faro-SP	3.3	65.1	28.9	0.0	Pobre	Franco arenoso	1.42
Charco Largo-PM	36.4	30.7	32.9	17.3	Buena	Franco arenoso	1.42
La Cienega-PM	20.2	47.5	32.3	11.5	Buena	Franco arenoso	1.39

^aCobT= Cobertura total; ^bSuel= Suelo desnudo; ^cCobfor= Cobertura pastos forrajeros; ^dCond=Condición del pastizal; ^eDeAp=Densidad aparente del suelo. PM=Pastoreo Moderado; SP=Sobrepastoreo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de cada una de las variables utilizadas para la construcción de los modelos de regresión múltiple para la predicción de carbono del suelo en pastizales de Chihuahua se muestran en el cuadro 2. Los análisis de correlación se presentan en el Cuadro 3, donde se observa que existe una alta correlación significativa entre la variable de respuesta Ton C ha⁻¹ y la mayoría de las variables predictoras que se incluyeron en el modelo. Todas las variables predictoras mostraron una correlación significativa (P<0.05) con la variable dependiente, es decir, Ton C ha⁻¹, excepto la TMA. Además, se puede observar un alto grado de asociación entre algunas variables independientes tales como COBTOT vs. COBFORR, TMA vs. TMV, TMA vs. TMV, y DEAP vs. ARE y ARC.

Cuadro 2. Estadísticas básicas de las variables predictoras utilizadas para la construcción de ecuaciones para predicción de carbono del suelo en pastizales de Chihuahua.

Variable	N	Media	Desv. Std.	Suma	Minima	Máximo
TonCha	117	18.82	8.55	2202	4.40	42.70
CobTot	117	18.31	12.89	2142	1.78	36.44
Cob For	117	11.72	10.479	1372	0	29.30
TMA	117	15.89	1.83	1860	13.60	18.90
TMV	117	22.57	1.64	2641	19.60	24.30
PMA	117	405.60	79.50	47456	281.00	472.00
PMV	117	331.61	61.63	38799	247.00	395.00
Nit	117	0.12	0.03	14.74	0.07	0.25
DeAp	117	1.35	0.09	158.30	1.09	1.46
ALT	117	1717	207.90	200863	1487	2150
ARC	117	19.0	8.09	2224	9.00	38.00
ARE	117	61.51	11.65	7197	41.00	79.00

Cuadro 3. Correlación entre variables utilizadas para la estimación de ecuaciones de predicción de almacén de carbono en pastizales de Chihuahua.

	TonCha	CobTot	CobFor	TMA	TMV	PMA	PMV	Nit	DeAp	Altitud	ARC	ARE
TonCha	1.000											
CobTot	0.742	1.000										
CobFor	0.663	0.864	1.000									
TMA	-0.015	-0.071	-0.015	1.000								
TMV	-0.191	-0.245	-0.123		1.000							
PMA	0.650	0.600	0.336	0.247	-0.15	1.000						
PMV	0.561	0.507	0.226	0.157	-0.21	0.927	1.000					
Nit	0.685	0.391	0.319	-0.04	-0.10	0.418	0.367	1.000				
DeAp	-0.432	-0.382	-0.464	0.476	0.695	-0.31	-0.20	-0.17	1.000			
ALT	0.443	0.519	0.390	-0.70	-0.92	0.433	0.428	0.269	-0.75	1.000		
ARC	0.409	0.305	0.312	-0.59	-0.76	0.334	0.237	0.245	-0.91	0.83	1.000	
ARE	-0.425	-0.370	-0.266	0.602	0.751	-0.36	-0.24	-0.27	0.83	-0.81	-0.95	1.000

TonCha=Ton de Carbono ha⁻¹; CobTot= Cobertura total de plantas; Cobfor=Cobertura de pastos forrajeros; TMA=Temperatura media anual; TMV=Temperatura media del verano; PMA=Precipitación media anual; PMV=Precipitación media del verano; Nit=Nitrógeno total del suelo; DeAp=Densidad aparente del suelo; ALT=Altitud; ARC=Contenido de arcilla del suelo; ARE=Contenido de arena del suelo.

Las ecuaciones de regresión seleccionadas por los análisis por profundidad de suelo se muestran en el Cuadro 4. En general, las ecuaciones consideraron la vegetación presente, la temperatura y la precipitación como las variables apropiadas para los modelos en las dos profundidades de suelo. Sorprendentemente, la textura del suelo, ya sea ARC o ARE no fue significativa en el análisis de regresión a pesar de haber sido seleccionada como una variable importante por su alto valor de eigenvector en el análisis de componentes principales. Similarmente a nuestro trabajo, otros autores han encontrado a la temperatura y la precipitación

como variables importantes, además de la exposición en modelos de regresión para predecir carbono del suelo en pastizales (Garcia-Pausas *et al.*, 2007). Contrariamente a nuestro trabajo, Barancikova *et al.*, (2010) encontraron la ARC como una variable explicativa fundamental en ecuaciones de predicción de carbono en suelos agrícolas, mientras que Leifield *et al.* (2005) indican la variable altitud, además de ARC como importante para la predicción de carbono de suelos minerales en pastizales de Suiza.

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión múltiple entre almacén de carbono (Ton C ha⁻¹) y variables predictoras para cada profundidad de suelo.

Prof. de suelo	Ecuación	R ²	Valor-P
0-15cm	TonCha ⁻¹ =1.541 + 0.397 COBFOR – 0.635 TMA + .056 PMA	0.663	0.0001
	TonCha ⁻¹ = -189.45 + 0.370 COBFOR + 22.66 TMA + 0.068 PMA - 0.719 TMA ²	0.721	0.0001
15-30cm	TonCha ⁻¹ = 8.053 + 0.302 COBFOR – 0.980 TMA + .051 PMA	0.526	0.0001
	TonCha ⁻¹ = -356.74 + 45.18 TMA + .009 COBFOR ² -1.422 TMA ² + 0.0001 PMA ²	0.739	0.0001

COBFOR=Cobertura de pastos forrajeros; TMA= Temperatura media anual; PMA=Precipitación media anual. n=117.

CONCLUSIONES

Se elaboraron modelos sencillos para la predicción del carbono del suelo en dos profundidades para los pastizales de Chihuahua, las cuales pueden servir para la estimación actual y monitoreo del carbono del suelo en pastizales de Chihuahua. Estas ecuaciones, representan un buen inicio en la predicción de carbono del suelo en pastizales para programas de mitigación de impacto ambiental y el mercado de bonos de carbono en México. Se recomienda la afinación de estos modelos con más información de sitios de pastizal con el fin de mejorar la exactitud y precisión de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Barancikova, G, J. Halas, M. Guttekova, J. Makovnikova, M. Novakova, R. Skalsky, Z. Tarasovicova. 2010. Application of RothC model to predict soil organic carbon stock on agricultural soils of Slovakia. *Soil and Water Resources*. 5: 1-9.
- Brown J.B., J. Thorpe. 2008. Climate change and rangelands: responding rationally to uncertainty. *Rangelands*. 30(3): 3-6.
- Campbell S., S. Mooney, J.P. Hewlett, D.J. Menkhaus, G.F. Vance. 2004. Can ranchers slow climate change? *Rangelands* 26(4): 16-22.

- Coleman K., Jenkinson D.S. 2005). RO THC-26.3 A model for the turnover of carbon in soil. Model description and windows users guide. Available at http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26_3_win.pdf
- Derner D.J. *et al.* (16 colaboradores). 2005. USDA-ARS global change research on rangelands and pasturelands. *Rangelands* 27(5): 36-42.
- García-Pausas, J., P. Casals, L. Camarero, C. Hugué, M.T. Sebastiá, R. Thompson, Joan Romanya. 2007. Soil organic carbon storage in mountain grasslands of the Pyrenees: effects of climate and topography. *Biochemistry*. 82: 279-289.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. Havstad K.M., D. Peters, R. Skaggs, J. Brown, B. Bestelmeyer, E. Frederickson, J. Herrick, J.
- Wright. 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics* 64(2): 261-268.
- Jurado, G.P., R. Saucedo, C. Morales, M. Martínez. 2013. Efecto de la condición del pastizal sobre el almacén de carbono en pastizales de Chihuahua. Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Texcoco, Edo. De Mexico. Mexico.
- Leiffield, J., S. Bassin, J. Fuhrer. 2005. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics and altitude. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 105: 255-266.
- Medina-Roldán E., J.T. Arredondo, E. Huber-Sannwald, L. Chapa-Vargas, V. Olalde-Portugal. 2008. Grazing effects on fungal root symbionts and carbon and nitrogen storage in a shortgrass steppe in central Mexico. *J. Arid Environments* 72: 546-556.
- Parton W.J., McKeown B., Kirchner V., Ojima D.S. 1992. CENTURY User's Manual. Colorado State University, NRE L Publication, Fort Collins, Col. USA.
- Reeder, J.D., G.E. Schuman. 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semiarid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution* 116(3): 457-463.
- SAS. 2011. SAS v. 9.3. SAS Institute. Cary, N.C., USA.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. *El ambiente en números, 2011*. www.semarnat.gob.mx.
- Schuman G.E., H.H. Janzen, J.E. Herrick. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution* 116(3): 391-396.

MODELO DE PRODUCCIÓN DEL FRIJOL BAJO DÉFICIT DE HUMEDAD EN EL SUELO

¹Marco A. Inzunza Ibarra, ¹Ernesto A. Catalán Valencia, ¹Magdalena Villa Castorena, ²Rutilo López López y ¹Jesús A. Muñoz Villalobos

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA), INIFAP. Canal Sacramento Km 6.5 margen derecha, Gómez Palacio, Dgo. CP 35140. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km. 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. México. 86400. inzunza.marco@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El preservar en forma sustentable el recurso agua, es un importante reto que obliga hacer un manejo cada vez más eficiente de este líquido vital, especialmente en el sector agrícola por ser el mayor demandante de este recurso, al consumir alrededor del 70 % del agua fresca disponible a nivel global (Trout y DeJonge, 2017). Cada vez existe una mayor presión sobre todo en las regiones áridas y semiáridas donde se agudiza más la escasez de agua y donde vive el 52 % de la población mundial (Gheysari *et al.*, 2017). Por lo anterior, el sector tiene la responsabilidad ineludible de incrementar la eficiencia de uso del agua y generar tecnología para aprovechar otras fuentes de abastecimiento como podrían ser las aguas residuales y aguas marítimas.

La optimización del aprovechamiento del agua de riego es una acción indispensable para disminuir el gran problema de la escasez de este recurso para uso agrícola en la Comarca Lagunera y en más del 50% del territorio nacional. Para esto se necesita conocer el requerimiento de los cultivos explotados actuales y los de nueva introducción, que sean más eficientes en la conversión del agua de riego a materia seca y grano. Con esta idea, Mathobo *et al.* 2017, estudiaron el efecto del estrés de la sequía en el rendimiento de grano del frijol. Encontraron que esta condición de estrés hídrica provocó, reducción de la tasa fotosintética, concentración intercelular del CO₂, en la conductancia estomática y en la transpiración del cultivo. Hallaron que la más alta eficiencia de uso de agua del frijol de 1.2 kg m⁻³ se mostró al irrigarlo quincenalmente después de los 36 días después de la siembra.

El frijol por ser un cultivo básico en la dieta mexicana, es de gran importancia y se refleja por el área que se destina su explotación de 1'575,989 ha en México bajo riego y temporal con rendimientos significativamente bajos de 0.69 t ha⁻¹ con respecto a su potencial. Por lo tanto, es fundamental generar información de la respuesta del frijol en rendimiento de grano para diferente estrés hídrico en el suelo y diferente consumo de agua con el objetivo de incrementar

su producción y su eficiencia de uso del agua, lo que significa un ahorro de agua importante por el área irrigada de 163,689 ha a nivel nacional (SIAP, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el lote experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA INIFAP), ubicado en la Comarca Lagunera, en Gómez Palacio, Durango. El clima de la región es desértico, muy árido, con precipitación anual de 250 mm promedio, evaporación media anual de 2600 mm y temperatura media anual de 22°C. Las lluvias son en verano, con lluvias invernales que representan de 5 a 10.2% del total anual (García, 1988). Previo al trabajo, se realizó un análisis del suelo de sus propiedades físicas y químicas donde los resultados ubican el suelo en la serie Coyote que es la más representativa de la región. Suelos profundos, Franco arcillo limosos a franco arcillosos. La investigación consistió de dos factores en estudio: la variación del contenido de humedad en el suelo en dos etapas de crecimiento del frijol. El primer factor fue la variación del régimen de humedad del suelo en la etapa de emergencia a inicio de floración. El segundo factor fue la variación del régimen de humedad del suelo en la etapa de inicio de floración a maduración de grano del cultivo. Los niveles de estudio para la primera etapa (de emergencia a inicio de floración) fueron: 40, 60, 80, 100 % de la humedad aprovechable consumida del suelo (HAC_1) por el frijol. Similarmente, para la segunda etapa (inicio de floración a madurez fisiológica del grano), se ensayaron los mismos niveles de estudio (HAC_2). Se utilizó el diseño de tratamientos San Cristóbal para dos factores, en el cual se eligen solo siete tratamientos en forma estratégica de un total de 16 combinaciones del original 4x4. De acuerdo a este diseño de tratamientos las combinaciones resultantes ensayadas en el campo fueron siete diferentes niveles de abatimiento de la humedad aprovechable en el suelo en los primeros 90 cm de profundidad radicular del cultivo. Estos se muestran en el Cuadro 1. Los tratamientos fueron distribuidos de manera aleatoria en el campo, con base en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. A cada parcela o unidad experimental se le asignó una superficie de 20 m² (4 de ancho por 5 de largo). Para determinar y monitorear el contenido de agua del suelo y su variación a través el ciclo del cultivo en cada tratamiento, se utilizaron los métodos de reflectometría en el dominio temporal (TDR) previamente calibrado con el gravimétrico como método estándar para su calibración basado en la toma de muestras del suelo con barrenas tipo Vehimeyer.

La siembra se efectuó el 22 de junio del 2015, con una densidad de siembra de 45 kg ha⁻¹, aproximadamente 130 mil plantas por ha, 10 a 12 plantas por metro lineal, la siembra se realizó

en húmedo. Para la fertilización se aplicó la fórmula 30-50-0. Las variables evaluadas fueron, rendimiento de grano (Rg) en t ha⁻¹, la lámina de agua consumida y la humedad aprovechable consumida (HAC). El análisis de la información se realizó en base al análisis de varianza, de comparación de medias (Tukey 5%) y del análisis de regresión.

Cuadro 1. Tratamientos de humedad del suelo ensayados en el cultivo del frijol

Tratamiento	Etapa 1, de emergencia a inicio de floración (HAC ₁)	Etapa 2, de inicio de floración a madurez del grano (HAC ₂)
1	40	40
2	40	80
3	60	60
4	60	100
5	80	40
6	80	80
7	100	60

HAC₁ = Humedad aprovechable consumida en la etapa 1; HAC₂ = Humedad aprovechable consumida en la etapa 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los valores del régimen de humedad a los que fueron sometidos los diferentes tratamientos al cultivo del frijol. El rango del contenido de la humedad aprovechable consumida fluctuó de 41 % en la etapa de siembra a inicio de floración en el tratamiento 40-40 y el 40-80, de condiciones de humedad no restrictivas a 98 % de la HAC tanto para el tratamiento 60-100 como el 100-60 de condiciones hídricas restrictivas. Para el caso de la lámina consumida por el frijol, el mayor consumo de 52.4 en la primera etapa, se presentó en el tratamiento 40-40 de condiciones más húmedas que el resto, el menor consumo de 26.8 cm, se mostró en el tratamiento 100-60 de bajo contenido de humedad en la etapa vegetativa del frijol. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0.01$). La combinación del 60-60 tuvo un rendimiento de grano promedio más alto, de 2.05 t ha⁻¹. Este valor de producción, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 2), resultó ser el que alcanzo el mayor valor y fue estadísticamente superior a los demás tratamientos ensayados ($\alpha = 0.05$). Esta mayor producción fue obtenida al aplicar el riego al frijol al 59 y al 61% de la humedad aprovechable consumida del suelo, esto es, aplicar el riego cuando el suelo presente una tensión de -3.54 y -3.92 atm para extraer la humedad del suelo en la primer y segunda etapa del frijol. Por otro lado, los rendimientos más bajos se

obtuvieron en los tratamientos 60-100 y 100-60, que alcanzaron un rendimiento promedio de 0.18 y 0.25 t ha⁻¹, respectivamente, y tuvieron en común crecer bajo condiciones de estrés hídrico cercanas al punto de marchitez permanente en alguna de sus etapas estudiadas. De acuerdo al análisis de Tukey de comparación de medias, Cuadro 2, estos tratamientos junto con el 80-80, resultaron ser estadísticamente inferiores en rendimiento de grano con respecto al resto de los tratamientos, pero iguales entre sí.

Cuadro 2. Contenidos de humedad, rendimientos y eficiencia de agua promedios de los tratamientos ensayados

Tratamiento	HAC ₁ (%)	HAC ₂ (%)	LC ₁ (cm)	LC ₂ (cm)	R (t ha ⁻¹)
40-40	41	39	52.4	48.6	1.25b
40-80	41	79	52.4	29.9	0.78b
60-60	59	61	44.4	43.5	2.05a
60-100	59	98	44.4	20.5	0.18c
80-40	79	39	36.2	48.6	0.85b
80-80	79	79	36.2	29.9	0.28c
100-60	98	61	26.8	43.5	0.25c

HAC₁ y HAC₂ = Humedad aprovechable consumida en las dos etapas del frijol; LC₁ y LC₂ = Lamina consumida en las dos etapas estudiadas; R= Rendimiento de grano del frijol

El análisis anterior permite concluir que los resultados muestran una respuesta no lineal del rendimiento de grano del frijol por condiciones de diferentes regímenes de humedad del suelo al momento del riego.

Modelo de producción del rendimiento de grano de frijol al régimen de humedad del suelo

Por medio del procedimiento del análisis de regresión, se ajustaron los datos observados del rendimiento del frijol (R) como variable dependiente y la humedad aprovechable consumida al momento del riego (HAC) como variable independiente, la función encontrada se presenta en la ecuación 1.

$$R = -3.991 + 0.1032 \cdot HAC_1 + 0.1025 \cdot HAC_2 - 0.0009 \cdot HAC_1^2 - 0.0009 \cdot HAC_2^2 + 0.0015 \cdot HAC_1 \cdot HAC_2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.81$$

Donde los coeficientes de la regresión de cada uno de los efectos lineal y cuadrático, con excepción de la interacción, fueron altamente significativos por lo que contribuyen en el modelo

a explicar la respuesta del frijol. De acuerdo a sus parámetros estadísticos del coeficiente de determinación (R^2) y del coeficiente de variación (CV), el modelo obtenido explica en forma satisfactoria el fenómeno representado.

Modelo del rendimiento del frijol y la lámina de agua consumida

Al relacionar estas variables para cada tratamiento ensayado en campo, se encontró que entre ellas existió una relación de tipo cuadrática. Dicha función obtenida, después de realizar el análisis de regresión entre ambas variables resultó la ecuación (2).

$$R = -12.5071 + 0.3697 * LC_1 + 0.2520 * LC_2 - 0.0040 * LC_1^2 - 0.0029 * LC_2^2 \quad (2)$$
$$R^2 = 0.79$$

Donde los coeficientes de regresión estimados fueron significativos con excepción de la interacción y contribuyeron a explicar la relación de las variables bajo estudio. De acuerdo a sus parámetros estadísticos encontrados (R^2 y CV), el modelo ajustado en este estudio tiene una capacidad de predicción que resulta satisfactoria para este tipo de relaciones biológicas complejas donde intervienen diversos factores de la planta, del suelo y ambientales.

CONCLUSIONES

De acuerdo al modelo generado, que relaciona el rendimiento de frijol y los niveles de humedad del suelo, el cultivo maximiza su producción de grano de 2.1 t ha⁻¹ cuando es desarrollado a un déficit hídrico en el suelo de 59.1 y 61 % de la humedad aprovechable consumida para la etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente. La optimización de la función que relacionó la producción de grano del cultivo con la cantidad de agua consumida, deduce que el máximo rendimiento se presentó al consumir el cultivo 44.3 y 42.6 cm de agua durante la etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana). 4aed. Talleres Offset Larios. México, D. F. 220 p.
- Gheysari, M., S. H. Sadeghib, H.W. Loescherc, S. Amiria, M. J. Zareiana, M.M. Majidif, P. Asgariniaf and J. O. Payero. 2017. Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agric. Water Manage.* 182: 126-138.
- Mathobo, R., D. Maraisa, J. M. Steyna. 2017. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management* 180:118–125
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Estadísticas de producción agrícola en México. Online: <http://www.siap.mx> (agosto 2017).
- Trout, T. J and K. C. DeJonge. 2017. Water productivity of maize in the US high plains. *Irrig Sci.* 35:251-266.

METODOLOGÍA PARA LA INTEGRACIÓN DE UN SIG A NIVEL MÓDULO DE RIEGO MEDIANTE SOFTWARE DE CÓDIGO LIBRE Y TOPOGRAFÍA DE PRECISIÓN

Carlos Miguel Ramos Cruz^{1*}; Juan Estrada Avalos²; Gerardo Delgado Ramírez³ Enrique Miguel Valle¹, Alan J. Servín Prieto¹

¹Tecnico auxiliar de investigador del CENID RASPA, INIFAP; ² Investigador del programa Manejo de Cuencas CENID RASPA INIFAP; ³ Investigador del programa de Ingeniería de Riego CENID RASPA INIFAP. leugim8_88@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo en el que vivimos está en constante transformación y evolución y la necesidad por encontrar respuestas y acceder rápidamente a información ha llevado el desarrollo de distintas actividades. Una de las áreas más desarrolladas recientemente es la de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Cristea y Florina, 2016).

Los SIG son los sistemas informáticos diseñados para mostrar las características físicas y humanas de cada tipo de información recopilada en una base de datos con coordenadas, dependiendo del propósito del análisis a realizar sobre la información y la presentación de resultados puede ser en mapas, cartas y gráficos. (Mustafa, 2012). Es decir, los SIG permiten almacenar la información geoespacial de forma eficiente, facilitando su actualización y acceso directo para los usuarios, ampliando las posibilidades de análisis que proporcionan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización (Mejía *et al.*, 2003). También nos permiten investigar, predecir y pronosticar cambios ambientales de forma confiable, repetitiva, no invasiva, rápida y rentable (Choudhary *et al.*, 2017). Debido a estas características, los SIG se han vuelto indispensables para los administradores y planificadores en la toma de decisiones sobre el manejo de los distintos recursos (Mustafa, 2012).

La toma de decisiones a través del uso de los SIG sobre la planeación de las actividades de un Distrito de Riego (DR) y sus Módulos, apoyada en el conocimiento y análisis de la información que en éstos se genera, permite que los recursos disponibles se aprovechen al máximo (Mejía *et al.*, 2003). El objetivo del presente estudio es generar una metodología para la integración de un GIS utilizando un software de código libre, así como el uso de un GPS diferencial para el manejo óptimo del recurso hídrico en un módulo de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el Distrito de Riego 017 Región Lagunera (DR-017), el cual comprende de 20 módulos de riego, de los cuales 17 corresponden al Río Nazas y tres al Río Aguanaval (Macías *et al.*, 2007), también posee una infraestructura hidroagrícola de dos presas de almacenamiento, diversas presas derivadoras y una red de distribución de 1,266 km de canales y drenes para beneficio de 37,956 usuarios (García *et al.*, 2010).

Características del equipo GPS Diferencial

El equipo GPS Diferencial (GPSD) que se utilizó para este estudio es de una monofrecuencia (L1), el cual funciona en modo diferencial, por este motivo se utilizaron dos equipos receptores al mismo tiempo, de los cuales uno se configuró como receptor base y el otro como móvil. Ambos equipos se componen de una robusta antena L1 Trimble® A3, receptor GPS Trimble® R3, colector de datos Trimble Recon con TDFB y trabaja con el sistema operativo Microsoft Windows Mobile para Pocket PC, además cuenta con 12 canales L1, fase portadora completa en L1, WAAS/EGNOS y una precisión en horizontal de ± 10 milímetros + 1 ppm RMS y vertical ± 20 milímetros + 1 ppm RMS (Trimble, 2006).

Características del Software utilizado

El software utilizado en este estudio fue Quantum GIS (QGIS), el cual es un Sistema de Información Geográfica de código libre compatible para plataformas Windows, Mac os, GNU/Linux y Android. Este programa permite trabajar con archivos vectoriales shapefile, Arcinfo converages, Mapinfo, GRASS GIS, soporta un gran número de archivos tipo raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.), mediante la librería GDAL y OGR, además quantum GIS permite la integración de plugins desarrollados tanto en C++ como Python (Lakota y Stajnko, 2013; QGIS, 2012).

Levantamiento topográfico

Esta actividad consistió en delimitar las parcelas de riego, así como georeferenciar la red de canales del módulo desde el canal principal hasta los canales interparcelarios, esto fue mediante un GPS diferencial.

Ajuste del receptor base: El receptor que funciona como base se colocó en la mojonera INIFAP, la cual tiene las coordenadas corregidas $25^{\circ} 35' 21.80469''$ N y $103^{\circ} 27' 07.51998''$ O a una altura geodésica de 1,106.229 metros, ubicada en el CENID-RASPA (Ramos, 2016). El equipo se configuró en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), con datum WGS'84 para la zona 13 Norte y estilo de levantamiento PPK cinemático opciones base.

Ajuste del receptor móvil: La configuración se realizó directamente en el área de estudio. De igual forma, la base se configuró con proyección UTM y datum WGS'84 para la zona 13 N, con un estilo de levantamiento PPK cinemático pero con opciones móvil. Con este equipo se colectó toda la información necesaria para la integración del SIG, tales como: la red de canales, las distintas estructuras de operación, las estructuras de aforo, carreteras y las distintas parcelas.

Post-proceso: Esta actividad se realizó con el propósito de precisar la información recabada en campo. El post-proceso se ejecutó mediante el software Trimble Business Center®, Ver. 2.0, con la finalidad de disminuir el error de las observaciones brutas entre el receptor base y el receptor móvil (Ramos *et al.*, 2014).

Integración del SIG

La integración de la base de datos se realizó en el Laboratorio SIG Agua-Suelo, del CENID RASPA perteneciente al INIFAP, con sede en Gómez Palacio, Durango. Para esto se empleó una proyección UTM con datum WGS'84 para la zona 13 N, mediante los siguientes procedimientos:

Recopilación de la información: se utilizó información de los límites en la página oficial de la Comisión Nacional de Agua, principalmente "Atlas del agua" donde se descargó la base de datos de los 85 distritos de riego en un archivo con formato kmz (conformado por un archivo principal kml de su acrónimo en inglés Keyhole Markup Language). Posteriormente se cambió a formato shapefile con el programa QGIS ver. 2.12, y se proyectó en datum WGS'84, para luego extraer los polígonos que integran el DR 017.

Proyección de puntos y polígonos: el software QGIS no reconoce ningún archivo con formato xlsx, fue necesario guardar todas las coordenadas de los distintos levantamientos del GPSD corregidos en un formato CSV y ordenarlos por columna. Una vez guardado todos los archivos con formato CVS con el complemento añadir capa de texto delimitado del QGIS, se proyectaron los puntos con datum WGS'84 y proyección UTM, zona 13 N.

Generación de mapas temáticos: para generar los distintos mapas del módulo se realizó una digitalización de los puntos capturados con el GPSD. Para ello, se crearon nuevas capas de archivos shapefile (punto, línea y polígono) y se agregó información a cada una de las capas generadas. En seguida, se activó, la herramienta conmutar edición, está permite añadir objetos espaciales para describir el módulo de riego.

Adicción de atributos: las distintas capas, mapas o imágenes deben contar con información de origen y de las distintas modificaciones que se hayan realizado, porque puede ser distinta a la de origen o pueden ser modificados por varias ocasiones, por tal motivo fue necesario contar

con metadatos que presentaran toda la información requerida para la identificación (Harlow y Vienneau, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el uso del GPS diferencial y el software QGIS fue posible obtener un algebra de mapas del módulo de riego, el cual describe las distintas parcelas agrícolas programadas para riego. Así, como la infraestructura hidroagrícola existente y las distintas estructuras utilizadas para el control y operación del módulo, las cuales se describen a continuación:

Estructuras hidroagrícolas

En base al SIG de la red mayor el Canal Principal Sacramento (C.P.S.) y el Canal Lateral Derecho (C.L.D.) 57+839 presento un total de 257 estructuras hidroagrícolas, de las cuales el 47.1% son estructuras de operación, el 18.3% estructuras de control, principalmente repesos, el 12.5% son estructuras de puentes vehiculares y el resto se encuentra distribuido en estructuras de menor presencia tales como puentes de aforo, caídas y regletas. La distribución geográfica de las estructuras hidroagrícolas se observan en la Figura 1.

Red de canales

De la información obtenida del SIG, se determinó que el módulo dispone de una red de canales de distribución de 51.5 km, de los cuales 24.5 km (47.6%) son del C.P.S. y el resto 27 km (52.4%) del C.L.D. 57+839 y el 100% de estos canales se encuentran revestidos Figura 2. Para el caso de la red de canales parcelarios, el módulo dispone de un total de 83.9 km, pero únicamente está revestido 12.8 km y el resto se encuentra sin revestir Figura 2.

Parcelas de riego

En la Figura 2 se observa la distribución geográfica de las parcelas en las diferentes secciones del módulo de riego. Donde, más del 60% de la superficie es establecida por los cultivos de nogal y algodón (36.5% y 26.6%) respectivamente, y en menor presencia se establecen cultivos como sorgo forrajero, sorgo escobero, melón, sandía, frijol y chile chilaca.

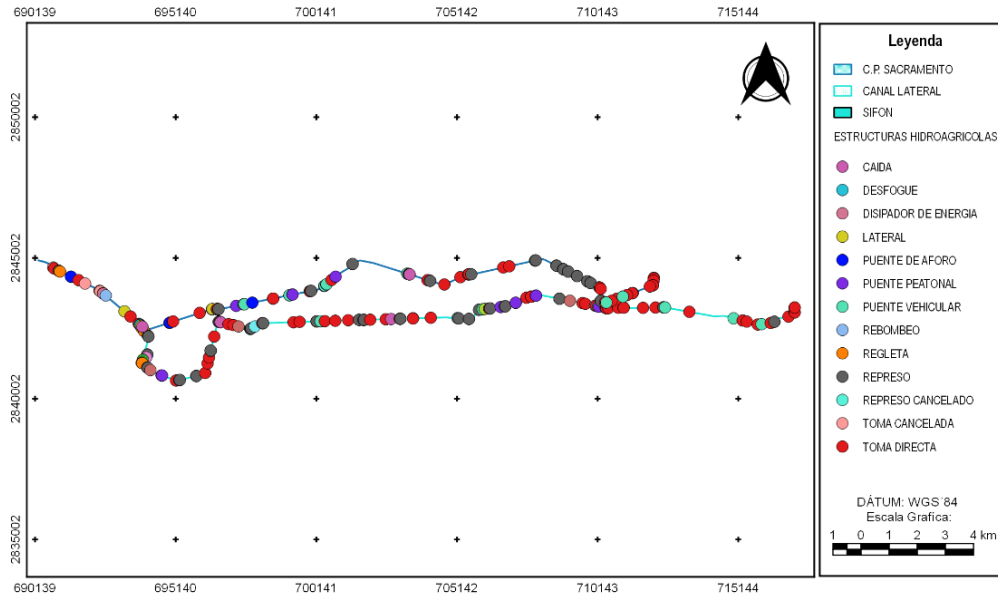


Figura 1. Distribución geográfica de las distintas estructuras hidroagrícolas del módulo

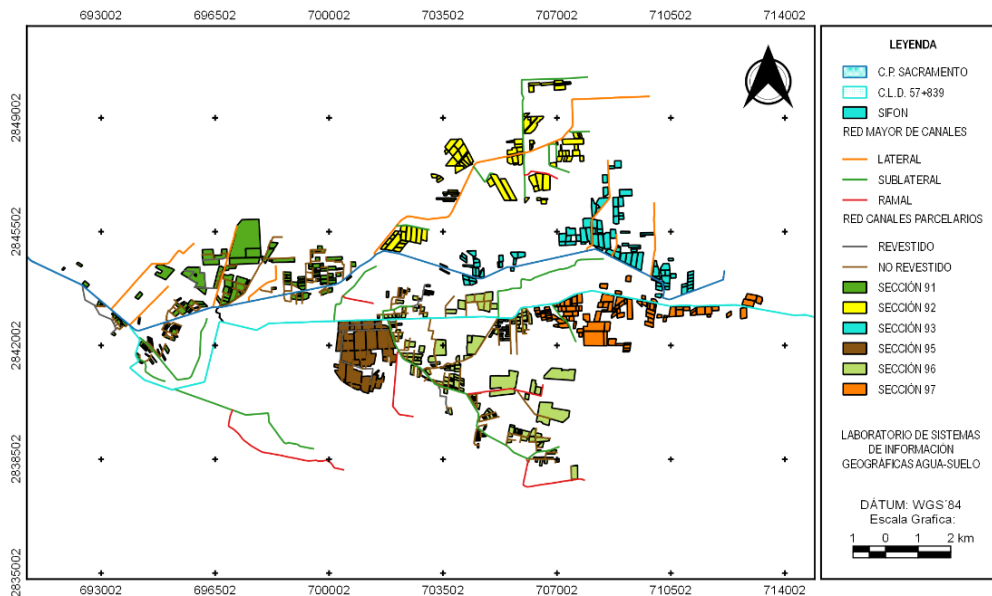


Figura 2. Distribución geográfica de las parcelas agrícolas y la red de canales del módulo de riego.

CONCLUSIONES

Los SIG aplicados en los módulos de riego son una herramienta de ayuda para la gestión del recurso agua. Apoyado a distintas actividades realizadas en los módulos de riego como: la distribución del agua, avance del riego, conservación de infraestructura, compactación de la frontera agrícola, geoubicación de los usuarios y parcelas agrícolas y patrón de cultivos establecidos.

El uso de GPSD para la georreferenciación de los datos de campo permite tener una mayor precisión en comparación con el empleo de información obtenida por imágenes de satélite u otros equipos topográficos. Entre más precisión se obtenga para determinar la superficie de las parcelas permite estimar de manera certera la cantidad de insumos requeridos para la producción agrícola, como agua y fertilizante. Con la finalidad de no derrochar los recursos y mejorar de forma importante la rentabilidad del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Cristea, C., y Florina, A. (2016). GIS application for Wind Energy. *Energy Procedia* **85**, 132-140.
- Choudhary, K., Singh, M., and Kupriyanov, A. (2017). Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*.
- García, M. Y., Sánchez, I., García, G., Moreno, L., Trejo, R., and Hernández, M. A. (2010). Evaluación de la eficiencia de riego en el Módulo IV del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera, México. *RCHSZA* **9**, 99-106.
- Harlow, M., y Vienneau, A. (2003). "ArcCatalog Tutorial. Environmental system Research Institute, Inc. (ESRI)," Wilson. North Carolina. USA. 29 p.
- Lakota, M., y Stajniko, D. (2013). Using of GIS tools for analysis of organic waste management in Slovenia region Pomurje. 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2013). *Procedia Technology* **8**, 570-574.
- Macias, H., Sánchez, I., and Catalán, E. A. (2007). Sistema soporte de decisiones para el manejo integral del agua en el DR 017, Coahuila y Durango, México. *RCHSZA* **6**, 77-89.
- Mejía, E., Exebio, A., Palacios, E., Santos, A. L., and Delgadillo, M. E. (2003). Mejoramiento del manejo de distritos y módulos de riego utilizando Sistemas de Información Geográfica. *Terra Latinoamericana* **21**, 513-522.
- Mustafa, K. (2012). GIS and types of GIS education programs. *Procedia Social and Behavioral Sciences* **46**, 209-2015.
- QGIS (2012). Manual de Aprendizaje QGIS. Disponible en: http://docs.qgis.org/2.2/es/docs/training_manual/index.html
- Ramos, C. M. (2016). Productividad del agua en un módulo del Distrito 017 Región Lagunera, Universidad Juárez del Estado de Durango. Tesis Maestría. pp. 155, Venecia, Dgo.
- Ramos, C. M., Rivera, M., and Estrada, J. (2014). Operación del GPS diferencial y aplicaciones en el sector agrícola. *Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED, Septiembre del 2014*, 1203-1209.
- Trimble (2006). "Guía del usuario Trimble(R) Business Center." Trimble Business Center.

CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL EJIDO VICENTE GUERRERO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMI USANDO SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Juan G. Martínez Rodríguez^{1*}, Antonio Anaya Salgado¹ e Isidro Reyes Juarez¹

¹ INIFAP – CIRNOC - Campo Experimental La Laguna. *martinez.juanguillermo@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

Los Programas de Desarrollo Rural Sustentable tienen su origen tanto en el apartado del medio Ambiente del Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000 (SHCP, 1995), como en el Programa Nacional Ambiental Mexicano, 1995 – 2000 (SEMARNAP, 2000), en los que se plantea como objetivo general de la política reducir, detener y revertir los procesos de degradación del medio ambiente y recursos naturales, asegurando que los recursos naturales se usen de forma sustentable para reducir y superar la pobreza. Al inscribirse en la ideología del desarrollo sustentable, la política del gobierno lo concibe como una función de tres factores primordiales: el crecimiento económico, la equidad social, y la conservación y protección ambiental. Esta concepción se ha construido a partir de la interacción de los diversos actores pues la participación de los diferentes sectores de la sociedad se ha vuelto cada vez más comprometida y consiente de su papel, por lo que se han logrado consensos importantes, como la aprobación de reformas constitucionales que incluyen la garantía de un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, y la consigna de que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que ésta sea integral y sustentable.

La Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), perteneciente a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es sin duda una de las regiones prioritarias dentro de éste tipo de esquemas participativos. Esta Reserva, como lo indica su Plan de Manejo Regional (CONANP, 2005) cuenta con una problemática social y ambiental muy particular, dentro de las que podríamos mencionar se encuentran: las actividades antropogénicas que implican presión sobre los recursos naturales. Entre ellas la ganadería extensiva, y la cacería furtiva de diversas especies de la fauna local, lo cual ocasiona la disminución de las poblaciones, incluyendo a aquellas con problemas de conservación

El uso desmedido, indiscriminado y sin planificación de los recursos naturales, esta ocasionado una degradación severa de los mismos y esto conlleva tarde que temprano al incremento en los niveles de pobreza de los pobladores de esta región ó al éxodo masivo de los mismos pobladores a los grandes centros urbanos.

Por lo anterior, se planteó la caracterización ambiental dentro del Programa de Desarrollo Comunitario como un instrumento que a escala local permita el diseño de estrategias y líneas de acción que orientan las acciones hacia el desarrollo sustentable.

MATERIALES Y METODOS

El ejido Vicente Guerrero, municipio de Sierra Mojada, Coahuila es una comunidad localizada a 120 km de la cabecera municipal y un mínimo de 59 kilómetros por terracería en malas condiciones para llegar a los centros de población con importancia económica en la zona como Ceballos, municipio de Mapimí, Durango y Laguna del Rey, municipio de Ocampo, Coahuila. Es una comunidad que en su centro de población sólo existen dos de siete viviendas ocupadas permanentemente y que no cuenta con servicios básicos como letrinización, agua potable, abasto de alimentos, luz eléctrica, salud y educación; provocando así, desde 1994 el decremento de la población por la emigración hacia otros centros de población. Actualmente sólo tiene una población de dos habitantes. La actividad económica en el ejido es la ganadería extensiva en el sistema vaca-becerro, típico del norte del país. Con bajo desarrollo de infraestructura y tecnología productiva tanto en el manejo de ganado como en el manejo del pastizal

Para realizar la caracterización socio ambiental se realizó una revisión de literatura de estudios realizados por personal de la reserva ecológica. Enseguida se programó y llevó a cabo una reunión general de autoridades ejidales y dueños de las pequeñas propiedades en la escuela primaria de Ceballos, Durango en el mes de septiembre, donde se les explicó a detalle el objetivo del estudio y de lo importante que era su participación en el mismo.

Con base en dicha reunión, se programó una serie de visitas y recorridos de campo con las personas con mayor conocimiento de los predios, sacando de esa manera observaciones de la situación en que viven, se encuentran y utilizan los recursos para la producción, haciéndose un recorrido general por el predio. La cartografía temática utilizada en el estudio fueron las cartas en escala 1:50000 de: suelos, hidrología, uso de suelo y vegetación proporcionadas por INEGI, 1981 y 1995) así como los modelos de elevación digital del terreno (DEM) con una resolución de 50 metros.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las principales unidades de suelo presentes en este Ejido son: Yermosoles y Litosoles con 5588 y 3775 hectáreas, respectivamente. Lo que representa un 43 y un 29 porciento del territorio de este ejido. En menor grado, también se presentan y Regosoles y Solonchak con 1780 y 1802 ha, respectivamente. La unidad de suelo Solonchak se caracteriza por presencia

de sales, lo que limita, en mucho su productividad. Por otro lado, existen, 1590 hectáreas, aproximadamente, las cuales presentan condiciones aptas para el establecimiento de pastos, y se encuentran en la unidad de suelo Yermosol asociado a un horizonte lúvico; este tipo de horizonte permite el almacenamiento profundo de agua en el suelo.

Dentro del ejido se tienen diferentes grados de salinidad; los grados fuertemente salino y moderadamente salinos se aplica a 1593 y 1685 hectáreas, respectivamente. Mientras que se identifican como ligeramente salinas 395 ha.

La causa principal de degradación son las tierras sin vegetación y con influencia humana casi ausente que se considera desierto; el número de hectáreas bajo esta condición es de 5974 aproximadamente.

El tipo de vegetación más importante corresponde al Matorral Desértico Micrófilo (MDM) y comprende el 64% del ejido que representa 8392 ha, aproximadamente. También se encuentra presente, pero en menor proporción, el Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) con 4533 ha, aproximadamente y representan el 64 y el 35 % del ejido, respectivamente (Figura 1). Dentro del MDM sobresalen las asociaciones Matorral inerme y el Matorral subinerme con el 22% del área cada uno de ellos, que corresponde a 5745 ha, aproximadamente. Por otro lado, suelos de tipo aluvial cubren 7435 ha, lo cual representa un 57% de la superficie, mientras que las rocas sedimentarias (caliza) ocupan un 34% de la superficie del ejido.



Figura 1. Vegetación natural del Ejido.

En la actualidad este predio es explotado por los ejidatarios del mismo, en la engorda de ganado bovino de manera extensiva. Este uso se presenta sin control alguno, por lo que la degradación de los recursos naturales se ve acelerada.

Existe un presón (Figura 2) denominado “El Cipriano”, el cual se encuentra azolvado y con problemas serios de retención de agua. El agua que logra captar, tiene una duración máxima de cuatro meses debido a la alta pérdida de agua por infiltración. Se requiere de manera urgente el desazolve y trabajos de impermeabilización del vaso de captación para lograr un mayor tiempo de estancia del agua captada.



Figura 2. Invasión del vaso del preson por especies leñosas.

También, se cuenta con dos agujeros (manantiales), cuya producción de agua es de 7000 litros por día. De acuerdo a los comentarios de uno de los entrevistados, la calidad del agua es buena. Esta agua se concentra y se bombea a un depósito para desde ahí, distribuirla a tres bebederos.

Se considera que el número de fuentes de agua para el ganado es insuficiente y mal distribuido, si tomamos en cuenta que la superficie del rancho es del orden de 13 mil ha.

Es necesario hacer un estudio para el establecimiento de presones ó bordos de contención y retención con mayor probabilidad de captar un volumen mayor de agua, y de esta manera aminorar el desabasto que presenta este predio. Por otro lado, la extensión territorial del ejido hace necesario trabajos para el establecimiento de abrevaderos distribuidos a lo largo y ancho del ejido (Figura 3). Se requiere un estudio de factibilidad para el establecimiento de

abrevaderos técnicamente diseñados. La fuente de agua de dichas estructuras sería suministrada por el depósito de agua localizado en la parte alta del propio Ejido.

Por otro lado, tratando de que la erosión eólica laminar (EOL) no se incremente a través del tiempo, es necesario establecer en estas áreas algunas prácticas de manejo de suelo y/o captación de agua in situ. Con lo anterior no solo se evitará un incremento en la EOL, sino que también se propiciará el almacenamiento del agua en el suelo, la cual estará disponible para el crecimiento de la vegetación nativa.

Los propietarios del predio han mencionado que tienen interés en participar en los programas federales para pagos de servicios ambientales o bien a programas de conservación de suelos y/o reforestación.



Figura 3. Pozo localizado en el Ejido “Nuevo Huitron”.

CONCLUSIONES

La principal actividad antropogénica que implica presión sobre los recursos naturales es la ganadería extensiva, que modifica la cubierta vegetal de los recursos del pastizal, provocando por consecuencia la pérdida de suelo (erosión) y aumentando las posibilidades del incremento de la desertificación.

Se requiere de la implementación de programas de conservación de suelos (reforestación, bordos en contorno, pozas, etc.) con la finalidad de capturar, retener y conservar el agua que escurre, así como el suelo que va suspendido en el agua. Lo

anterior permitirá tener agua disponible para el crecimiento y desarrollo de las especies nativas. Los presones del ejido se encuentran azolvados y con problemas de retención de agua; se requiere dar mantenimiento a estos embalses.

En el caso del Ejido Vicente Guerrero y aprovechando que tienen dos manantiales se requiere de un estudio para el establecimiento de una red abrevaderos, los cuales serían alimentados directamente por el dichos pozos. La inversión sería mínima (mano de obra y tuberías) ya que la se estaría aprovechando el posicionamiento de dichas fuentes de agua.

BIBLIOGRAFIA

- CONANP, (2005). Programa de Conservación y Manejo. Reserva de la Biosfera Mapimi. Abril 2005. 144 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981. Carta de Precipitación Total Anual, escala 1:1'000,000. INEGI. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. Espaciomapas escala 1:250,000. INEGI. México.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Publico, 1995. Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000. 177 p.
- Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (2000). "Programa de Trabajo 2000".

EL CARBONO ORGÁNICO E INORGÁNICO DE LOS SUELOS DEL ÁREA AGRÍCOLA DE SAN PEDRO, COAHUILA

Miguel Angel Segura-Castruita^{1*}, Andrés Enrique Ovalle-Madrid^{1,2}, Manuel Fortis-Hernández¹, Jorge Arnaldo Orozco-Vidal¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Antigua carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana, municipio de Torreón, Coah. CP 27170

²Estudiante de Maestría, División de Estudios de Posgrado e Investigación

*Autor de correspondencia: dmilys5@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El recurso suelo es uno de los reservorios terrestres de carbono (C) más grandes del planeta. El elemento carbono (C) juega un papel muy importante, directa o indirectamente en el comportamiento del suelo; ya que constituye una parte esencial de los residuos de cosecha o de vegetales y que se encuentra en el suelo como carbono orgánico del suelo (COS); además, forma parte de compuestos minerales como los carbonatos, que influyen en la estabilidad de los agregados en el suelo, lo que constituye el carbono inorgánico del suelo (CIS) (Lal et al., 2004). El sistema suelo-vegetación juega un papel importante en el aumento o en la reducción de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, dependiendo de la velocidad de formación y descomposición del COS (West y Marlan, 2002), así como del CIS (Singh et al., 2007), donde las actividades humanas tienen gran influencia sobre la estabilidad de estas reservas. No obstante, para estimar el potencial de captura de C en el suelo bajo distintos escenarios, es necesario distinguir dos cuestiones: a) ¿cuál es la existencia original de carbono en el suelo? y b) ¿cuáles son los cambios en la existencia del mismo? Es decir, no puede tenerse certidumbre acerca de los cambios si no se tienen datos base que sirvan de comparación en evaluaciones del contenido de COS en un sitio o lugar determinado (Batjes, 1999), como del CIS en regiones áridas y semiáridas (Luo et al., 2011). El método que comúnmente se aplica para conocer el contenido de C es la determinación del COS a diferentes profundidades o globalmente, así como del CIS mediante la determinación de los carbonatos secundarios para uno o más horizontes y, posteriormente, los datos se transforman tomando en cuenta la densidad aparente (Da) y la pedregosidad del suelo. Una de las alternativas que se han utilizado para conocer el COS, es el análisis de datos de perfiles de suelos a través de sistemas de información geográficos (SIG), mismos que pueden utilizarse para el CIS, con el fin de generalizar la información; sin embargo, han faltado datos bien referenciados. En México, se han realizado

estudios del contenido de C; sin embargo, éstos se han desarrollado a escala regional y local, referidos a la vegetación y pocos toman en cuenta al suelo. Los suelos de México tienen en promedio 1.8% de CO (3.1% de materia orgánica del suelo), lo que representa un contenido total de 10.5 Pg de CO en la capa superficial (de 0 a 20 cm de profundidad); donde las menores contribuciones se encuentran en las regiones áridas, mientras que, por uso del suelo, la agricultura de riego mostró el menor contenido de COS; sin embargo, el carbono inorgánico no ha sido estudiado. La Región Lagunera situada en la región árida del desierto de Chihuahua, recibe año con año enmiendas orgánicas que varían de 80 a 120 t ha⁻¹ (Fortis et al., 2009); sin embargo, no existe información acerca del estatus de la concentración del COS en los suelos ni de los cambios en la concentración de CIS, en relación con el uso del suelo, y la única información existente, tiene casi diez años de haberse generado (Segura et al., 2005). Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue establecer el comportamiento y la distribución de contenido de carbono orgánico e inorgánico en suelos del municipio de San Pedro Coahuila en función del uso del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localizó entre las coordenadas 25° 35' y 25° 39' N y los 103° 19' y 103° 24' W, con una superficie de 75 066.88 ha (Figura 1). En esta área se encuentra el área agrícola del municipio de San Pedro Coahuila, México; con una altitud promedio de 1170 m. El clima es un Bw (h') hw (e) que corresponde a un seco desértico cálido con un régimen de lluvias en verano y una oscilación extremosa. La precipitación total anual promedio es de 250 mm, concentrada en los meses de junio a septiembre. Esta precipitación contrasta con la evaporación media anual de 2 400 mm (García, 2004). El material parental que dio origen a los suelos son sedimentos aluviales del Cuaternario (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informático. Los suelos son *Fluvisoles*, *Leptosoles*, *Calcisoles*, *Gypsisoles* y *Vertisoles*.

Muestras de la capa superficial (0-30 cm) de diferentes suelos (2 kg, aproximadamente) se obtuvieron; para lo cual se construyó una cuadrícula de 5 X 5 km (Figura 2), tomando como base lo que indica. Asimismo, en la elección final de los sitios, se tomó como criterio la accesibilidad de los lugares (carreteras pavimentadas, terracerías y brechas). Cada sitio fue georreferenciado con un GPS marca Garmin Etrex. Posteriormente con los datos de localización y diferentes características de los suelos se generó una base de datos. Asimismo, se realizó una entrevista a los productores dueños de las parcelas o lugares donde se encontraron los sitios de muestreo.

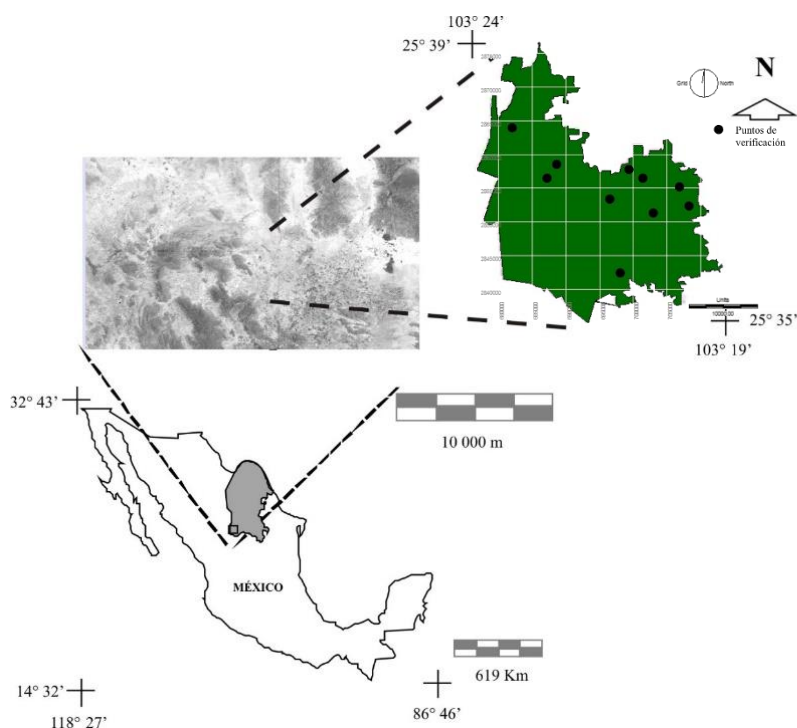


Figura 1. Localización del área de estudio

Las muestras de suelo fueron llevadas al laboratorio, donde se determinaron el porcentaje de carbono orgánico (CO) por el método de combustión húmeda de Walkley y Black y los carbonatos secundarios por el método de Horton y Newson según la Norma Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Se estimó el contenido de carbono almacenado en el suelo y su variación en la región mediante el método de la masa equivalente (cálculo de COS almacenado en una masa de suelo de referencia), tomando en consideración el efecto del cambio en la densidad aparente sobre el carbono del suelo almacenado entre cada uso de suelo (Eller et al., 2006) que en nuestro caso corresponderá a uso agrícola.

El carbono almacenado en el suelo (del COS y CIS) se calculó con la siguiente fórmula:

$$SCD_i = SC_i \times BD_i \times Hi \times 1000 \times (1 - \eta_i / 100)$$

donde SCD_i representa cada uno de los almacenes de COS o CIS en la capa i ($COSD_i$, $CISD_i$ respectivamente en $Mg\ ha^{-1}$ de C); SC_i representa el contenido de COS_i o CIS_i ($g\ kg^{-1}$) en la capa i ; BD_i es la densidad aparente ($g\ cm^{-3}$) en la capa i ; y el Hi es el espesor (cm) de la capa i . El término η_i representa el porcentaje de las partículas con un tamaño $>2\ mm$ en la capa i . Se reportó para la capa superficial (0-30 cm). El CT se obtuvo de la suma de COS y CIS. Aparte, la

distribución espacial de las concentraciones de COS, CIS y CT se obtuvo con el método geoestadístico Kriging con el SIG ArcGIS 10.3[®].

La verificación de la precisión de los mapas se realizó mediante un recorrido a puntos seleccionados en los mapas generados y se seleccionaron al azar diez sitios, donde se colectaron muestras de suelo a las que se les determinó nuevamente el COS y el CIS, donde se verificó si la concentración corresponde a la que se señala en el mapa. El análisis se realizó en el programa Minitab 17.

RESULTADOS

El COS de la capa superficial (0-30 cm) de los suelos del municipio de San Pedro varió de 1.02 a 6.47 Mg ha⁻¹, donde la mayor superficie la ocupan los contenidos que van de 3.0 a 4.0 Mg ha⁻¹ (Cuadro 1). No obstante, el CIS (17.92 Mg ha⁻¹) fue mayor que el COS en esta región. Situación que fue evidente cuando se relacionaron el COS y el CIS, ya que el COS representó el 16.91% del CT (1 697 330.50 Mg), mientras que el resto correspondió a CIS (83.09%) en el área total del municipio. Esta relación (CIS > COS) ha sido reportada en otras regiones semiáridas del mundo, tal es el caso de España (Díaz et al., 2003) y Egipto (Elbasiouny et al., 2014). Por otra parte, Montaña et al. (2016) indicaron que, el COS fluctúa de 2.1 a 72 Mg ha⁻¹ en regiones áridas de México. Al respecto, Bui et al. (2009) indicaron que, la acumulación de COS está relacionada al tipo de vegetación y a las características climáticas como el índice de precipitación anual.

Por su parte, el CIS está relacionado al tipo de material parental y el clima árido y semiárido, donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación (Montaña et al., 2016). El clima y la vegetación de la región de San Pedro influyeron en los contenidos de COS y CIS. No obstante, en el caso del COS el manejo es otro factor que podría influir en su contenido y en su distribución espacial; por otra parte, el material parental no consiste de rocas sedimentarias como calizas o dolomitas, sino de sedimentos del cuaternario, donde los minerales están compuestos de biotitas y feldespatos cálcicos y sódicos, entre otros (Segura et al., 2008).

Cuadro 1. Clases de contenido, formas de carbono y superficie que ocupan en los suelos de San Pedro, Coahuila.

Carbono del suelo	Clase	Área	Contenido total
	Mg ha ⁻¹	Ha	Mg
COS	< 3.0	16 019.09	48 057.27
	3.0 – 4.0	29 874.06	104 559.21
	4.0 – 5.0	22 913.26	103 109.67
	> 5.0	6 260.47	31 302.35
	Total	75 066.88	287 028.50
CIS	< 14.0	70.60	988.40
	14.0 – 17.0	16 133.32	250 066.46
	17.0 – 20.0	32 189.60	595 507.60
	> 20.0	26 673.36	533 467.20
	Total	75 066.88	1 380 029.66
CT	< 20.0	6 994.80	139 896.00
	20.0 – 23.0	39 566.38	850 677.17
	23.0 – 26.0	25 158.52	616 383.74
	> 27.0	3 347.17	90 373.59
Total	75 066.88	1 697 330.50	

Los contenidos de carbono orgánico e inorgánico en los suelos del área de estudio, están distribuidos de distinta forma en el municipio. El mapa temático de COS presenta la mayor concentración (> 5.0 Mg ha⁻¹) en la parte noroeste del área de estudio (Figura 2a), mientras que los más bajos contenidos se localizan en la parte sur de la porción central (< 3.0 Mg ha⁻¹), principalmente. En cambio, en el mapa del CIS el carbono se distribuye en franjas irregulares (Figura 2b), donde los menores contenidos se encuentran en el oeste del área de estudio (< 14.0 Mg ha⁻¹) y los mayores en la parte este (> 27.0 Mg ha⁻¹).

En la Región Lagunera algunos sectores del área agrícola se aplican hasta 120 t ha⁻¹ de estiércol (Fortis et al., 2010), lo cual puede influir en la distribución espacial del COS. Los mayores contenidos de COS, así como los menores contenidos de CIS se relacionan con las prácticas de manejo en el área de San Pedro. Aunque, el COS es más bajo que los reportados en otras regiones áridas del mundo (Díaz et al., 2003; Elbasiouny et al., 2014). Ya que la acumulación de COS después de un tiempo, puede disminuir por efecto de la labranza; de

acuerdo con Pagliai et al. (2004), los implementos que se utilizan en la agricultura mecanizada, provocan la degradación física, ya que rompe los agregados y promueve la pérdida de CO.

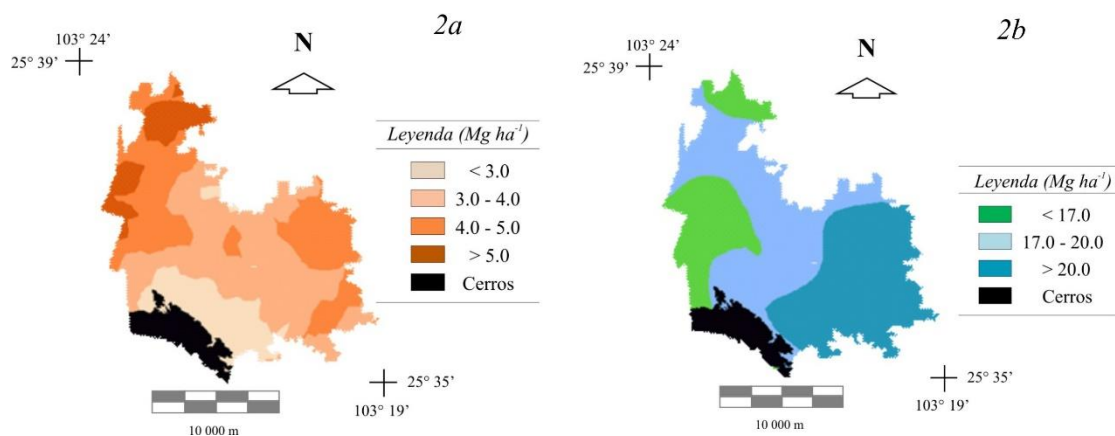


Figura 2. Distribución del contenido de carbono de la capa superficial de suelos de San Pedro Coahuila, 2a carbono orgánico del suelo, 2b carbono inorgánico del suelo.

En cambio, el comportamiento decreciente del CIS es un resultado colateral, ya que los ácidos que se forman cuando se agregan enmiendas orgánicas o fertilizantes sintéticos al suelo, reaccionan con los carbonatos presentes en el suelo disminuyendo la cantidad de CI (Lents y Lersch, 2014).

Los mapas de COS y CIS tuvieron precisiones en lo general parecidas, donde el mapa de CIS fue el que tuvo el mayor error (2.10 Mg ha^{-1}). Las RCME muestran que los valores predichos son mayores que las cantidades que se obtuvieron en campo para COS y CIS (1.64 y 4.45 Mg ha^{-1} , respectivamente). El RCME reveló que valores predichos están subestimados o sobreestimados con respecto a los valores reales; mientras que los EMS de la verificación muestran que las predicciones de los mapas de COS en general sobreestimaron los datos reales con 0.06 Mg ha^{-1} ; en cambio, el CIS tuvo una subestimación ($\text{EMS} = -2.51 \text{ Mg ha}^{-1}$); es decir, los valores de campo fueron mayores que los reportados en el mapa temático. No obstante, en ambos casos los errores son bajos por lo cual los mapas pueden utilizarse.

CONCLUSIONES

El contenido y distribución espacial del COS y el CIS son diferentes en los suelos del municipio de San Pedro, Coahuila. El carbono orgánico del suelo está en función del uso que estos suelos tengan, ya que las enmiendas orgánicas influyen en su contenido en los suelos superficiales, razón por la cual tienen una distribución espacial heterogénea. En cambio, los contenidos de

CIS son mayores que las cantidades de COS, lo cual está principalmente relacionado con las características climáticas que prevalecen en estas regiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Batjes, N. H., 1999, Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, The Netherlands, 200 p.
- Bui, E., Henderson, B., Viergever, K., 2009, Using knowledge discovery with data mining from the Australian Soil Resource Information System database to inform soil carbon mapping in Australia. *Global Biogeochem. Cycles* 23.
- Díaz H., J.L., Barahona F.E., Linares G., J., 2003, Organic and inorganic carbon in soils of semiarid regions: a case study from the Guadix–Baza basin (Southeast Spain): *Geoderma*, 114, 65-80.
- Elbasiouny, H., Abowaly, M., Alkheirb, A.A., Gad, A.A., 2014, Spatial variation of soil carbon and nitrogen pools by using ordinary Kriging method in an area of north Nile Delta, Egypt: *Catena*, 113, 70-78.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H., VandenBygaart, A.J., Bremer, E., 2006, Measuring change in soil organic carbon storage, in: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Boca Raton, CRC Press, 25-38 p.
- Fortis H., M., Leos R., J.A., Orona C., I., García H., J.L., Salazar S., E., Preciado R., P., Orozco V., J.A., Segura C., M.A., 2009, Uso de estiércol en la Comarca Lagunera: in: Orona C., I., Salazar S., E., Fortis H., M., Trejo E., H.I., Vázquez V., C., (eds), *Libro de Agricultura Orgánica: Gómez Palacio, FAZ-UJED*, 104-127 p.
- García, E., 2004, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: México D.F., Instituto de Geografía, UNAM, 98 p.
- Lal, R., 2004, Carbon emissions from farm operations. *Env. Intl.*, 30, 981-990.
- Lentz, R.D., Lehrs, G.A., 2014, Manure and fertilizer effects on carbon balance and organic and inorganic carbon losses for an irrigated cornfield: *Soil Science Society of America Journal*, 78, 987-1002.
- Luo, Y., Durenkamp, M., De Nobili, M., Lin, Q., Brookes, P.C., 2011, Short term soil priming effects and the mineralisation of biochar following its incorporation to soils of different pH: *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 2304-2314
- Montaño, N.M., Ayala, F., Bullock, S.H., Briones, O., García O., F., García S., R., Maya, Y., Perroni, Y., Siebe, C., Tapia T., Y., Troyo, E., Yépez, E., 2016, Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México, *Síntesis y perspectivas: Terra Latinoamericana*, 34, 39-59.
- Plagiai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S., 2004, Soil structure and the effect of management practices: *Soil and Tillage Research*, 79, 131-143.
- Segura C., M.Á., Preciado R., P., González C., G., Frías R., J.E., García L., G., Orozco V., J.A., Enríquez S., M., 2008, Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia*, 33, 923-928.
- Segura C., M.A., Sánchez G., P., Ortiz S., C.A., Gutiérrez C., M.C., 2005, Carbono orgánico de los suelos de México: *Terra Latinoamericana*, 23, 21-28.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002, Norma Oficial Mexicana, que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreos y Análisis (NOM-021-RECNAT-2000): México D.F., Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre, 2002. 85 p.
- Singh, S.K., Singh, A.K., Sharma, B.K., Tarafdar, J.C., 2007, Carbon stock and organic carbon dynamics in soils of Rajasthan, India: *Journal of Arid Environment*, 68, 408-421.
- West, O., Marland, G., 2002, A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91, 217-232.

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA EL PRONÓSTICO DEL RIEGO DE CULTIVOS EN GUANAJUATO

Catalán Valencia Ernesto Alonso¹, Villa Castorena Magdalena¹, Inzunza Ibarra Marco Antonio¹, Delgado Ramírez Gerardo¹

¹CENID RASPA INIFAP. Canal Sacramento km 6+500. Gómez Palacio, Dgo.
catalan.ernesto@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México, el riego se practica en el 25% de la superficie agrícola cultivada y aporta el 50% del valor de la producción. A pesar de la gran contribución de la agricultura de riego a nuestra seguridad alimentaria, las zonas de riego del país funcionan con niveles de eficiencia y productividad menores al 50%. Es por esto que la tecnificación del riego ha sido una de las metas prioritarias planteadas en los planes de desarrollo de las últimas administraciones del gobierno federal, sin embargo, los niveles actuales de eficiencia a nivel global (<40%) y parcelario (<60%) indican que aún hay mucho por avanzar al respecto (CNA, 2014).

La falta de soporte técnico para la gestión del riego parcelario explica en gran medida los bajos niveles de eficiencia y productividad con que se utiliza el agua en las zonas de riego. En Guanajuato, el volumen de agua anual concesionado en el año 2013 fue de 3,986 millones de m³, de los cuales el 84% (3,351 millones de m³) se destinó a uso agrícola (CNA, 2014). La superficie cultivada bajo riego alcanzó las 430,000 hectáreas, lo cual indica que se aplicó una lámina de riego bruta promedio de 0.78 m con una eficiencia global de 51% si se asume una lámina neta o requerimiento de riego promedio de 0.40 m.

La tecnificación del riego parcelario implica la aplicación de técnicas y métodos racionales y cuantitativos para mejorar la programación, diseño y operación de los sistemas de riego. La tecnología disponible en materia de ingeniería de riego es amplia, sin embargo, los procesos de transferencia y adopción tecnológica se han rezagado por distintas razones. Además de la falta de un esquema de valoración económica real del agua para riego, se tiene que la asimilación e implementación de la tecnología se complican por los altos grados de especialización y entrenamiento requeridos. También ha influido la supresión y/o desaparición de funciones como la capacitación y asistencia técnica anteriormente proporcionadas a los usuarios por parte del gobierno federal a través de las oficinas de ingeniería de riego y drenaje de los distritos y unidades de riego.

La creación de nuevas herramientas de investigación y la disponibilidad de cierta infraestructura han dado un nuevo impulso a la transferencia y adopción de la tecnología de riego existente, acercando el conocimiento a los productores. Infraestructuras como la Red de Estaciones

Climatológicas Automáticas del Estado de Guanajuato y la Red de Internet permiten la adquisición, proceso y transmisión en tiempo real de la información climática requerida para estimar variables fundamentales de la gestión del riego de cultivos como la evapotranspiración o consumo de agua. Mediante la programación y el acceso en línea a bases de datos (clima, suelo y cultivo), es posible desarrollar aplicaciones de cómputo para sistematizar, difundir y transferir la tecnología de riego disponible, es decir, proveer asistencia técnica en línea y tiempo real a los usuarios del riego.

La programación del riego es una técnica encaminada a determinar las cantidades de agua por aplicar y las fechas de aplicación de cada riego para minimizar deficiencias o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar efectos adversos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (FAO, 1989). Con la programación adecuada del riego se pueden lograr objetivos múltiples como ahorrar agua, disminuir costos por ahorro de energía y mano de obra, minimizar estrés hídrico y maximizar rendimiento, así como maximizar calidad, rentabilidad o ingreso (Catalán *et al.*, 2007). El objetivo de este trabajo fue desarrollar un programa computacional, en línea y tiempo real, para calcular las demandas de agua y calendarizar el riego de los cultivos en Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El programa DRIEGO GUANAJUATO aquí presentado forma parte del sistema IRRINET para la asistencia técnica en línea en el manejo del riego (<http://www.cenidraspa.org/>). Se desarrolló a partir de su antecesor, el cual funcionaba con base en datos climáticos históricos (Catalán *et al.*, 2012). Fue programado utilizando el estilo de programación mixta JQUERY bajo JAVA y PHP.

El programa resuelve el balance de agua en el suelo a partir de la estimación de cada uno de sus componentes: riego (R) y lluvia efectiva (P) como principales entradas de agua, así como evapotranspiración del cultivo (ET_c) y percolación o drenaje (D) como salidas de agua más importantes:

$$\Delta\theta = R + P - ET_c - D \quad (1)$$

Donde $\Delta\theta$ es el cambio del contenido de agua del suelo. La escala espacial es el volumen de control limitado por la profundidad del suelo explorada por las raíces del cultivo, y la escala del tiempo es de un día, como la mayoría de los esquemas planteados para resolver la Ec. 1 (Fox *et al.*, 1994, Ojeda *et al.*, 1999).

Consumo de agua. El consumo de agua o evapotranspiración (ET_r) del cultivo se estima a partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_0), calculada con el método estándar FAO Penman-Monteith, y el uso del coeficiente dual del cultivo, ambos procedimientos

recomendados por la Organización Meteorológica mundial y la FAO para la programación del riego en tiempo real (FAO, 1998):

$$ET_C = (K_s K_{cb} + K_e) ET_0 \quad (2)$$

Donde ET_0 es la evapotranspiración de la superficie hipotética de referencia, similar a la de un cultivo de pasto bien irrigado y sin limitaciones de agua (Allen *et al.*, 1990; Jensen *et al.*, 1990). La ET_0 se estima con datos climatológicos del sitio (temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y radiación solar).

Datos de entrada. La pantalla principal del programa muestra cinco botones: 1. Sitio, 2. Cultivo, 3. Suelo, 4. Riego y 5. Resultados. Los cuatro primeros botones solicitan datos de entrada y el último botón muestra el menú de resultados (Figura 1).

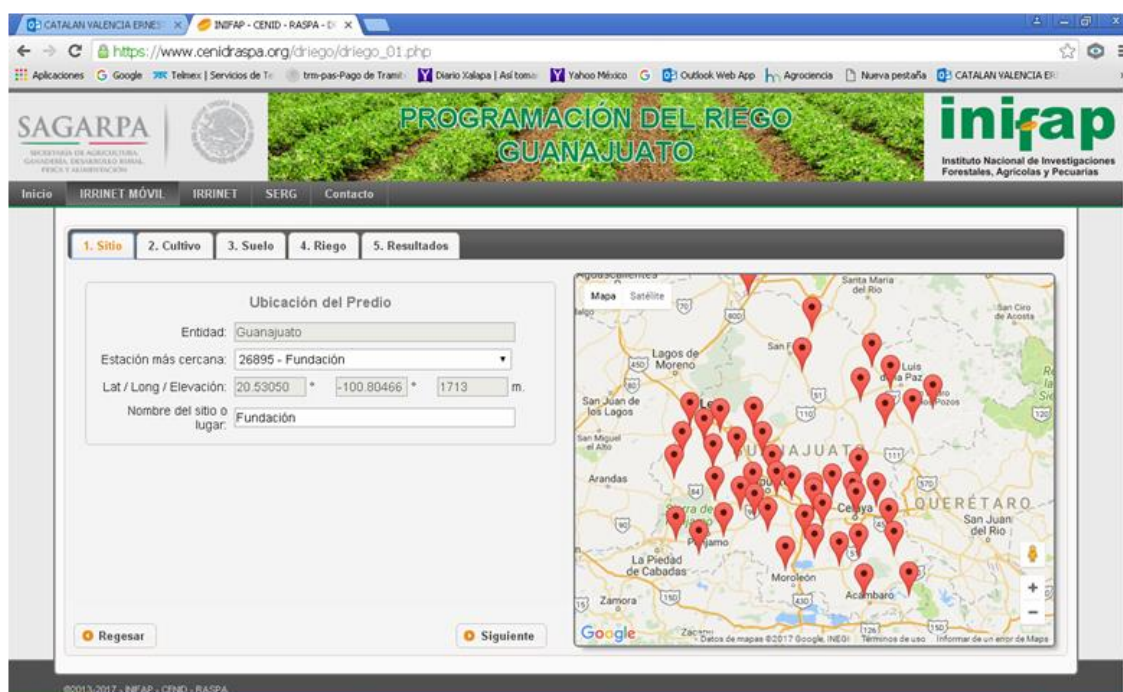


Figura 1. Selección del sitio y su estación climatológica.

Botón Sitio: solicita la estación climatológica más cercana para acceder, en línea y tiempo real, a su base de datos (Figura 1). Una vez seleccionada la estación, el programa despliega la información correspondiente como el nombre, coordenadas geográficas y altura del sitio.

Botón cultivo: solicita datos del cultivo como la fecha de siembra, duración del ciclo vegetativo y la altura máxima del cultivo, datos que el usuario puede cambiar. También se despliegan los valores de las curvas de los coeficientes basales del cultivo recomendados por la FAO, los

cuales el usuario puede modificar cuando disponga de coeficientes locales de cultivo derivados de estudios experimentales (Figura 2).

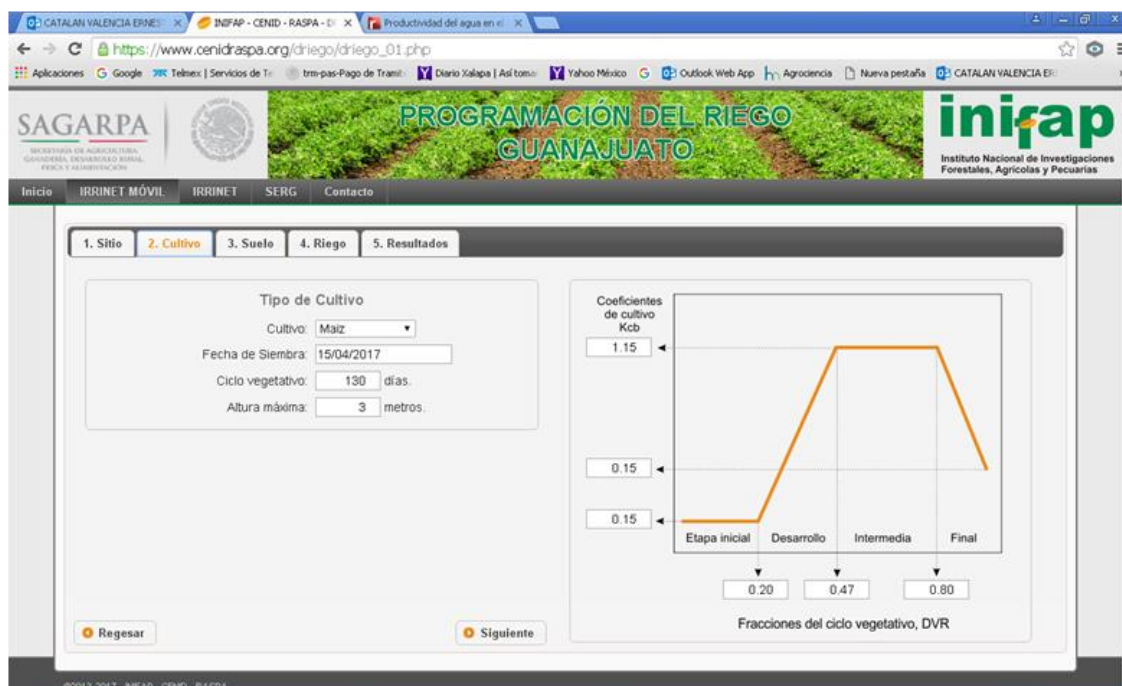


Figura 2. Ingreso de datos del cultivo.

Botón suelo: solicita información para determinar la humedad aprovechable (HA) o capacidad de retención de agua del perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo. El programa da al usuario tres posibles opciones para determinar HA dependiendo de la información disponible.

Botón riego: solicita la información referente al sistema de riego y su manejo como el tipo de sistema y la fracción del terreno humedecida, la cual es importante para estimar la evaporación directa del suelo. También se solicita el tipo de control del riego: por abatimiento de la humedad aprovechable del suelo o por intervalos de riego.

RESULTADOS

Como resultados de este trabajo se obtuvo un programa de cómputo para pronosticar, en línea y tiempo real, el riego de los cultivos en el estado de Guanajuato. El último botón de la pantalla principal del programa despliega el botón "Calcular resultados", el cual al activarse muestra los ocho botones del menú de resultados. El primer botón presenta el calendario de riego que incluye el número de riegos, fechas de aplicación, intervalos entre riegos y láminas de riego (Figura 3).

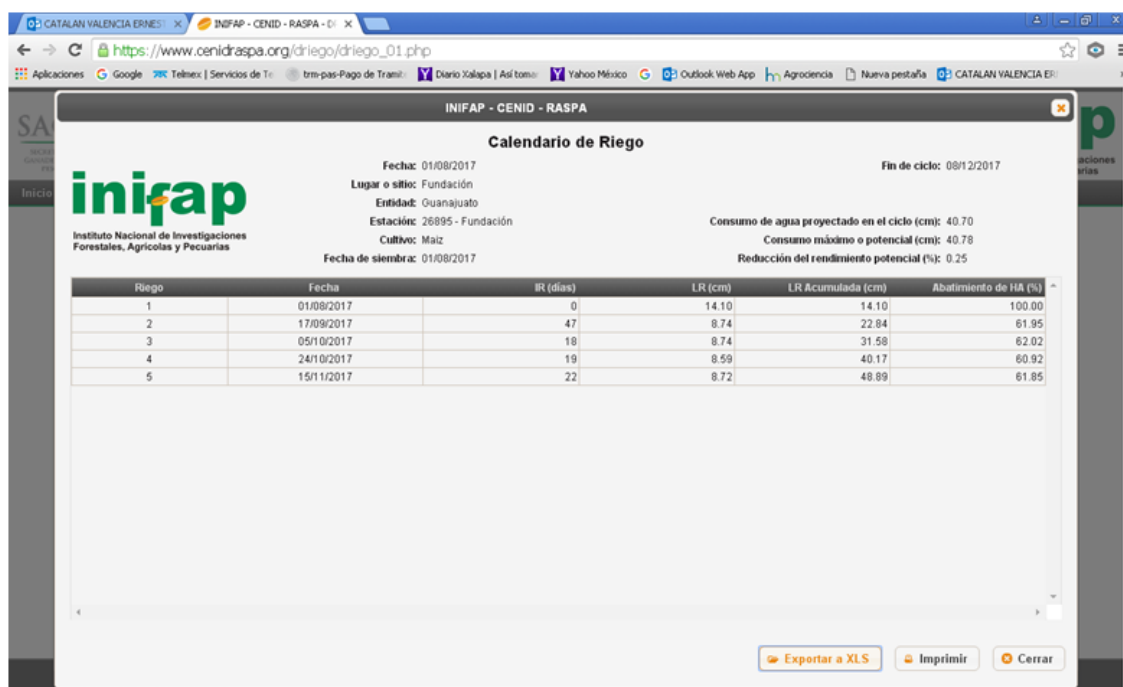


Figura 3. Calendario de riegos del maíz.

El segundo botón del menú de resultados presenta los datos tabulados de los componentes del balance de agua del suelo a nivel diario. Aparecen el consumo de agua del cultivo en sus modalidades de evapotranspiración (ET) máxima y real; la evaporación y transpiración como componentes de la ET real, la lluvia efectiva y la percolación. Aparece también la humedad aprovechable disponible en la zona radicular del cultivo.

Los botones tres y cuatro presentan gráficas del consumo de agua (ET máxima, ET real y Transpiración) a través del ciclo del cultivo, en valores diarios (Figura 4) y acumulados, respectivamente. Por su parte, el quinto botón muestra dos gráficas que ilustran la variación de la humedad aprovechable del suelo durante el ciclo del cultivo, tanto en porcentaje como en lámina de agua. El sexto botón muestra los valores de los coeficientes del cultivo a través de su ciclo vegetativo. Se presentan los valores del coeficiente basal (K_{cb}) que determina la transpiración del cultivo, el coeficiente K_e que determina la evaporación directa desde la superficie del suelo, y la suma de ambos coeficientes que determina la evapotranspiración.

Los dos últimos botones del menú de resultados presentan gráficas con los valores de las variables climatológicas durante la estación de crecimiento del cultivo. Todas las gráficas desplegadas por el programa pueden habilitarse y deshabilitarse para visualizarlas una por una o todas juntas.

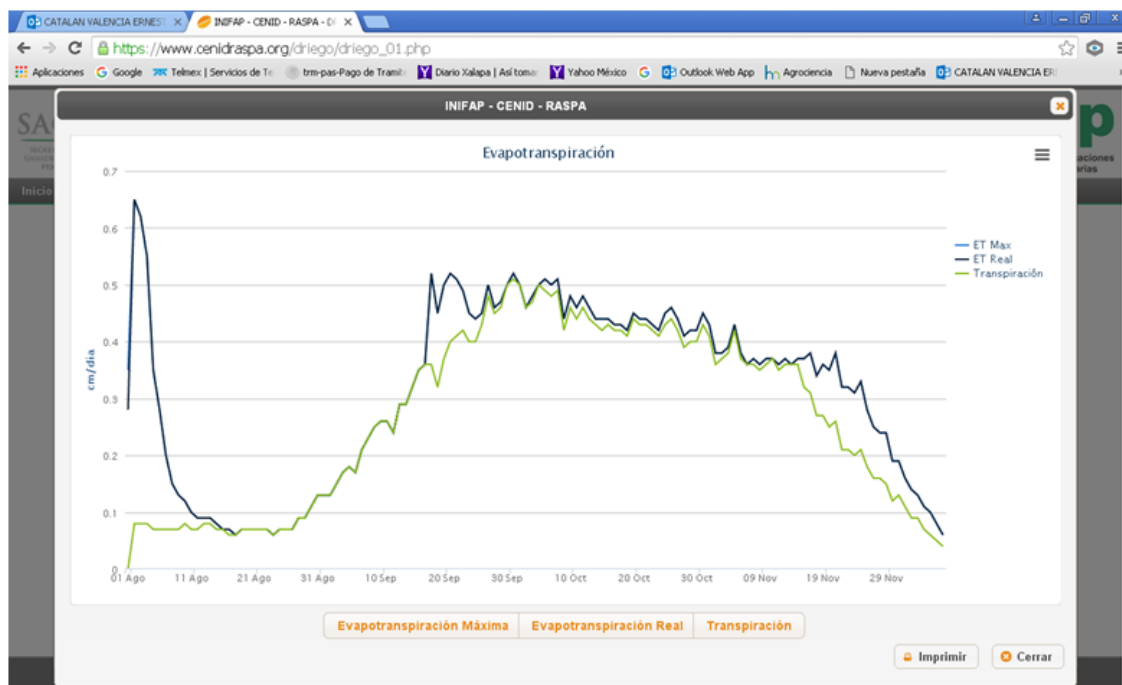


Figura 4. Consumo de agua a través del ciclo del maíz.

CONCLUSIONES

El sistema IRRINET es una herramienta importante para que los usuarios del riego del estado de Guanajuato incorporen un mayor soporte técnico a la tarea de programar el riego de sus cultivos. La instalación y ejecución en línea del sistema y el acceso irrestricto y gratuito por parte de los usuarios a través de Internet constituyen importantes mecanismos de difusión y transferencia de la tecnología de riego disponible.

La herramienta aquí propuesta hace una estimación del consumo de agua por el cultivo y del balance de agua en el suelo utilizando datos climáticos recientes o actuales, lo cual constituye una mejora con respecto al uso de datos históricos del clima. Es por esta característica que su potencial de aplicación aumenta no sólo para la planeación de los recursos hidráulicos sino también para la operación y manejo de los sistemas de riego.

Además de los usuarios del riego, maestros y estudiantes pueden utilizar el programa con fines didácticos, para entender mejor los principios teóricos involucrados en su desarrollo; así como investigadores para ayudar a definir posibles acciones de investigación orientadas al refinamiento de las técnicas utilizadas en el programa.

El programa también puede utilizarse como herramienta para la planeación y toma de decisiones sobre el uso de los recursos hídricos del estado de Guanajuato, tareas en las cuales el conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es básico e indispensable.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen R.G., R.H. Cuenca, M.E. Jensen, W.O. Pruitt, R.K. Blatchlet, J.M. Erpenbeck, E.L. Johns, J.F. Stone, R.D. Burman, R.W. Hill, P.R. Nixon, and J.L. Wright. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. M.E. Jensen, R.D. Burman, and R.G. Allen Editors. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York.
- Catalán V., E.A.; Sánchez C., I.; Villa C., M.M.; Inzunza I., M.A. y Mendoza M., S.F. 2007. Programa para calcular demandas de agua calendarizar el riego de los cultivos. Folleto técnico 7. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango.
- Catalán V., E.A.; Villa C., M.M.; Inzunza I., M.A.; Román L., A. y González B., J.L. 2012. Cálculo de demandas de agua y programación del riego de cultivos en Coahuila. AGROFAZ: 12: 123-131.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2014. Estadísticas del Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1989. Irrigation water management: Irrigation scheduling. Training Manual No. 4. Rome Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.
- Fox F.A., T.F. Schere, D.C. Slack and L.J. Clark. 1994. Arizona Irrigation Scheduling (AZSCHED Version 1.1E): Users Manual. Cooperative Extension. University of Arizona, Tucson AZ.
- Jensen M.E., R.D. Burman and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers. Irrigation Water Requirements Committee of the Irrigation and Drainage Division. Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York. 332 p.
- Ojeda B., W., E. Sifuentes I., J.M. González C., J.A. Guillen G. y H. Unland W. 1999. Pronóstico del riego en tiempo real. Centro Nacional de Transferencia de Tecnología de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO NATURAL Y ANTRÓPICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA TORTUGA DE PANTANO *Kinosternon durangoense* (Serb *et al.*, 2001)

Adriana Jaime Rosales, Ulises Romero Méndez, Jorge Luis Becerra López, Luis Ángel Hernández Martínez

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas.
Avenida Universidad s/n Frac. Filadelfia, C.P. 35010, Gómez Palacio, Dgo. correo electrónico:
adriz.jaime@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los principales factores involucrados en la pérdida de la biodiversidad y en la distribución geográfica de las especies (Becerra-López *et al.*, 2016). Al respecto se ha mencionado que aquellas especies que no sean capaces de dispersarse y colonizar nuevas áreas con climas adecuados para su sobrevivencia o no posean una amplia tolerancia fisiológica, la extinción será lo más probable (Uezu *et al.* 2005). Sin embargo, hay especies con respuestas positivas ante el cambio climático, reflejando un incremento en su abundancia y áreas de distribución (Lara *et al.* 2012).

Kinosternon durangoense fue recientemente elevada a nivel de especie por Serb *et al.* (2001), su distribución es clasificada como endémica y restringida a una porción del Desierto Chihuahuense; actualmente no se encuentra registrada en la NOM-059-SEMARNAT (2010), y según la UINC (2016-3) no existen datos suficientes para ser catalogada en algún estatus de vulnerabilidad. Al respecto, se ha mencionado que aquellas especies con distribución restringida podrán ser más susceptibles a las variaciones ambientales (Urbina-Cardona y Castro 2014). Por lo tanto, el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la vulnerabilidad de *K. durangoense*, frente a los efectos del cambio climático. Para esto, se plantearon los siguientes objetivos: i) determinar la distribución potencial de la especie bajo condiciones climáticas actuales y futuras (2000-2050), ii) calcular el porcentaje de cambio en la idoneidad de hábitat entre escenarios climáticos. Esta información proporcionara datos relevantes para los planes de conservación y manejo de la especie.

METODOLOGÍA

Los datos geográficos de ocurrencias de la especie *K. durangoense* se obtuvieron a partir de información científica publicada, así como de la base de datos de HerpNet (<http://www.VertNet.org>); además se tomaron en cuenta las ubicaciones de los presones donde la especie ha sido reportada.

La información climática se obtuvo a partir de las 19 capas del Clima Actual disponibles en WorldClim database versión 1.4 (Hijmans *et al.* 2005). Para la selección de las variables ambientales, empleando el Software ArcMap 10.2, se estableció un polígono mínimo convexo para la especie *Kinosternon durangoense*, en el que se generaron 10,000 puntos geográficos de manera aleatoria, a los que se les agregó la información de las 19 variables ambientales del clima actual. Con la información generada se llevó a cabo un análisis de correlación bivariada con el fin de disminuir la multicolinealidad entre las variables de entrada (Merow *et al.* 2013; Varela *et al.*, 2014). Para las variables que se encontraron correlacionadas ($r > 0,7$) se eligió la variable representó mayor significado biológico para la especie.

Se implementó el modelado en MaxEnt 3.4.1k (Philips *et al.*, 2006). Para la calibración del modelo, la elección de: i) área accesible (background o M); ii) el tipo de variables que MaxEnt construye (features), y iii) el tipo de salida del modelo (raw, cumulative, logistic), afectan las inferencias que se realicen del mismo (Merow *et al.*, 2013).

La calibración de los métodos para la especie *K. durangoense* se llevó a cabo en su ámbito geográfico nativo, delimitado por un polígono mínimo convexo. Para esto, se utilizó la librería "ENMeval" (Muscarella *et al.*, 2014) en el software estadístico R. El modelo calibrado se evaluó mediante el cálculo del coeficiente de información de Akaike estandarizado (AICc), el modelo con menor AICc se eligió como el de mejor ajuste para la especie. La información obtenida de los modelos calibrados para el polígono mínimo convexo de la especie, se proyectó para el área seleccionada al noreste de México, considerando los escenarios propuestos para el Clima Actual y los 19 escenarios propuestos para el año 2050, este último bajo la concentración de gases de efecto invernadero RCP 8.5. El número de repeticiones para cada modelo será de 100 réplicas (número máximo de repeticiones permitido por nuestra potencia de cálculo) (Dambach y Rödder, 2011).

Se generaron, mapas binarios (presencia-ausencia) para el modelo realizado. Para ello, se evaluó el punto de corte de acuerdo a la sensibilidad y especificidad de la curva ROC, siendo Maximum training sensitivity plus specificity. Finalmente, para evaluar el impacto del cambio climático en el área de idoneidad de la especie *K. durangoense*, se obtuvo el porcentaje de

cambio de las áreas de idoneidad del nicho realizado y el nicho potencial de cada especie entre escenarios climáticos utilizando la siguiente fórmula: $\% \text{ de cambio} = \left[\frac{S1-S0}{S0} \right] * 100\%$, donde S0 es la superficie total que ocupan en el país según el escenario base y S1 es la superficie total que ocupan en el país bajo las condiciones de cambio (Gutiérrez y Trejo, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSION

Según los datos recopilados en campo la distribución espacial de la tortuga *K. durangoense* coincide con la mencionada en la literatura (Fig.1), por otro lado la idoneidad de hábitat de *K. durangoense* se modeló utilizando variables de clima actual, arrojando en promedio un AUC de 0.97, este resultado indica un buen desempeño con bajos niveles de errores de comisión por lo que se puede identificar correctamente las áreas donde se localizó la especie. Mientras que la proyección que resultó del modelado hacia el año 2050 predice un incremento en el área de idoneidad para la especie, (Fig. 2), debido a la poca recarga de los mantos acuíferos y a los aumentos de temperatura se incrementarán las áreas desérticas.

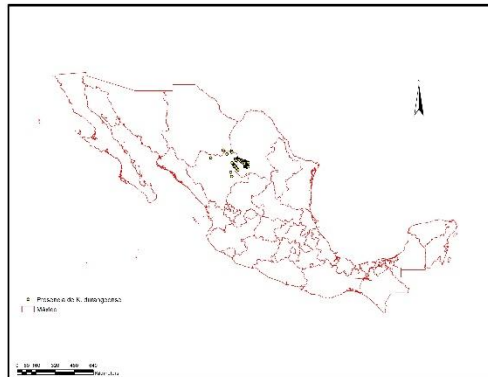


Figura 1. La distribución actual de la tortuga de pantano *K. durangoense* se encuentra ligada a cuerpos de agua semipermanentes en el Desierto Chihuahuense.

El modelo predice una distribución más amplia de *K. durangoense*, sin embargo, dicha distribución sigue restringida al área perteneciente al desierto chihuahuense, donde en la actualidad se están acrecentando las actividades de agricultura y ganadería, las cuales incrementan la demanda de agua y el uso de suelo (Grünberger *et al.*, 2004).

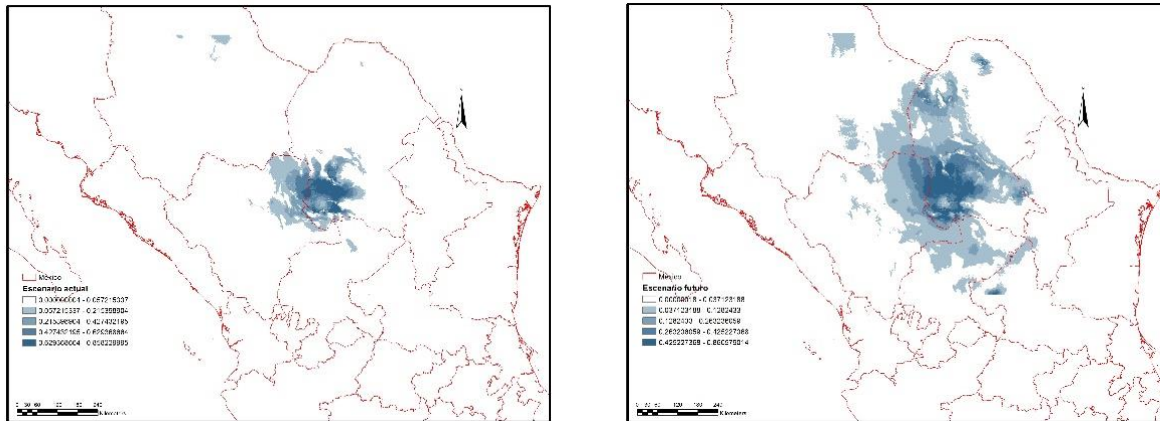


Figura 2. Idoneidad de hábitat actual (A) y proyecciones al año 2050 (B) para la especie de tortuga *Kinosternon durangoense*. La idoneidad de hábitat corresponde al mapa generado en el programa Maxent.

Las variables que aportaron mayor información al modelo fueron las relacionadas con la precipitación (bio15, bio16 y bio12) (Tabla 1); sin embargo, la variable bio12 al usarse individualmente fue la más representativa; esto concuerda con la ecología de la especie ya que su mayor rango de actividad se desarrolla en la época de lluvias, aunque su hábitat está relacionado con cuerpos de agua semipermanentes, esto se pudo comprobar al visitar un preson ubicado en una propiedad privada, ya que las personas encargadas de dicho lugar nos indicaron que justo habían emergido del preson días antes durante una fuerte lluvia.

Tabla 1. La siguiente tabla muestra la variable más representativa fue la bio_12 según el procedimiento de Jackknife

Variable	Porcentaje de contribución	Porcentaje de importancia	Promedio
bio_12	79.8	85.3	82.55
bio_15	8.4	4.7	6.55
bio_3	5.3	3.4	4.35
bio_16	3	0.4	1.7
bio_6	1.4	4.1	2.75
bio_5	1.2	1.8	1.5
bio_14	0.8	0.2	0.5
bio_2	0	0	0

La distribución actual de la especie está restringida a cuerpos de agua ubicados en el desierto chihuahuense (Iverson 1979) son remanentes de un enorme lago poco profundo que existió en

gran parte de este desierto (Czaja *et al.*, 2014), entre dichos cuerpos de agua no hay conexión excepto en avenidas de agua poco convencionales que superan la media anual. El aumento de temperatura y la baja precipitación pluvial son factores fundamentales para la disminución de cuerpos de agua permanentes dejando como resultado un incremento en el hábitat de la especie, sin embargo las actividades antropogénicas están tomando auge hacia las áreas desérticas.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que las condiciones climáticas actuales son favorables para la presencia de la especie, esto nos permite suponer que la pérdida de condiciones adecuadas es debida al manejo inapropiado de uso de suelo. Respecto a las proyecciones para el año 2050 los análisis indican que las condiciones climáticas seguirán siendo adecuadas por lo tanto, es posible señalar que la vulnerabilidad de la especie estará sujeta al uso y manejo de suelo proyectadas para 2050 señalan que estas serán favorables para la presencia de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra-López J. L., Anadón-Herrera J. D. y Ramirez-Bautista A. 2016. Vulnerabilidad de la tortuga del Bolsón (*Gopherus flavomarginatus*) frente el cambio climático y variaciones ambientales del microhábitat. Capítulo II Diversidad del nicho climático de las especies del género *Gopherus* y su vulnerabilidad ante el cambio climático.
- Czaja, A., Palacios-Fest, M. R., Estrada-Rodríguez, J. L., Romero-Méndez, U. y Alba, A.J.A. 2014. Inland dunes fauna and flora from Paleolake Irritilla in the Comarca Lagunera, Coahuila, Northern México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 66, núm. 3, 2014, p. 541-551
- Dambach, J., and D. Rödder. 2011. Applications and future challenges in marine species distribution modeling. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21: 92-100.
- Descroix, L. 2004. Hidrografía de las lagunas de Mayrán y de Viesca: endorreísmo y antropismo. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. Institut de Recherche pour le Développement. Paris, Francia.
- Grünberger O., Reyes-Gómez M. V. y Janeau J.L. 2004. Las playas del desierto chihuahuense (parte mexicana) Influencia de las sales en ambientes árido y semiárido. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. Institut de Recherche pour le Développement. Paris, Francia.
- Gutiérrez E., y I. Trejo. 2014. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 179-188.
- Hijmans, R. J., S.E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 52: 1965-1978.
- Iverson, J.B. 1979. A Taxonomic Reappraisal of the Yellow Mud Turtle, *Kinosternon flavescens* (Testudines: Kinosternidae). *Copeia*, 1979(2), pp.212-225
- Lara, A., Solari, M.E., Prieto, M.R. y Peña, M.P. 2012. Reconstrucción de la cobertura vegetal y uso de suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35° - 43°30´S) Bosque (Valdivia) v.33 n.1 Valdivia2012. *Bosque* 33(1): 13-23,2012.
- Merow, C., M. J. Smith, y J. A. Silander. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and setting, matter. *Ecography*, 36: 1058-1069.
- Muscarella, R., Galante, P. J., Soley-Guardia, M., Boria, R. A., Kass, J. M., Uriarte, M. y Anderson, R. P. 2014. ENMeval: an R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optional model complexity for MAXENT ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 1198-1205.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. Serie ¿Y el medio ambiente? CAMBIO CLIMÁTICO Ciencia, evidencia y acciones. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Dirección de Análisis e Indicadores Ambientales. Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209. Jardines en la Montaña, CP 14210. Tlalpan, México D. F. Teléfono 56 28 08 54, Fax 56 28 08 53 <http://www.semarnat.gob.mx>
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.
- Serb, J.M., Phillips, C. A. and Iverson, J. B. 2001. Molecular Phylogeny and Biogeography of *Kinosternon flavescens* Based on Complete Mitochondrial Control Region Sequences. Center for Biodiversity, Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois 61820-6970; and † Department of Biology, Earlham College, Richmond, Indiana 47374-4095.
- Uezu, A., Metzger, J.P. y Vielliard, J.M.E. 2005. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. *Biological Conservation*, Volume 123, Issue 4 June 2005, Pages 507-519.
- Smith, J.B. y M. Hulme. 1998. Climate change scenarios. In *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, J. Feenstra, I. Burton, J.B. Smith, and R. Tol (eds.). Institute for Environmental Studies. Free University, Amsterdam. Available http://www.vu.nl/english/o_o/instituten/IVM/pdf/handbook_climat.pdf
- Urbina-Cardona, J N. y Castro F. 2014. Distribución actual y futura de anfibios y reptiles con potencial invasor en Colombia: una aproximación usando modelos de nicho ecológico. *Diversidad y Cambio Climático*. Conservation International, Colombia. Grupo Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali – Colombia.
- Varela S., R. P. Anderson, R. García-Valdés y F. Fernández-González. 2014. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. *Ecography*, 37:1084-1091.
- VertNet. Distributed database with backbone. In <http://www.vertnet.org>

COMPARACIÓN DE LOS ESTIMADORES DE DOS MÉTODOS DE MUESTREO EN POBLACIONES NATURALES DE CANDELILLA (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc)

¹Adrián Hernández-Ramos, ¹Antonio Cano-Pineda, ²Celestino Flores-López y ³Jonathan Hernández-Ramos.

¹INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515. Col. Hacienda de Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila. ²Departamento Forestal, UAAAN. Calzada Antonio Narro No. 1923. Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila. ³INIFAP-Campo Experimental Chetumal. km 25, Carretera Chetumal-Bacalar, C.P. 77900, Chetumal, Quintana Roo. *Autor de correspondencia: hernandez.adrian@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales generan bienes y servicios ambientales, además de productos maderables y no maderables (Zamora-Martínez *et al.*, 2013). En las regiones áridas y semiáridas de México el tipo de vegetación dominante son los Matorrales Xerófilos que tienen una cobertura de 70.49 millones de hectáreas y abarcan el 29.7% de la superficie nacional (Challenger y Soberón, 2008). Además, son la fuente principal para la recolección de productos forestales no maderables (PFNM) (FAO, 2004; Limones-Rubio *et al.*, 2015), éstos se definen como la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, y son susceptibles de aprovechamiento o uso, incluyendo líquenes, musgos, hongos y resinas, así como los suelos de terrenos forestales (DOF, 2015).

Se estima que el potencial de los PFNM de ecosistemas áridos y semiáridos es alto, aunque hay escasa planificación y prácticamente nulo manejo (FAO, 2004). Su aprovechamiento se realiza comúnmente en los estados de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua, Nuevo León, Coahuila, Sonora y la Península de Baja California, (Zamora *et al.*, 2008). Entre las especies que destacan con mayor importancia económica se encuentran candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), lechugilla (*Agave lechuguilla*), orégano (*Lippia spp*), así como el nopal (*Opuntia spp*), y palmilla (*Nolina spp*), con menor producción (Cervantes, 2002; FAO, 2004; Zamora *et al.*, 2008).

Dentro de este listado de especies, la Candelilla, debido a su alto volumen de aprovechamiento de cera, es la más importante en el ámbito de los PFNM en el norte de México (FAO, 2004). Tiene una amplia área de distribución que comprende los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango y Zacatecas, y con menor proporción Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Villa, 1981; Cervantes, 2002). En producción de cera de candelilla, el estado de Coahuila figura

como el más importante en este rubro, con una producción anual de 991 ton equivalentes a una aportación de \$40,000,000.00 (SEMARNAT, 2013).

El interés por este producto ha presentado una tendencia creciente; sin embargo, el escaso conocimiento sobre el crecimiento y desarrollo de esta especie y la dificultad que representa su manejo forestal, ha generado un sobre aprovechamiento, que ha causado la reducción de su superficie de distribución. Por tal motivo, se planteó el objetivo de comparar los métodos de muestreo sistemático y el muestreo sistemático estratificado en la estimación del inventario total de poblaciones de candelilla a nivel predial en el sur de Coahuila, con el propósito de complementar la toma de decisiones en el manejo forestal de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ejido Las Coloradas, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, el cual cuenta con aprovechamiento de candelilla vigente y es productor de cera. El clima predominante en el área es árido semicalido (BShw), con temperaturas entre 18 y 22 °C, con lluvias en verano y el tipo de vegetación es matorral desértico rosetófilo (INEGI, 2007).

Definición de las áreas de población objeto de estudio

Las poblaciones de candelilla donde se realizó el muestreo fueron delimitadas en base a las condiciones del terreno que determinan su crecimiento como gradientes altitudinales, pendientes y exposiciones variables, esto para considerar la variabilidad de las poblaciones, con el objeto de obtener resultados aplicables a una mayor área de distribución de la candelilla en Coahuila.

Muestreo en campo

Para la distribución de la muestra de forma homogénea se aplicó un muestreo sistemático tradicional aleatorizado el punto de inicio, se conformó la muestra de $n=186$ unidades de muestreo (UM), distribuidas en dos áreas de aprovechamiento con una superficie de 6,710.26 ha totales muestreadas (Figura 1). Las UM establecidas fueron de forma circular y con una superficie de 400 m² (11.29 m de radio). Dentro de cada UM se contabilizaron todos los individuos de candelilla y a cada uno se les midió el diámetro mayor (DM, en cm), diámetro menor (Dm, en cm) y altura total de la planta (At, en cm); variables de la ecuación de biomasa de la planta (kg) utilizada.

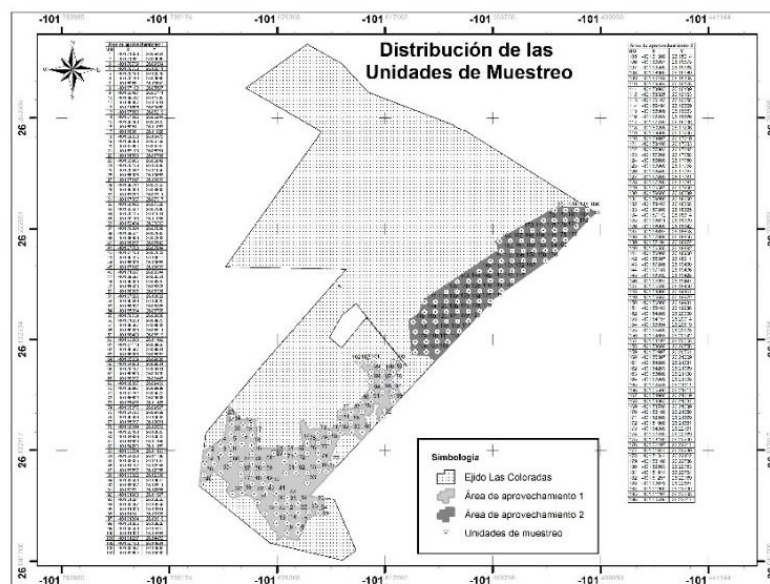


Figura 1. Distribución espacial de las unidades de muestreo en las dos áreas de aprovechamiento determinadas para el muestreo.

Cálculo de biomasa

La biomasa individual (B_{Ind}) se calculó con la ecuación reportada por Camacho (1990), la cual es un modelo de tipo Potencia y emplea el volumen del paraboloide (V , cm^3) de la planta como variable independiente (1). La biomasa por UM (B_{um}) resultó de la sumatoria de la biomasa individual para cada planta medida.

$$B_{Ind} = 0.0002620 * V^{0.7736} \quad (1)$$

Cálculo del inventario total por tipo de muestreo

Al utilizar el muestreo sistemático tradicional (MST) surgen supuestos para su cálculo como: 1. Si la población bajo estudio tiene una distribución al azar, entonces este muestreo es equivalente al muestreo simple aleatorio (MSA); 2. Si la selección aleatoria de un elemento de los primeros k elementos y posteriormente la selección de cada k -ésimo elemento, la muestra sistemática es equivalente a una obtenida aleatoriamente; 3. Un estimador insesgado no se puede obtener con datos de una muestra sistemática, por lo que, cuando un MST es equivalente a un muestreo aleatorio, se puede tomar la varianza de este último como aproximada (Scheaffer *et al.*, 1987). Por lo anterior, el MST se calculó como una muestra extraída de forma aleatoria y el muestreo sistemático estratificado (MSE) como un muestreo aleatorio estratificado (MAE) (Scheaffer *et al.*, 1987; Velasco *et al.*, 2003; Tillé, 2005), las fórmulas empleadas son las descritas por Scheaffer *et al.* (1987) y complementadas con las reportadas por Tillé (2005).

Generación de rodales

En el caso particular del MSE fue necesario subdividir la población en áreas mínimas homogéneas en valores de biomasa por UM, (rodales). Para ello, se empleó el método de interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés), por medio del cual se determinó el valor de las áreas no muestreadas a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de UM. El resultado fue un archivo Raster que fue reclasificado en intervalos iguales y posteriormente convertido a archivo Vector (Shapefile) para delimitar las UM para el análisis. La generación de rodales se realizó en el programa ArcMap 10.4 de ArcGis.

Comparación de métodos de muestreo

Para evaluar la eficiencia de los estimadores obtenidos a partir de los dos tipos de muestreo a evaluar, se usó la eficiencia relativa descrita por Yamane (1974) y aplicada para este tipo de muestreos por Ríos *et al.* (2000), definida como:

$$ER = \frac{S_{\bar{y}_2}^2}{S_{\bar{y}_1}^2}$$

Donde: ER = eficiencia relativa

$S_{\bar{y}_1}^2$ = varianza de la media, obtenida con el muestreo sistemático tradicional

$S_{\bar{y}_2}^2$ = varianza de la media, obtenida con el muestreo sistemático estratificado

Las hipótesis a cumplir con esta prueba de eficiencia de los estimadores son: si $ER > 1$, el MSE es menos eficiente que el MST; si $ER < 1$, el MSE tiene mayor eficiencia en los estimadores que el MST (Ríos *et al.*, 2000).

Además, se compararon los dos muestreos tomando en cuenta la varianza de la media (\hat{Y}_{st} , kg UM⁻¹), el error relativo de muestreo (coeficiente de variación), varianza estimada de la media ($S^2_{\hat{y}}$) y el tamaño de muestra óptimo, fórmulas descritas por (Scheaffer *et al.*, 1987; Tillé, 2005). Para esta comparación se supone que, si la varianza del estimador se considera como una media que cuantifica la concentración de las estimaciones alrededor de su valor medio, resulta lógico que el diseño que presenta el menor error relativo de muestreo sea el mejor (Velasco *et al.*, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Delimitación de rodales para el muestreo sistemático estratificado

La división dasocrática de las áreas de aprovechamiento mediante interpolación de biomasa (kg) por UM delimitadas en el predio, generaron nueve rodales con características homogéneas

(Figura 2), resultado de la agrupación de categorías de biomasa. Las superficies resultantes se listan en el Cuadro 1.

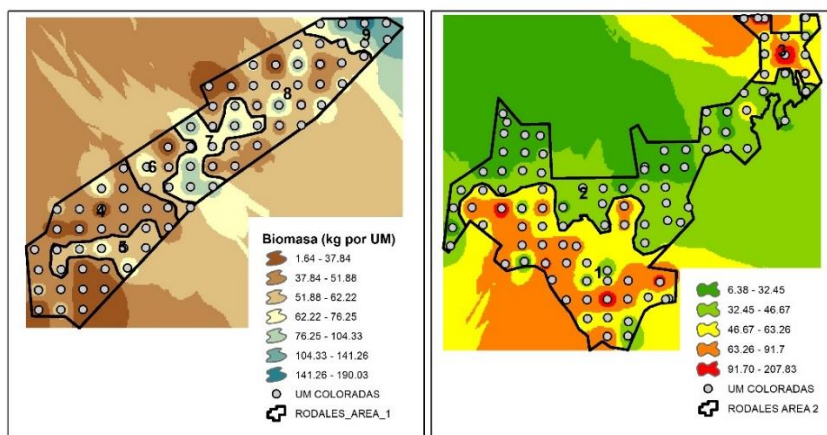


Figura 2. Interpolación de IDW con los valores de biomasa por UM y los rodales resultantes para cada área de corta delimitada para estudio.

En la Figura anterior se observa alta variabilidad en la distribución espacial de la biomasa en el predio, lo que genera estimaciones del inventario total de biomasa de candelilla con un error alto al momento de planear su aprovechamiento. Por lo que una división dasocrática adecuada de la población contribuye a obtener estimadores con menor sesgo y, por consiguiente, la sustentabilidad del recurso forestal (Meléndez-Soto *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Superficie delimitada para cada rodal generado mediante el método de interpolación IDW de la biomasa.

Rodal	Área (ha)	No. UM
1	1684.69	38
2	1842.00	53
3	307.00	12
4	912.37	25
5	237.95	8
6	229.14	6
7	337.08	9
8	973.47	28
9	187.28	7

En el área uno se delimitaron seis rodales con rango de biomasa por UM de 1.64 a 190.00 kg UM⁻¹ y para el área dos los rodales creados fueron tres con rangos de 6.38 a 207.63 kg UM⁻¹.

Comparación de métodos de muestreo

Los resultados de las estimaciones por el MST y MSE indican que el primer diseño presenta valores altos en varianza de la media, mayor error de muestreo y un coeficiente de variación

superior a los valores obtenidos por el MSE, siendo este último mejor en sus estimadores (Cuadro 2). Esto se debe a que el MST obtiene las estimaciones tratando a la muestra de manera global, caso contrario para el MSE, donde la muestra es dividida en secciones mínimas (rodas) para disminuir su variabilidad. Los valores del coeficiente de variación no fueron superiores a 5 % en ninguno de los casos, lo que significa que el empleo de uno u otro método no es tan grave; sin embargo, todo dependerá su uso a la condición de variabilidad y distribución espacial de la población objetivo en el terreno (Velasco *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Valores de los estimadores por el muestreo sistemático tradicional (MST) y el muestreo sistemático estratificado (MSE).

Estimador	MST	MSE
Media (\hat{Y}_{st}) (kg UM⁻¹)	52.63	52.46
Varianza muestral (S^2)	1,064.34	-----
Varianza de la media ($S^2_{\hat{y}}$)	5.72	3.01
Error estándar de la media ($S_{\hat{y}st}$)	2.39	1.73
Error de muestreo (10%)	1.73	2.39
Coeficiente de variación (C.V.)	4.5431%	3.3073%
Tamaño de muestra óptimo (UM)	154	64
Inventario total (ton)	8,829.17	8,800.91

Donde: UM: unidades de muestreo.

En cuanto al tamaño de muestra, el MSA requiere de mayor número de UM en comparación al MSE para explicar la varianza de la población, y como se busca la mayor precisión en la estimación con el menor esfuerzo de muestreo para la reducción de tiempo y costo (Tillé, 2005), el MSE requiere de una menor inversión en el muestreo, siendo más adecuado para el muestreo de poblaciones con una distribución heterogénea como lo es la especie de candelilla. El análisis de la ER para comparar los dos tipos de muestreos fue de 0.5266, esto indica en base a la hipótesis planteada, que $ER < 1$, el MSE tiene mayor eficiencia en los estimadores que el MST en poblaciones naturales de candelilla. Esto nos muestra que existen diferencias al estimar el inventario total a nivel predial de una población. Velasco-Bautista *et al.* (2016), reportaron diferencias en los estimadores de razón de medias, medias de razones e inventario forestal, donde el segundo presentó ventajas de proporcionar estimaciones de manera precisa y directa.

CONCLUSIONES

El MSE presenta valores en los estimadores con menor sesgo para estimar el inventario total a nivel predial comparado con el MST, ya que tiene menor varianza de la media, menor error relativo (C.V.) y requiere de menor muestra para describir la variabilidad de las poblaciones naturales de candelilla en el terreno. El MSE requiere un mayor esfuerzo de trabajo en gabinete para la generación de rodales y análisis de los datos; sin embargo, reduce el tiempo de muestreo en campo al requerir menor muestra.

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho O., M. 1990. Análisis dimensional en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el C.E.F. La Sauceda, Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 84 p.
- Cervantes R., M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Temas Selectos de Geografía de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp 125-137.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 87-108.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2015. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última Reforma 26 de marzo de 2015. 80 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1000000, Unidades climáticas <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267551> (Consulta: 01 de junio de 2017).
- Limones-Rubio, D., E. A. Aguirre-Ureña, J. Fonseca-Espino, G. Muro, y J. Sánchez. 2015. Aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables de la zona semiárida de Durango. Rev. Ciencia UANL. 18(74): pp. 73-77.
- Meléndez-Soto, A., C. A. López-Sánchez, P. M. López-Serrano, E. Montiel-Antuna, R. Solís-Moreno y J. J. Corral-Rivas. 2017. Comparación de técnicas de rodalización en masas forestales de la Sierra Occidental en el estado de Durango. Rev. Mexicana de Ciencias Forestales 8(41):56-81.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. Informe Nacional México: Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Departamento de Montes. Roma. 86 p.
- Ríos, N., V. Acosta, C. Gaillard B. y M. Pece. 2000. Comparación entre métodos de muestreo. Sist. Recursos Forestales 9(1):45-57.
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y L. Ott. 1987. Elementos del muestreo. Trad. por Rendón S., G. y J. R. Gómez A. Editorial Iberoamérica. México. 321 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Primera edición, México, D.F. 231 p.
- Tillé, T. 2005. Teoría de muestreo. Groupe de Statistique, Université de Neuchatel, Suisse. 79 p.
- Velasco B., E., F. Moreno S. y R. Rodríguez P. 2002. Comparación de siete diseños de unidades de muestreo secundarias en inventarios forestales. Rev. Ciencia Forestal en México 27(92):29-51.
- Velasco B., E., H. Ramírez M., F. Moreno S. y A. de la Rosa V. 2003. Estimadores de razón para el inventario nacional forestal de México. Rev. Ciencia Forestal en México 28(94):23-43.
- Velasco-Bautista, E., H. de los Santos-Posadas, H. Ramírez M. y G. Rendón-Sánchez. 2016. Comparación de estimadores para el volumen maderable en selva mediana del sureste de México. Agrociencia 50:119-132.
- Villa S., A. B. 1981. Investigación sobre candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el área del CIRNE. Rev. Ciencia Forestal 6(32): 18 p.

- Yamane, T. 1974. Estadística. Harla, México. 573 p.
- Zamora M., C. M., E. Velasco B., A. Cano P., y A. Arellano R. 2008. Manual que establece de los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. SEMARNAT-INIFAP. 107 p.
- Zamora-Martínez, C. M., C. Méndez E., R. Pérez M., y E. N. Cortés B. 2013. *Euphorbia antisiphilitican* Zucc.: recurso forestal no maderable de alto valor económico. Folleto Técnico Núm. 12. CENID-COMEF, INIFAP, D.F. México. 64 p.

MANEJO DE PLAGAS Y MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA

GERMINACIÓN E INOCULACIÓN CON *Trichoderma harzianum* DE SEMILLAS DE ALFALFA *Medicago sativa* L.

José Alfredo Samaniego-Gaxiola¹✉, Dora Acela Rodríguez Díaz², Yasmín Chew Madinaveitia¹, Arturo Gaytán Mascorro¹

¹Campo Experimental La Laguna INIFAP, Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte., Col. Centro Matamoros, Coahuila, México. C. P. 27440. ✉ samaniego.jose@inifap.gob.mx

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 206, Ejido Manantial, Torreón, Coahuila; México. C.P 27470.

INTRODUCCIÓN

En el 2016, la alfalfa *Medicago sativa* L. ocupó una superficie establecida en los estados de Coahuila y Durango de casi 52 mil hectáreas; con un rendimiento en verde promedio de 80.5 ton/ha (SIAP, 2016). Los factores más limitantes para el cultivo de la alfalfa son la disponibilidad del agua de riego, la conductividad eléctrica del suelo y las enfermedades radiculares, y probablemente la compactación (Lara-Macías y Jurado-Guerra, 2014).

Las pudriciones de la corona y texana son las enfermedades más frecuentes y dañinas para la alfalfa en La Laguna; la primera es causada por los hongos *Fusarium* spp, y *Rhizoctonia solani* Kühn y, la segunda por *Phymatotrichopsis omnivora* (Duggar) Hennebert. Ambas enfermedades matan a las raíces de las plantas. Después de uno, dos o tres años el porcentaje de plantas infectadas por *R. solani* llegó a ser de 62, 87 y 98 %, respectivamente; así a los tres años la población diezmada de plantas hace incosteable el cultivo con la necesidad de quitarlo y establecerlo nuevamente (Chew-Madinaveitia, 1997; Chew-Madinaveitia y Santamaría-César, 2000).

De manera natural las plagas y enfermedades se autorregulan, pero éste fenómeno suele ser lento, y los daños a los cultivos son cuantiosos, por ello, las medidas de control químico son las que predominan. Sin embargo, para el cultivo de la alfalfa, no se aplica usualmente control químico para el control de las pudriciones de la corona y texana. Si bien, los suelos donde se establecerá la alfalfa se les aplica el cincelado y materia orgánica como estiércol (Lara-Macías y Jurado-Guerra, 2014; Vázquez-Vázquez *et al.*, 2010). El cincelado y el uso de estiércol desfavorecen el ataque de pudrición texana (Chavez *et al.*, 1976; Rush y Lyda, 1984) y tal vez el de *R. solani*.

En algunas huertas donde se cultiva nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch, el hongo de la pudrición texana está ampliamente distribuido, por lo que logra matar más del 80 % de nogales antes de que alcancen los cinco años, pero no logra hacerlo con nogales adultos en

producción (Samaniego-Gaxiola *et al.*, 2014). Especies del hongo *Trichoderma* se han aislado de los suelos de huertas de nogal en donde la pudrición texana está presente (Samaniego-Gaxiola y Chew-Madinaveitia, 2007). Las especies de este hongo se han utilizado como control biológico de varios géneros de hongos como *Rhizoctonia* y *Fusarium*, entre otros (Mukhopadhyay *et al.*, 1992; Taylor y Harman, 1993). Asimismo, diferentes semillas de cultivos agrícolas se han inoculado con especies de *Trichoderma* para el control de enfermedades radiculares (Chew-Madinaveitia y Samaniego-Gaxiola, 2007; Mukhopadhyay *et al.*, 1992). De manera más específica, las semillas de cultivos de alfalfa, melón, frijol entre otras, fueron inoculadas con *Trichoderma* spp. para protegerlo del ataque de *Rhizoctonia solani* (Samaniego-Gaxiola y Gámez-Escobedo, 2000); en el caso de semilla de alfalfa inoculada con *Trichoderma* spp., logró establecerse en campo con 20 % más población que la semilla no inoculada (Chew-Madinaveitia y Samaniego-Gaxiola, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Germinación y tamaño de raíz. Semilla de alfalfa de la variedad cup25 se lavó en agua corriente para quitarle el inoculante y se secó a 25 °C. Enseguida se dividió en tres lotes de 50 g cada uno que se almacenó por una semana en las siguientes condiciones; i) de 5-10 °C en luz; ii) de 5-10 °C en oscuridad; iii) a 25 °C en luz; iv) a 25 °C en oscuridad; v) a 35-40 °C en luz; vi) iii) a 35-40 °C en oscuridad. De cada condición de almacenamiento, se tomaron 200 semillas y se hicieron germinar de tres maneras: i) se le mantuvo inmersa por 20 min en una solución de NaOCl (comercial, Cloralex®) al 0.3%, se lavó con agua destilada estéril por tres veces y se mantuvo inmersa en 10 ml de agua destilada hasta su germinación (tratamiento CH); ii) a la semilla se le mantuvo inmersa en 10 ml de agua destilada hasta su germinación (tratamiento SH); iii) similar al anterior, pero se usó agua de la llave (tratamiento AL). Por cada forma de hacer germinar las semillas, se incubaron en luz u oscuridad permanentes (Incubadora Mod. 818, Marca Thermo Precision) y se incubaron a dos temperaturas 25 o 35-40 °C. Después de cinco días de incubación, se contabilizó la germinación y se seleccionaron 10 plántulas al azar, a las cuales se les midió el largo de la raíz con el uso de un vernier.

Inoculación de hongos. Semilla del tratamiento CH o sin tratamiento alguno (SH y AL), se le inoculó al añadir 300 µl de una solución de 10⁸ ufc (unidades formadoras de colonias) por ml de cada hongo (Samaniego-Gaxiola y Gámez-Escobedo, 2000); la cantidad de semilla inoculada fue de 0.5 g y los hongos utilizados como inóculo fueron siete aislados de *Fusarium* spp. y otros siete de *Trichoderma* spp., un aislado de *Beauveria* sp., *Scytalidium lignicola* Pesante y

Paecilomyces sp. Veinticinco semillas inoculadas se colocaron en placa Petri que contenía agar agua e incubaron cuatro días a 25 °C, tiempo en el que se evaluó su germinación y la aparición de los hongos sobre las raíces de las plántulas. Por cada semilla inoculada se realizaron tres placas (repeticiones).

Análisis de datos. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa SAS (2010). Los datos de largo de raíz se analizaron (ANOVA) en un diseño completamente al azar y un arreglo factorial, en donde: el factor A, fue las temperaturas de almacenamiento de la semilla antes de germinarla; el factor B, tratamiento de la semilla para germinarla (CH, SH y AL); el factor C, luz u oscuridad; y el factor D, temperaturas de incubación. Los datos de germinación y aparición de hongos en la semilla inoculada con los mismos, se analizó de forma separada, después de dos y cuatro días; para ello se utilizó la prueba de chi cuadrada (χ^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación y tamaño de raíz. Las semillas incubadas a 25 °C germinaron entre el 95 al 99 %, pero las incubadas a 35-40°C, once de los 18 tratamientos germinaron con menos del 95 % e incluso algunos de los tratamientos con un 50 %, Cuadro 1. La temperatura de incubación de las semillas a 35-40°C, en algunos casos, favoreció la aparición de hongos lo que indujo a las menores germinaciones.

Para el tamaño de raíz, el factor A (temperaturas de almacenamiento de la semilla antes de germinarla) no fue significativo. En contraste, si lo fueron ($P = 0.001$) los factores B, C y D tratamiento de la semilla para germinarla, luz u oscuridad y temperaturas de incubación, respectivamente; también hubo interacción entre los factores significativos ($P = 0.001$). El tamaño de raíz en los tratamientos CH y SH fue de 2.2 cm, pero el de AL fue de 1.8 cm, la diferencia fue significativa ($P = 0.001$). Las semillas en oscuridad alcanzaron un tamaño de 2.5 cm y las mantenidas en luz de 1.7 cm, diferencia que también fue significativa ($P = 0.001$). También la diferencia fue significativa ($P = 0.001$) en el tamaño de raíces cuando se incubó la semilla a 25 o a 35-40 °C, con 2.5 y 1.7 cm para la primera y segunda, respectivamente. Los datos de germinación se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Germinación de la semilla de alfalfa (%) con tratamientos durante la germinación[£] y pregerminación[¥]

Tratamientos de Germinación			Temperaturas en °C de pregerminación		
			10	25	35-40
25	L	CH	97	95	96
25	L	SH	98	97	99
25	L	AL	97	98	97
25	O	CH	97	99	98
25	O	SH	99	97	98
25	O	AL	99	99	99
35-40	L	CH	50	75	72
35-40	L	SH	90	81	96
35-40	L	AL	89	97	80
35-40	O	CH	98	96	50
35-40	O	SH	92	98	90
35-40	O	AL	98	98	95

Cuadro 2. Tamaño de raíz en cm después de seis días de germinadas las semillas de alfalfa, previos tratamientos durante la germinación[£] y pregerminación[¥]

Tratamientos de Germinación			Temperaturas en °C de pregerminación		
			10	25	35-40
25	L	CH	3.1	2.4	2.42
25	L	SH	2.4	1.1	2.8
25	L	AL	2.4	2.3	2.3
25	O	CH	2.1	2.7	3.2
25	O	SH	2.9	2.5	2.5
25	O	AL	3.4	2.1	2.3
35-40	L	CH	1.8	0.9	1.1
35-40	L	SH	0.5	1.2	0.2
35-40	L	AL	0.1	2.3	0.6
35-40	O	CH	2.3	2.4	1.5
35-40	O	SH	1.9	2.4	1.3
35-40	O	AL	2.5	2.9	3.6

Para ambos Cuadros: [£] 25 ó 35-40, indican la temperatura de incubación de la semilla durante su germinación; L y O, significa luz u oscuridad; CH, SH, y AL, fueron semillas tratadas con NaOCl, sin NaOCl y con agua de la llave, respectivamente. [¥] Semilla incubada una semana antes de germinarla a las temperaturas indicadas.

En las Figuras 1 y 2, se aprecia a *Trichoderma harzianum* sobre las raíces de alfalfa y la semilla germinado después de inocularse con este hongo, respectivamente.



Figura 1. *T. harzianum* sobre raíz de alfalfa.

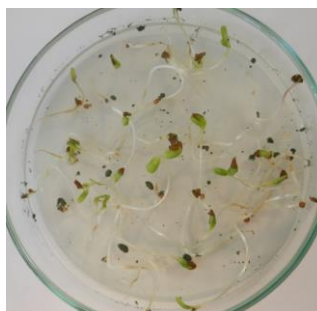


Figura 2. Semilla de alfalfa germinada después de inocularse con *T. harzianum*.

Inoculación de hongos. La germinación de la semilla inoculada con hongos y la aparición de éstos sobre las raíces, se aprecian en el Cuadro 3. La germinación de la semilla después de un día en presencia de los hongos y la semilla tratada con NaOCl o sin él (CH y SH) fue estadísticamente significativa ($\chi^2 = 17.82$, gl= 4, $P= 0.01$), pero no lo fue para la germinación de la semilla a los cuatro días. También, hubo significancia para la aparición de los hongos sobre las raíces a los dos y cuatro días ($\chi^2 = 67.85$, gl=4, $P= 0.01$) y ($\chi^2 = 28.16$, gl= 4, $P < 0.001$), respectivamente.

Cuadro 3. Germinación y presencia de hongos en la raíz de alfalfa después de inocular la semilla previamente tratada con NaOCl (0.3%) durante 20 min (CH) o sin tratar (SH).

Hongos	Germinación de la semilla				Hongos sobre la raíz			
	Dos días		Cuatro días		Dos días		Cuatro días	
	CH	SH	CH	SH	CH	SH	CH	SH
[£] <i>Trichoderma</i> spp.	56	72	96	68	60	52	92	96
[£] <i>Fusarium</i> spp.	52	76	96	68	84	56	84	92
<i>Syrialidium lignicola</i>	80	80	100	84	24	0	40	100
<i>Paecilomyces</i> sp.	8	96	100	92	100	0	100	100
<i>Beauveria</i> sp.	76	56	92	80	0	0	48	40

[£]Promedio de siete aislados.

Previo a este trabajo, como testigos, se evaluaron la presencia de microorganismos en semilla tratada CH y SH al colocarlas en los medios agar agua y PDA, en donde se observó el crecimiento de bacterias solo en SH, pero no de hongos. Almacenamiento prolongado de la semilla bajo condiciones de alta temperatura favorecen el establecimiento de hongos de almacén (Tipples, 1995) entre ellos especies de *Aspergillus*, las cuales se hicieron presentes en las semillas germinadas a 40 °C con iluminación esto coincidió con germinaciones menores al 95 %, Cuadro 1. Se sabe que la oscuridad favorece la elongación de las plántulas en busca de luz, ello explica raíces de mayor largo en esa condición que la condición de luz. Sin embargo, la luz favoreció el crecimiento de raíces a 25 °C (2.4 cm) en comparación con 40 °C (1 cm), Cuadro 2.

La presencia de los hongos sobre las raíces, no en todos los casos podrían ser endófitos (microorganismos que suelen vivir dentro de los tejidos y/o células de las plantas o animales). Sin embargo, las especies de *Trichoderma* que juegan varios papeles en la naturaleza, como saprobios, promotoras del crecimiento de plantas, protectoras de las raíces contra el ataque de hongos e insectos, si se han consignado como endófitos (Druzhinina *et al.*, 2011). Varias especies de *Trichoderma* endófitos viven dentro de toda la planta y la protegen de organismos perjudiciales, tal es el caso de varias especies de *Trichoderma* que viven dentro de las plantas de cacao *Theobroma cacao* L. (Bailey *et al.*, 2009). Por tanto, el potencial de uso de *Trichoderma* spp. para el control biológico y beneficios adicionales a las plantas cultivadas es muy promisorio (Druzhinina, 2014; Harman *et al.*, 2004).

Únicamente, las especies de *Fusarium* evaluadas finalmente mataron a las plántulas después de 10 días, no así las especies de *Trichoderma*, *Paecilomyces* sp. y *S. lignicola*. Las especies

de *Trichoderma*, se aislaron de las raíces de plántulas que se hicieron crecer en Peat Moss durante un mes y que provenían de semilla inoculada con esos hongos (datos no mostrados), aunque las plántulas donde crecieron *Paecilomyces* sp. y *S. lignicola* no fueron plantadas en Peat Moss. En este trabajo, la semilla de alfalfa se sometió a condiciones de estrés (almacenamiento y/o incubación a temperatura de 35-40 °C), así como oscuridad total o luz parmente. Se sabe que estrés de calor, humedad y otros, suelen tolerarlos las plantas cuando se asocian a hongos endófitos (Liu *et al.*, 2015), pero no se ha evaluado si las semillas pre o durante su germinación favorezcan o no el establecimiento de hongos como *Trichoderma* endófitos o no. Los resultados de este trabajo, indican que las raíces de la semilla germinada pueden tener alrededor de 1 cm o alcanzar más de 2 cm. Por tanto, trabajos futuros se encaminan a determinar sí el tamaño de raíz de la alfalfa estaría relacionado con el establecimiento de las especies de *Trichoderma* y otros hongos, y si el establecimiento es de carácter endófito.

La importancia de los hongos endófitos radica en que las plantas expresen: inmunidad, resistencia adquirida sistémica, promoción del crecimiento, tolerancia al estrés abiótico, incremento en el uso de fertilizantes y aceleración del crecimiento; todo ello, debido a cambios genéticos o epigenéticos en las plantas, producción de hormonas y antagonismo (contra fitopatógenos) expresados por los hongos (Chen *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

El menor tamaño de la raíz fue cuando la temperatura de germinación fue de 35-40 °C bajo condición de luz (1.0 cm), en contraste, con la semilla germinada a 25 o 35-40 °C en oscuridad (2.6 y 2.3 cm, respectivamente) o con la semilla germinada a 25 °C en condición de luz (2.4 cm).

Las especies de *Trichoderma* aparecieron sobre las raíces de las plántulas de alfalfa sin provocar su muerte, mientras que las especies de *Fusarium* sí mataron las raíces.

Es necesario, en un futuro, contrastar el tamaño de raíz de la alfalfa versus la capacidad de las especies de *Trichoderma* para asociarse a ellas, y sí esa asociación es de carácter endófito

BIBLIOGRAFIA

- Bailey, B. A., Strem, M. D., and Wood, D. 2009. *Trichoderma* species form endophytic associations within *Teobroma cacao* trichomes. *Mycological Research* 113: 1365-1376.
- Chavez, H. B., Bloss, H. E., Boyle, A. M., and Gries, G. A. 1976. Effects of crop residues in soil on *Phymatotrichum* root rot of cotton. *Mycopathologia*, 58: 1-7.
- Chen, J., Gutjahr, C., Bleckmann, A., and Dresselhaus, T. 2015. Calcium signaling during reproduction and biotrophic fungal interactions in plants. *Molecular plant* 8(4): 595-611.

- Chew-Madinaveitia, Y.I. 1997. Enfermedades de la alfalfa en la Región Lagunera. Folleto Técnico No. 4. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. 25 p.
- Chew-Madinaveitia, Y.I y Samaniego-Gaxiola, J. A. 2007. Tratamiento a la semilla de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con *Trichoderma* sp. para el manejo de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp. Agrofaz 7: 51-56.
- Chew-Madinaveitia, Y.I y Santamaría-César, J. 2000. Estimation of losses caused by crown rot of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the Comarca Lagunera (North of Mexico). ITEA (Información Técnica Económica Agraria) 96: 165-172.
- Druzhinina, I. S. 2014. *Trichoderma* opportunist in rhizosphere: & comensal. 2014. Vienna University of Technolog. Institute of Chemical Technologies and Analytics. <http://www.helsinki.fi/ppvir/research/nova/Druzhinina.pdf>. Visted 23/06/2017.
- Druzhinina, S. I., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, A. B., Kenerley, M. C., Monte, E., Mukherjee, K. P., Zeilinger, S., Grigoriev, V. I., and Kubicek, P. C. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiology 9: 749-759.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Review Microbiology 2: 43-56.
- Khan, A. L., Hussain, J., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., and Lee, I. J. 2015. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. Critical reviews in biotechnology 35: 62-74.
- Lara-Macías, C. R. y Jurado-Guerra, P. 2014. Paquete tecnológico para producir alfalfa en el estado de Chihuahua. Folleto técnico No. 52. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. 48 p.
- Limpens, E., van Zeijl, A., and Geurts, R. 2014. Lipochitooligosaccharides modulate plant host immunity to enable endosymbioses. Annual review of phytopathology 53: 311-334.
- Liu, J., Feng, L., Li, J. and He, Z. 2015. Genetic and epigenetic control of plant heat responses. Frontiers in Plant Science, 6, 267. 1-21.
- Mukhopadhyay, A. N., Shrestha, S. A., and Mukherjee, P. K. 1992. Biological seed treatments for control of soil borne plant pathogens. Plant Protection Bulletin. FAO. 40: 21-30.
- Rush, C. M., and Lyda, S. D. 1984. Evaluation of deep-chiseled anhydrous ammonia as a control for *Phymatotrichum* root rot of cotton. Plant disease 68: 291-293.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. y Chew-Madinaveitia, Y.I. 2007. Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 383- 390.
- Samaniego-Gaxiola, J. A., Fontes-Puebla, A. A., Tarango-Rivero, S. H. y Pedroza-Sandoval, A. 2014. Comportamiento de la Pudrición Texana (*Phymatotrichopsis omnivora*) en vivero de nogales. Revista mexicana de fitopatología 32: 26-37.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. y Gámez-Escobedo, A. 2000. Evaluación de residuos orgánicos para germinación, desarrollo y sanidad de semillas inoculadas con *Trichoderma spp.* en suelo infestado con *Rhizoctonia Solani*. Revista Mexicana de Fitopatología 18: 71-78.
- SAS. Institute. 2010. Statistical Analysis Systems for Windows. Cary N.C.
- (SIAP) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. Avance de Siembras y Cosechas, Resumen nacional por estado, Consultado 07/07/2017. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do.
- Taylor, G. A., and Harman, G. E. 1993. Concepts and technologies of selected seed treatments. Annual Review of Phytopathology 28: 331-339.
- Tipples, K. H. 1995. Quality and nutritional changes in stored grain. *Stored grain ecosystems*, Edit. Digvir S. Jayas, Noel D. G. White, William E. Muir. New York: M. Dekker. Pp. 325-351.
- Vázquez-Vázquez, C., García-Hernández, J. L., Salazar-Sosa, E., Murillo-Amador, B., Orona-Castillo, I., Zúñiga-Tarango, R., Rueda-Puente, E. O. y Preciado-Rangel, P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 1(4); 363-372.

APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ORÉGANO COMO INHIBIDOR DE CRECIMIENTO IN VITRO DE *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae*

Deisy Nayely Rodríguez Sierra ¹, Sonia Valdez Ortega^{1*}, Ixchel Abby Ortiz Sánchez ¹, Erika Cecilia Gamero Posada¹ y Mirka Maily Acevedo Romero¹

¹Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG). Carretera Durango - México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371.

*Autor para correspondencia: sonia_valdez@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En México existe una gran cantidad de enfermedades bacteriológicas que atacan a los cultivos causando grandes pérdidas en la producción y calidad del producto, tal es el caso de las bacterias *Xanthomonas campestris* (Tizón común) y *Pseudomonas syringae* (Tizón de halo), afectando principalmente al cultivo del frijol. Estas dos enfermedades bacterianas se ubican dentro de los primeros cuatro problemas fitosanitarios que afectan al cultivo (López, 1991). Los estados donde se presentan con más frecuencia son: Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Estado de México, Tlaxcala, Puebla y Durango (Campos, 1987; Navarrete y Acosta, 2000). En este último, el cultivo de frijol es de gran importancia económica alimenticia y social en el estado, ya que ocupa el segundo lugar a nivel nacional por la producción que registra (Rosales *et al.*, 2009; Rosales *et al.*, 2016). Este tipo de enfermedades se encuentra presente en un 83 % de las áreas de producción de semilla y hasta un 79 % en campos comerciales del cultivo, siendo la temperatura superior a 27 °C y una alta humedad relativa los factores que optimizan su desarrollo e infestación (Fourie, 2002). De no efectuar un control eficiente durante el ciclo agrícola, es capaz de causar severos daños que se ven reflejados en la disminución de la calidad del grano y rendimiento del frijol hasta un 47 %, lo cual reduce el precio de venta y los beneficios económicos obtenidos por los productores (López, 1991). Entre las soluciones propuestas para el control de esta enfermedad, se encuentra la aplicación de pesticidas químicos, sin embargo han tenido efectos negativos sobre el ambiente, incluso sobre aspectos relacionados con la calidad de vida de las poblaciones humanas. Asimismo, se ha demostrado que su eficacia puede ser de corta duración y que algunas plagas y patógenos pueden presentar resistencia a los ingredientes activos de los productos (López *et al.*, 2005). Otra opción es el empleo de productos orgánicos que contienen toxinas o sustancias que inhiben el desarrollo de las enfermedades. El empleo de extractos vegetales para el control de plagas y enfermedades en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisoriosa, debido a su elevada efectividad, bajo costo y no ser contaminantes del ambiente (Rodríguez *et al.*, 2000). Algunos extractos vegetales poseen

actividad antimicrobiana y fungicida que no perjudican al cultivo, sino por el contrario favorecen la producción o el rendimiento de las cosechas; entre ellos se encuentran los extractos de cáscara de nuez (Weerasena *et al.*, 1993) y los aceites esenciales de orégano y canela (García *et al.*, 2006). Estos bioproductos se caracterizan por la presencia de determinados compuestos de origen natural, los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas (Villalobos, 1996) y son agrupados en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides (Harborne, 1993). Dichos compuestos proporcionan importantes características a los extractos, como son antiapetitivos (Dominí, 1995), antivirales, antimicrobianos o repelentes, que permiten su utilización para proteger los cultivos e incrementar la calidad y su producción alimentaria, ya que tienen la propiedad de ser menos tóxicos y más fácilmente degradables (Funes, 1997). Estudios comparativos entre especies indican que *Oregano vulgare* es más efectivo que *O. compactum* y *O. majorana* en ensayos *in vitro* contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms), y *Clavibacter michiganensis* subsp. *insidiosus* (Cmi) agentes causantes de enfermedades en el cultivo de la papa y la alfalfa. El índice de actividad antimicrobiana contra Cms fue de 60.7 % y contra Cmi de 53.7 % (Pouvova *et al.*, 2008). Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de inhibición que tiene el extracto de orégano sobre el desarrollo de *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae* como alternativa de control fitosanitario del cultivo de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Agroquímica del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana ubicado en carretera Durango-México Km. 22.5 Ejido Villa Montemorelos. Las bacterias evaluadas fueron, *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae*, las cuales se aislaron de semilla de frijol var. Pinto Saltillo.

Para la obtención del extracto de orégano se utilizó la técnica de arrastre por vapor, la cual consistió en colocar 50 gr de material seco en un matraz de destilación con 750 mL de agua, se tapó el matraz con un tapón de hule para evitar pérdida de vapor. Se conectó el matraz de destilación a un condensador con un tapón de hule horadado cerciorándose que no hubiera fugas de vapor, y con la corriente de agua de abajo hacia arriba. Con un mechero o una placa calefactora se calentó la mezcla hasta ebullición con el fin de generar vapor, recuperando de esta manera el extracto. Se suspendió el calentamiento cuando empezó a verse la mezcla deshidratada. Enseguida se colocó el extracto en un matraz de separación, obteniendo así el

aceite esencial y el extracto acuoso. A la fase líquida restante en el matraz de destilación se le denominó infusión. Se preparó un té de la planta, poniendo en un matraz Erlenmeyer 10 gr de planta triturada con 250 mL agua destilada, se llevó a ebullición por 10 min y se filtró. Todos los extractos obtenidos se colocaron en frascos ámbar y se almacenaron en refrigeración hasta su uso. El material vegetal utilizado durante el experimento fue obtenido comercialmente en la ciudad de Durango, Dgo.

Para evaluar la efectividad de cada uno de los extractos sobre la inhibición de *X. campestris* y *P. syringae*, se realizaron experimentos independientes para cada bacteria, utilizando un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x6, donde el factor A fueron las diluciones bacterianas, para lo que se prepararon 2 diluciones seriadas decimales (1:10, 1:100), a partir de una colonia, utilizando diluyente de Butterfield, lo anterior para simular diferentes grados de infestación de las enfermedades y el factor B fueron los extractos con 6 niveles: aceite, aceite diluido (aceite-agua 1:1 (agua-twin 80 3:100)), extracto acuoso, infusión, té y un control negativo. Para probar cada uno de los extractos, cada dilución bacteriana, se sembró por triplicado sobre agar nutritivo mediante la técnica de extensión en superficie, con inóculos de 100 μ L. Enseguida se colocó un círculo de papel filtro estéril de 2 cm de diámetro y 3 gotas de extracto y se colocó en el centro de la caja recién sembrada; como control negativo se utilizó únicamente el disco de papel filtro. Se llevaron las cajas a incubación a 28 °C por 24-48 h. La variable dependiente que se evaluó fue el diámetro (mm) de los halos de inhibición utilizando una regla Vernier. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza con el programa Infostat bajo los procedimientos LSD Fisher con un nivel de significancia 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de destilación del orégano se obtuvieron 1 mL de aceite esencial, 500 mL de extracto acuoso, 150 mL de infusión, y 200 mL de té de orégano.

En base a los datos analizados de la variable dependiente (halo de inhibición) para la bacteria *X. campestris* se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Halos de inhibición de crecimiento de la bacteria *X. campestris* bajo la aplicación de extractos de orégano.

Factor	Nivel	Halo de inhibición (mm)
Dilución de la bacteria (A)	1:100	5.04 a
	1:10	4.19 b
Extractos (B)	Aceite	8.00 a
	Aceite diluido	8.00 a
	Infusión	4.92 b
	Té	3.60 c
	Extracto acuoso	3.18 c
	Control negativo	0.0 d
Interacción A*B		*
R ²		0.99
C.V.		8.30

†Medias con diferente letra en la misma columna y factor indican diferencia significativa, según la prueba de LSD ($P \leq 0.05$). ns = no significativo, * = significativo $\alpha = 0.05$, ** = altamente significativo $\alpha = 0.01$, C.V.= coeficiente de variación.

El análisis de varianza de los datos obtenidos de la evaluación del efecto de extractos de orégano sobre la viabilidad de *X. campestris* (Tizón común) muestra que existe diferencia significativa entre la dilución de la bacteria, los extractos y la interacción entre ambos ($p < 0.05$).

En la comparación de medias con respecto al Factor A, el análisis muestra que hubo una mejor inhibición de crecimiento en la menor concentración de bacteria (1:100) en comparación con la concentración más grande (1:10). El factor B indica que el aceite y la dilución del aceite fueron los más efectivos, inhibiendo en su totalidad el crecimiento de la bacteria; seguido por la infusión del aceite donde logra inhibir en menor porcentaje que los anteriores extractos. No hubo diferencia significativa entre el té y el extracto acuoso; todos los niveles mostraron diferencia significativa contra el control negativo. De igual manera se observó una interacción entre los diferentes factores.

En base a los datos analizados de la variable dependiente (halo de inhibición) para la bacteria *P. syringae* se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Halos de inhibición de crecimiento de la bacteria *P. syringae* bajo la aplicación de extractos de orégano.

Factor	Nivel	Halo de inhibición (mm)
Dilución de la bacteria (A)	1:100	3.59 a
	1:10	3.30 a
Extractos (B)	Aceite	8.00 a
	Aceite diluido	4.17 b
	Infusión	3.02 c
	Extracto acuoso	2.92 c
	Té	2.57 c
	Control negativo	0.0 d
Interacción A*B		ns
R ²		0.96
C.V.		17.24

†Medias con diferente letra en la misma columna y factor indican diferencia significativa, según la prueba de LSD ($P \leq 0.05$). ns = no significativo, * = significativo $\alpha = 0.05$, ** = altamente significativo $\alpha = 0.01$, C.V.= coeficiente de variación.

El análisis de varianza de los datos obtenidos de la evaluación del efecto de extractos de orégano sobre la viabilidad de *P. syringae* (Tizón de Halo), muestra que existe diferencia significativa entre los extractos ($p < 0.05$), en lo que respecta a la dilución de la bacteria y la interacción entre los factores no mostró diferencia significativa.

La prueba de diferencia de medias de LSD ($\alpha = 0.05$) de los niveles del factor B (extractos) indica que el aceite es el más efectivo, inhibiendo en su totalidad el crecimiento de la bacteria; seguido por la dilución del aceite donde logra inhibir en menor porcentaje que el aceite. No hubo diferencia significativa entre la infusión, el té y el extracto acuoso; todos los niveles mostraron diferencia significativa contra el control negativo. La inhibición del crecimiento de las bacterias se atribuye a que el aceite esencial del orégano contiene más de 25 compuestos volátiles entre los que se encuentran β miraceno, α -terpineno, γ -terpineno, p-cimeno, carvacrol y timol; caracterizándolo como un agente fungicida y bactericida (Cueto, 2010).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de los Extractos de orégano se concluye lo siguiente:

El aceite del orégano logra inhibir en un su totalidad el crecimiento de las bacterias *X. campestris* y *P. syringae*. El aceite diluido inhibe de igual manera a *X. campestris*, mientras que a *P. syringae* solo el 50 %. El extracto, infusión y té de orégano inhiben alrededor del 35 % de ambas bacterias. Se recomienda evaluar la efectividad de estos extractos en el cultivo de frijol *in situ* y que pueda ser una alternativa orgánica de control fitosanitario de las enfermedades de Tizón común y Tizón de Halo, para poder mejorar el rendimiento y ofrecer un producto de calidad del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos A. J. 1987. Enfermedades del frijol. Editorial Trillas. México, D. F. 132 p.
- Cueto, W. M. C. 2010. Determinación Del Efecto Inhibitorio del aceite esencial y diferentes extractos de orégano (*Lippia berlandieri Schauer*) sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum* tanto *in vitro* como en plántula de tomate. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Dominí, M. E., et al. 1995. Evaluación preliminar del efecto antiapetitivo de diferentes extractos vegetales. En Bioplág'95. Resúmenes. p. 83.
- Fourie, D. 2002. Distribution and severity of bacterial diseases on dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in South Africa. *Phytopathology*. 150 (4-5):220-226.
- Funes, F. agosto-diciembre, 1997. Experiencias cubanas en agroecología. *Revista Agricultura Orgánica*. p.10-18.
- García C. E. A., Quezada V. M. Y. Moreno L. J., Sánchez H. G., Moreno M. E., Pérez R. M. C. J., 2006. "Actividad antifúngica de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum blume*) y orégano (*Origanum vulgare l.*) y su efecto sobre la producción de aflatoxinas en nuez pecanera" *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24 (1) pp 8-12.
- Harborne, J. B. 1993. *Phytochemical Dictionary. Handbook of bioactive compound from plants*. Taylor and Francis, p. 791.
- Johnson E. T. Berhow M. A., Dowd P. F. 2007. "Expression of a Maize Myb Transcription Factor Driven by a Putative Silk-Specific Promoter Significantly Enhances Resistance to *Helicoverpa zea* in Transgenic Maize" *J. Agric. Food Chem.*, 55 (8) pp 29983003.
- López B. A., López B. S. R., Vázquez B. M. E., Rodríguez H. S. A., Mendoza E. M., Padrón E. 2005. "Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend f. sp *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Verticillium dahliae* Kleb. Mediante extractos vegetales acuosos" *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23 (2) pp 183-190.
- López, F. L. C. 1991. Definición de prioridades de investigación fitopatológica para la zona templada del Altiplano Central de México. *Agricultura Técnica Mexicana* 17:17-54.
- Navarrete, M. R. y Acosta G. J. 2000. Resistencia de Frijol al Tizón de Halo en el Valle de México y Progreso de la enfermedad. *Revista Fitotecnia mexicana*. Vol. 23. Pp17-28.
- Pouvova D, Kokoskova B, Pavela R, Rysanek P. 2008. Effectivity of plant essential oils against *Clavibacter michiganensis*, *in vitro*. *Zemdirbyste-Agriculture*. 95 : 440-446.
- Rodríguez, Aida T.; Morales, Daysi; Ramírez, M. A.; Abril-Junio, (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales*, 79-82.
- Rosales S., R., H. Flores G., and J. C. López G. 2016. Water regime effects on phenology and seed yield of two common bean cultivars grown in Durango, México. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 59: 241-242.
- Rosales S., R.; J. A. Acosta G.; F. J. Ibarra P.; E. I. Cuéllar R.; C. A. Nava B. 2009. Validación de variedades y líneas mejoradas de frijol en Durango. *Publicación Especial Núm 27. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana*. Durango, Méx. 93 p.
- Weerasena O.V.D.S.J., Amarasekara A.S., Wijesundera R.L.C. 1993. "Fungicidal Activity of synthetically modified cashew nut shell liquid" *Journal of Natural Science*, 21(2) pp 253 258.

PREVALENCIA DE *Fasciola hepatica* EN BOVINOS SACRIFICADOS EN EL RASTRO TIF 546 DE LA CIUDAD DE DURANGO, DURANGO

Rafael Jiménez Ocampo^{1*}, Karla Maribel Soto Hinojosa², Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹, Rigoberto Rosales Serna¹

¹INIFAP-Durango. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carretera Durango - El Mezquital, Durango, Dgo. México. C. P. 34170. ² Estudiante FMVZ-UJED km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital, 34170. Durango, Dgo. *jimenez.rafael@inifap.gob.mx.

INTRODUCCIÓN

La fasciolosis es una enfermedad de distribución mundial, y ha sido descrita ampliamente en países como Estados Unidos, Inglaterra, Irlanda, Medio Oriente, África y Australia. Dicha enfermedad también puede ser conocida como distomatosis y es causada por el trematodo *Fasciola hepatica* que puede afectar animales y humanos. Los huéspedes más comunes de este agente son los ovinos y bovinos de regiones templadas y tropicales (Behn y Sangster 1999). La Organización Mundial de la Salud (OMS) la considera como una enfermedad parasitaria emergente. Se estima que 2.5 millones de personas están infectadas en el mundo y está cobrando importancia en países como Bolivia, Perú, Ecuador, Egipto e Irán (O'Neill *et al.*, 1988; Mas-Coma *et al.*, 1999; Rokni *et al.*, 2002). La *Fasciola hepatica* es adquirida por el consumo de vegetales y agua contaminada con la fase infectante enquistada denominada metacercaria, la cual se desenquista en el intestino, atraviesa la pared intestinal y migra hasta el tejido hepático donde permanece cerca de 8 a 12 semanas alimentándose del tejido y sangre del huésped causando extensas hemorragias y perforaciones.

La fasciolosis es una de las principales enfermedades parasitarias de gran impacto económico. Las pérdidas directas están asociadas con el decomiso de hígados y muertes de gran cantidad de animales. En el costo de las pérdidas indirectas se encuentra la deficiente conversión alimentaria, retraso en el crecimiento, baja producción de leche o carne, baja calidad de la canal, baja fertilidad y abortos (Togerson y Claxton, 1999).

A pesar de que se registran casos de fasciolosis en el ganado de la zona, no se cuenta con estudios sobre la prevalencia e incidencia de la enfermedad en los bovinos sacrificados en Durango. Se sabe que la presentación de estos casos es causa de decomiso de acuerdo a la Normatividad establecida en México, pero tampoco se tiene un registro de las pérdidas que representan por los decomisos para los productores e introductores por concepto de decomiso. El presente estudio tuvo por objeto identificar la prevalencia de *Fasciola hepatica* en bovinos sacrificados en el rastro TIF 546 en la ciudad de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un análisis retrospectivo en el Rastro TIF 546 ubicado en la Autopista Durango – Gómez Palacio km. 20, Col. Málaga, Durango, Dgo. A partir de los registros de 01 de abril del 2012 al 30 de abril del 2013; se determinó el número de bovinos sacrificados, el número de hígados decomisados; la confirmación del parásito por técnicas de laboratorio, toda esta información fue registrada en una base de datos en la que se incluyó: número de animal, sexo, peso de hígado y procedencia. A partir de los resultados obtenidos de los registros y base de datos se estableció por métodos estadísticos descriptivos la prevalencia de *Fasciola hepatica* en retrospectiva de un año y la prevalencia por época del año, teniendo en cuenta el sexo, edad, el número de animales sacrificados y faenados. Para la identificación del parásito se realizó la inspección post-mortem regular por parte de los Médicos Veterinarios Oficial y Aprobado, de acuerdo a lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-009-ZOO-1994 y la NOM-194-SSA1-2004) en el área de inspección de vísceras rojas y la evaluación de características organolépticas del hígado como son la textura y el color, luego se identificaron las lesiones anatomopatológicas causadas por el parásito y su presencia en estado adulto en los conductos biliares haciendo un corte longitudinal y se registró el peso del órgano de forma individual en una báscula marca Torrey. Al mismo tiempo se obtuvieron muestras de los parásitos en recipientes de plástico con capacidad de 50 ml y se agregaron 20 ml de una solución de Formol al 10%, en dicha muestra se realizó la confirmación del parásito por medio de diagnóstico directo al microscopio en el laboratorio de parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UJED.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Rastro TIF 546 fueron sacrificados un total de 33,638 bovinos en el periodo comprendido entre 01 de Abril del 2012 al 30 de Abril del 2013, de los cuales 1,197 (3.56%) bovinos fueron positivos a *F. hepatica* y se realizó el decomiso total de los hígados de estas canales de acuerdo a la normatividad relacionada con la obtención de la carne (NOM-009-ZOO-1994 y NOM-194-SSA1-2004). Se registró una mayor prevalencia de la enfermedad en las estaciones de primavera e invierno (4.60 y 4.66%) a diferencia de las estaciones de Verano y Otoño (2.48 y 2.46%) y de forma anual se estimó una prevalencia del 3.56% (Cuadro 1). La prevalencia anual registrada en este estudio para el rastro TIF 546 es mayor a lo reportado para un rastro municipal en el Estado de México (2.6%) y otro rastro municipal en Morelia Michoacán (0.97%) (Lobato, 1984; Muñoz 1986).

Los datos obtenidos también muestran que existe una mayor prevalencia de la enfermedad en hembras 1,017 que corresponde al 85% de animales positivos a diferencia de los machos con 180 correspondiendo al 15% (Cuadro 3), lo cual podría estar explicado debido a la composición del hato ganadero en explotaciones de tipo extensivo (25 – 30 hembras por semental) y a que en la producción intensiva (Corral) se engordan machos y se les da un manejo más especializado a diferencia de las hembras que llegan al sacrificio por desecho o bajos parámetros productivos, aunado al efecto de la sequía donde gran cantidad de animales fueron eliminados del hato.

Cuadro 1. Prevalencia de *Fasciola hepatica* en bovinos sacrificados en un rastro TIF 546 en Durango, Dgo.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Bovinos Sacrificados	12,359	7,984	8,593	4,702	33,638
Bovinos Positivos	569	198	211	219	1,197
Prevalencia	4.60 %	2.48 %	2.46 %	4.66 %	3.56 %

Fasciola hepatica es el trematodo más importante del ganado bovino debido a que ocasiona pérdidas económicas por concepto de muerte de animales, costos de medicamentos para su control y disminución de los parámetros productivos, en México representa pérdidas por \$130.91 millones de dólares (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). La fasciolosis cursa un proceso crónico que produce trastornos digestivos y enfocados a nutrición. En el presente trabajo en el rastro TIF 546 de la Ciudad de Durango se comprobó que existen pérdidas por el decomiso total de los hígados parasitados, se decomisaron 1,197 hígados con un peso promedio de 5.12 kilogramos y con un precio en el mercado local promedio de \$ 23.7 pesos por kilogramo lo cual nos da una cifra de \$ 145,248.00 pesos de pérdidas registradas por el decomiso, sin contar las pérdidas registradas por el bajo desarrollo de los animales parasitados, las muertes de los animales con altas cargas parasitarias, gasto por concepto de fármacos y asistencia de un profesional de la salud animal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Precio y peso promedio de hígados decomisados

Peso promedio (kg)	Precio promedio (\$)
5.12	23.7

Cuadro 3. Sexo de bovinos positivos a fasciolosis

Machos	Hembras
15%	85%

En el periodo de estudio se sacrificaron bovinos procedentes de los Estado de Chihuahua y Durango, en este último caso los animales que resultaron positivos procedían de 17 municipios (Canatlán, Coneto de Comonfort, Cuencame, Durango, El Oro, Gómez Palacio, Villa Hidalgo, Mezquital, Nombre de Dios, Nuevo Ideal, Panuco de Coronado, Pueblo Nuevo, Rodeo, San Dimas, San Juan del Río, San Pedro del Gallo y Santiago Papasquiaro). En la Figura 1 se observa que se dio un mayor número de casos en animales pertenecientes al municipio de Durango (1,059) seguido del municipio de Canatlán (39), Rodeo (29), Gómez Palacio (14) y el Mezquital (12).

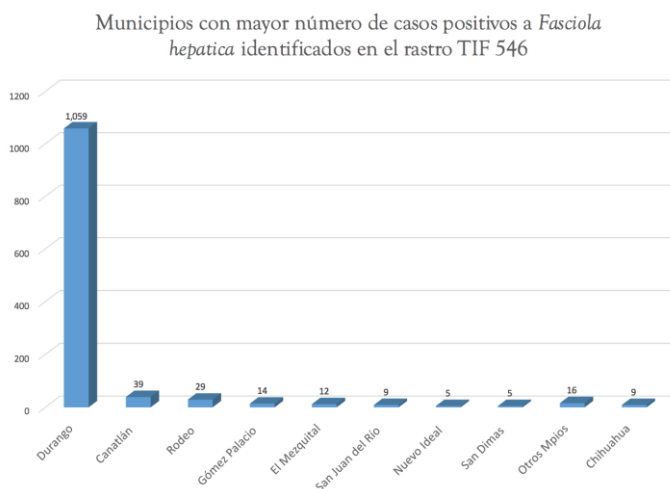


Figura 1. Municipios con mayor número de casos positivos identificados en el rastro TIF 546.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en el presente trabajo permiten concluir que existe una moderada prevalencia de *Fasciola hepatica* en el ganado bovino sacrificado en el rastro TIF 546 de la Ciudad de Durango, comparado con lo reportado por Lobato (1984) donde se encontró una

prevalencia anual de 2.6% en el rastro Municipal de Netzahualcóyotl y lo reportado por Muñoz (1986) en el rastro municipal de Morelia (0.97%), pero una prevalencia más baja comparado con lo reportado por Rangel y Martínez en 1994 donde se encontró una prevalencia del 21% para los bovinos sacrificados en el Rastro TIF 51 de la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

Por lo anterior se recomienda establecer las medidas de control antes y durante la presentación de la época de lluvias. Se recomienda hacer una limpieza y desinfección de las zonas donde abreven los animales, reducir la cantidad de caracoles en las zonas de repasto, hacer la programación de desparasitaciones cada 6 meses en el hato, lo cual permitirá reducir el problema y registrar menor cantidad de decomisos que impactan en la rentabilidad del productor o introductor en el estado de Durango y poner a disposición del consumidor carne y despojos de mayor calidad desde el punto de vista sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

- Behm CA, Sangster NC. Pathology, pathophysiology and clinical aspects. In: Fasciolosis. Ed. J. P. Dalton. Wallingford: CABI publishing, 1999: p. 185-224.
- Mas-Coma S, Burgues MD, Esteban JG, Human Fasciolosis. In: Fasciolosis. Ed. J.P. Dalton. Wallingford: CABI Publishing 1999: p. 411-434.
- O'Neill SM, Parkinson M, Strauss W, Angeles R, Dalton JP. Inmunodiagnosis of *Fasciola hepatica* infection (Fascioliasis) in a human population in the Bolivian altiplano using purified cathepsin L cysteine proteinase. Am J Trop Med Hyg 1998; 58: p. 417-423.
- Rodríguez-Vivas RI, Grisi L, Pérez de León AA, Silva VH, Torres Acosta JFJ, Fragoso SH, Romero SD, Rosario CR, Saldierna F, García CD. Potencial economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Rev Mex Cienc Pec, 2017;8 (1):61-74.
- Rokni MB, Massoud J, O'Neill SM, Parkinson M, Dalton JP. Diagnosis of human fasciolosis in the Gilan province of Northern Iran: Application of cathepsin L-ELISA. Diagn Microbiol Infect Dis 2002; 44: p. 175-179.
- Togersen P, Claxton J. Epidemiology and control. In: Fasciolosis Ed. J. P. Dalton Wallingford: CABI publishing, 1999: p. 113-149.

EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS ORGANICOS Y CONVENCIONALES PARA EL CONTROL DEL SALIVAZO, *Clastoptera achatina* GERMAR (HEMIPTERA: CLASTOPTERIDAE), EN HUERTAS DE NOGAL DE LA COMARCA LAGUNERA

Yescica Manuela Soto-Briceño¹, Sellenne Saraí Favela-Carrillo¹, Urbano Nava-Camberos^{1,2}, Verónica Ávila-Rodríguez² y José Luis García-Hernandez¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED, Ej. Venecia, Durango.

²Facultad de Ciencias Biológicas, UJED, Gómez Palacio, Dgo.

INTRODUCCIÓN

La nuez pecanera es originaria del Norte de México y sureste de los Estados Unidos de América, la superficie cultivada de nogal pecanero en México es de 98,612 ha, se localiza en el norte, donde participan los estados de Chihuahua con el 61.1 %, Coahuila con 16.2 %, Sonora 9.7 %, Nuevo León con 4.3 % y Durango con 6.1 % (Chávez, 2013). Desafortunadamente es atacado por una amplia clase de enfermedades y plagas que son una de las principales causas de pérdidas sustanciales y por ende de pérdidas económicas en la producción de nuez. El norte de Coahuila (Zaragoza-Allende) y La Laguna son las regiones con mayor problemática de plagas en nogal pecanero (Aguilar 2007). Entre las principales plagas se encuentran el gusano barrenador del ruezno, *Cydia caryana*, el gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella*, un complejo de pulgones entre los que destacan el pulgón amarillo, *Monelliopsis pecanis*, pulgón amarillo de márgenes negros, *Monellia caryella*, pulgón negro, *Melanocallis caryaefoliae*, y un complejo de chinches, *Leptoglossus zonatus* (Dallas), *Acanthocephala femorata* (Fabricius), *Chlorochroa ligata* Say, *Nezara viridula* (L.) y *Euchistus servus* (Say), y el salivazo, *Clastoptera achatina* (Aguilar, 2007). El salivazo se considera una plaga secundaria en las publicaciones del USDA sobre las plagas del nogal pecanero (Teddars, 1995). Las ninfas y adultos del salivazo se alimentan de los brotes vegetativos en crecimiento y de brotes fructíferos causando la caída de nueces y su muerte (Hall *et al.*, 2009). Durante los ciclos agrícolas P-V 2014 y 2015 las poblaciones y daños por el salivazo se han incrementado considerablemente en las huertas de nogal de la Comarca Lagunera, propiciando la realización de aplicaciones de insecticidas para su control (hasta tres aplicaciones en algunas huertas) y un incremento en los costos de producción de la nuez (Ávila-Rodríguez *et al.*, 2014, Favela-Carrillo *et al.* 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de insecticidas orgánicos y convencionales en el control del salivazo del nogal en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en huertas de nogal de la Comarca Lagunera, durante el ciclo agrícola P-V 2015. Para determinar la efectividad de los productos insecticidas orgánicos y convencionales para el control del salivazo, se estableció un ensayo en la huerta Cántabra ubicada en el municipio de Gómez Palacio, donde se marcaron cinco árboles (para cada tratamiento) y en cada uno de ellos se marcaron cinco brotes infestados por salivazos con ninfas pequeñas de primer instar; los productos evaluados fueron: Movento (spirotetramat), PHC Neem (extracto de neem), Toretto (sulfoxaflor), Ampligo (clorantraniliprol + lambda cihalotrina), Engeo (thiametoxam + lambda cihalotrina), Minecto Duo (thiametoxam + ciantraniliprol), Agrosulfán (endosulfán) y un testigo sin aplicar. En la huerta ubicada en la P. P. Hormiguero, Coahuila de igual manera se seleccionaron cinco árboles y en cada uno se marcaron cinco brotes infestados por salivazos con ninfas de segundo instar; los productos evaluados fueron: Killwalc (extracto de crisantemo, piretrinas naturales), PHC Neem (extracto de neem), Requiem (extracto *Chenopodium ambrosioides*), Engeo (thiametoxam + lambda cihalotrina) y un testigo sin aplicar. Los efectos de las aplicaciones se observaron cada tres días por un período de 15 días para evaluar la efectividad de los productos que se utilizaron en las huertas bajo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo en la huerta Cantabra. A los tres días posteriores a la aplicación se midió el efecto de cada uno de los insecticidas en los que en su mayoría fueron convencionales para el control de ninfas de primer instar (Figura 1). El insecticida orgánico PHC Neem y el insecticida Toretto (sulfoxaflor) mostraron una efectividad intermedia (63.8% y 72.4%, respectivamente); mientras que los insecticidas convencionales Minecto (ciantraniliprol + thiametoxam), Engeo (thiametoxam + lambda cihalotrina), Ampligo (clorantraniliprol + lambda cihalotrina) y Agrosulfán (endosulfán) ejercieron un control total (100%) de la plaga (Cuadro 1, Figura 2).

Cuadro 1. Efectividad de insecticidas para el control de salivazo, huerta Cántabra, 2016.

Tratamiento	Salivazos por 5 brotes		% de control	
	Previo 8 de abril	Posterior 11 de abril	Vs Previo	Vs Testigo
Testigo	14.8	11.6	21.6	0
Movento 500 ml/ha	13.6	8.4	29.4	17
PHC Neem 2000 ml/ha	13.6	4.2	69.1	63.8
Toretto 100 ml/ha	17	3.2	79.7	72.4
Ampligo 300 ml/ha	16.6	0	100	100
Engeo 250 ml/ha	19.6	0	100	100

Minecto duo 600 gr/ha	16.8	0	100	100
Agrosulfán 2500 ml/ha	15.8	0	100	100



Figura 1. Masas salivales con ninfas de salivazo antes de la aplicación de insecticidas.



Figura 2. Estado de la masa salival después de la aplicación de insecticidas convencionales.

Ensayo en la huerta Hormiguero. En esta evaluación los insecticidas orgánicos mostraron una efectividad de control intermedia ya que actúan de manera lenta en comparación con los insecticidas convencionales, pues la información en base a los datos del muestreo previo y del testigo sin aplicar nos muestra que los tratamientos a base de PHC Neem (extracto de neem) y Requiem (extracto de *Chenopodium ambrosioides*), fueron los que obtuvieron mayor efectividad contra el salivazo con porcentajes de control del 59.5% y 60.7% (Cuadros 2 y3).

Cuadro 2. Efectividad de insecticidas orgánicos y un convencional para el control de Salivazo en base a los datos previos, huerta Hormiguero, 2016.

Tratamiento	% de control vs. Muestreo Previo			
	3 dda ¹ 16 junio	6 dda 19 junio	9 dda 22 junio	Promedio
Testigo	-7.8	-13.7	-13.7	-11
Killwalc 4000 ml/ha	32.2	46.1	48.4	42.2
PHC Neem 2000 ml/ha	34.9	51.1	53.4	46.5
Requiem 1500 ml/ha	35.9	46.1	46.1	42.7
Engeo 250 ml/ha	100	100	100	100.0

¹dda = días después de la aplicación.

Cuadro 3. Efectividad de insecticidas orgánicos para el control de Salivazo en base a los datos del testigo, huerta Hormiguero, 2016.

Tratamiento	% de control vs. Testigo			
	3 dda ¹ 16 junio	6 dda 19 junio	9 dda 22 junio	Promedio
Testigo	0	0	0	0
Killwalc 4000 ml/ha	23.6	44.8	44.8	37.8
PHC Neem 2000 ml/ha	49.1	63.8	65.5	59.5
Requiem 1500 ml/ha	54.5	63.8	63.8	60.7
Engeo 250 ml/ha	100	100	100	100.0

¹dda = días después de la aplicación.

CONCLUSIONES

En el ensayo realizado en la huerta la Cántabra el insecticida a base de extracto de neem (PHC Neem) mostró una efectividad intermedia (63.8%); mientras que cuatro insecticidas sintéticos presentaron alta efectividad (100%) contra el salivazo.

En el ensayo realizado en la huerta Hormiguero los extractos vegetales a base de neem (PHC Neem) y *Chenopodium ambrosioides*, mostraron una efectividad intermedia (59.5 y 60.7%) contra el salivazo.

El efecto de los extractos vegetales contra el salivazo fue lento en comparación con los insecticidas sintéticos; sin embargo, los extractos vegetales constituyen una buena opción de control de la plaga sin afectar a los insectos benéficos, sin dejar residuos tóxicos en las nueces y sin contaminar el ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar P., H. 2007. Principales plagas del nogal en el estado de Coahuila. Publicación especial No. 14. SEZAR, CIRNE, INIFAP. Zaragoza, Coah. 35 p.
- Ávila-Rodríguez, V., U. Nava-Camberos y E. Morales-Olais. 2014. Niveles de infestación del salivazo, *Clastoptera achatina* Germar (Hemiptera: Clastopteridae), en huertas de nogal de la Comarca Lagunera, pp. 1066-1071. Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. 10-12 de septiembre del 2014.
- Chávez, S. N. 2013. Salinidad de agua y suelo y sus efectos en la producción de nuez, P. 15-21. Memoria científica del XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero. INIFAP. Hermosillo Sonora. Septiembre del 2013
- Favela- Carrillo, S.S., Y.M. Soto-Briceño., U. Nava-Camberos., V. Ávila-Rodríguez y J.L. García-Hernández. 2015. Biología, daños y niveles de infestación del Salivazo, *Clastoptera achatina* Germar (Hemiptera: Clastopteridae), en huertas de nogal de la Comarca Lagunera, pp. 882-888. Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. 7-11 de septiembre del 2015.
- Hall, M. J., D. K. Ring y D. K. Pollet. 2009. Pecan spittlebug. Pub. 1886. Louisiana State University Agricultural Center. 2 p. www.lsuagcenter.com.
- Tedders, W. L. 1995. Identity of spittlebug on pecan and life history of *Clastoptera achatina* (Homoptera: Cercopidae). J. Econ. Entomol. 88: 1641-1649.

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL, DAÑOS Y PARASITISMO DEL GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO EN HUERTAS DE NOGAL CON DIFERENTE MANEJO DE PLAGAS

Emigdio Morales Olais¹, Héctor González Hernández¹, Urbano Nava-Camberos^{2,3} y Verónica Ávila-Rodríguez³

¹Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México.
emigdiomoraesolais@hotmail.com, hgzzhd@colpos.mx

²Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), UJED, Ej. Venecia, Durango. nava_cu@hotmail.com.

³Facultad de Ciencias Biológicas, UJED, Gómez Palacio, Dgo. vavilar@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero es uno de los frutales caducifolios más importante en norte de México, donde existe una superficie de aproximadamente 103,866 ha. Destacan como principales productores de nuez los Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Sonora. La producción de nuez en México es afectada por diferentes factores, siendo uno de ellos el ataque de diferentes plagas (Nava y Ramírez, 2002). En el nogal pecanero, las plagas primarias son el gusano barrenador de la nuez (GBN) *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, gusano barrenador del ruezno (GBR) *Cydia caryana* Fitch y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis* Bissell, el pulgón amarillo de alas con márgenes negros *Monellia caryella* Fitch y el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* Davis (Aguirre *et al.*, 1995 y Cortés, 1997). Otras plagas importantes son el salivazo *Clastoptera achatina* (Aguilar, 2007) y chinches manchadoras de almendra como la chinche verde *Nezara viridula* L., chinche café *Euchistus servus* Say y chinche de patas laminadas *Leptoglossus phyllopus* L. (Dutcher y Tood, 1983), las cuales afectan la producción y calidad. El gusano barrenador del ruezno (GBR) es la plaga más dañina y la más difícil de combatir, tiene la característica de permanecer en el interior del ruezno, haciendo túneles y bloqueando a su vez el paso de agua y nutrientes a la almendra. Se encuentra ampliamente distribuido en las regiones nogaleras de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango (Nava, 1994). El monitoreo es la herramienta básica para tomar decisiones de manejo del GBR, sin embargo, también es importante conocer a sus enemigos naturales, ya que juegan un papel muy importante en la regulación natural de sus poblaciones. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la fluctuación poblacional, los daños y el parasitismo del GBR en huertas de nogal con diferente manejo de plagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en las siguientes huertas de nogal de la Comarca Lagunera: FAZ-UJED, ej. Venecia sin control químico de plagas; huerta El Refugio, Gómez Palacio, Durango con manejo bio-racional de plagas; propiedad privada Hormiguero con manejo bio-racional y la huerta ejidal de Hormiguero con manejo convencional, Matamoros, Coahuila (Cuadro 1). Se realizaron monitoreos de los adultos del GBR mediante trampas con feromona sexual. Se colocaron en cada huerta cuatro trampas tipo delta (Pherocon III D, Trece, Inc., Adair, OK 74330) con el atrayente sexual del GBR Hickory, el cual se reemplazó cada mes (Eikenbary, 1988). Las trampas se instalaron el 22 de junio del 2016 y se reemplazaron cada mes. Las trampas se revisaron semanalmente con el propósito de registrar las palomillas capturadas. Además, en cada huerta se inspeccionaron de manera directa 100 nueces para determinar los daños de la plaga. La huerta de la FAZ-UJED se consideró como un testigo absoluto, ya que no se realizaron aplicaciones de insecticidas contra el GBR; en la huerta El Refugio se aplicó el insecticida spinetoram a 400 ml/ha; en la huerta ejidal de Hormiguero se utilizó la mezcla de clorpirifós etil a 1.0 L/ha y cipermetrina a 400 ml/ha, y en la propiedad privada de Hormiguero se aplicó benzoato de emamectina a 600 ml/ha. La aplicación de los insecticidas se realizó al alcanzar el umbral de acción establecido (5 palomillas promedio/trampa en tres días consecutivos), lo cual ocurrió entre los días 14 al 17 de septiembre. Para evaluar el parasitismo se colectaron nueces con daño y larvas del GBR el 22 y 23 de septiembre del 2016 (Cuadro 2). Las nueces infestadas se colocaron en vasitos con tela de organza y se revisaron dos veces por semana para registrar los parasitoides emergidos.

Cuadro 1. Características y manejo de barrenadores del ruezno en las huertas de estudio, Comarca Lagunera, 2016.

Huerta	Variedades	Tipo de manejo	Insecticida aplicado
P.P. Hormiguero	Western, Wichita	Bio-racional	Intrepid
Ej. Hormiguero	Wichita, Western	Convencional	Lorsban
FAZ-UJED	Western, Wichita	Orgánico	---
El Refugio	Wichita, Western	Bio-racional	Exalt

Cuadro 2. Colecta de nueces infestadas por barrenador del ruezno en las huertas de estudio, Comarca Lagunera, 2016.

Huerta	Tipo de Manejo	Fecha de colecta	Nueces colectadas	Larvas del GBR
Ej. Hormiguero	Convencional	22 sep.	89	89
P.P. Hormiguero	Bio-racional	22 sep.	60	60
El Refugio	Bio-racional	23 sep.	32	32
FAZ-UJED	Sin control (Testigo absoluto)	23 sep.	300	300

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fluctuación poblacional del GBR. El inicio de capturas de las palomillas del GBR se registró el 29 de junio en las huertas ubicadas en el Municipio de Gómez Palacio, Dgo. (testigo absoluto FAZ-UJED y bio-racional El Refugio), y en las huertas de Matamoros, Coah. (convencional ej. Hormiguero y bio-racional P.P. Hormiguero) se registraron las primeras capturas el 6 de julio, sin embargo, las capturas fueron menores a 1 palomilla/trampa/semana, en promedio (Figura 1 y 2).

En general, el incremento de las poblaciones de palomillas del GBR se observó en la última semana de agosto. En la huerta como testigo absoluto (FAZ-UJED) se detectaron dos picos poblacionales, siendo el mayor de 50 palomillas/trampa/semana, en promedio. En la huerta del Refugio con manejo bio-racional fue donde las poblaciones del barrenador fueron menores, observándose también dos picos poblacionales de palomillas del GBR (18.75 palomillas/trampa/semana, en promedio), en esta huerta no se alcanzó el umbral de acción; aunque, previamente se realizó una aplicación de spinetoram para controlar al barrenador de la nuez, aunado a esto, durante los años anteriores se ha realizado un manejo de plagas bio-racional, lo cual ha suprimido a los barrenadores de una manera óptima (Figura 1).

La mayor población de palomillas se detectó en la huerta con manejo convencional ej. Hormiguero (165 palomillas/trampa/semana, en promedio), en esta huerta se observaron dos picos poblacionales bien definidos, y en la huerta con manejo bio-racional P.P. Hormiguero se detectó un pico poblacional (50 palomillas/trampa/semana) (Figura 2).

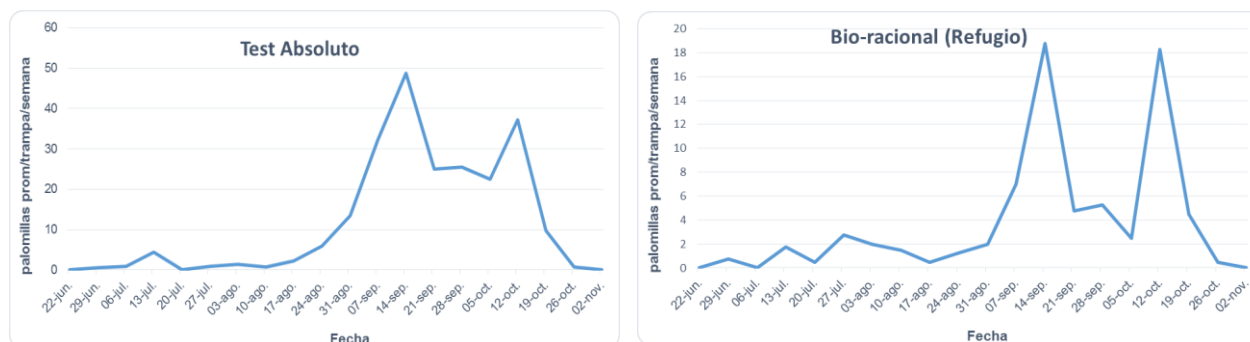


Figura 1. Fluctuación poblacional de palomillas del GBR en la huerta de la FAZ-UJED como testigo absoluto y el Refugio con manejo bio-racional, Comarca Lagunera, 2016.

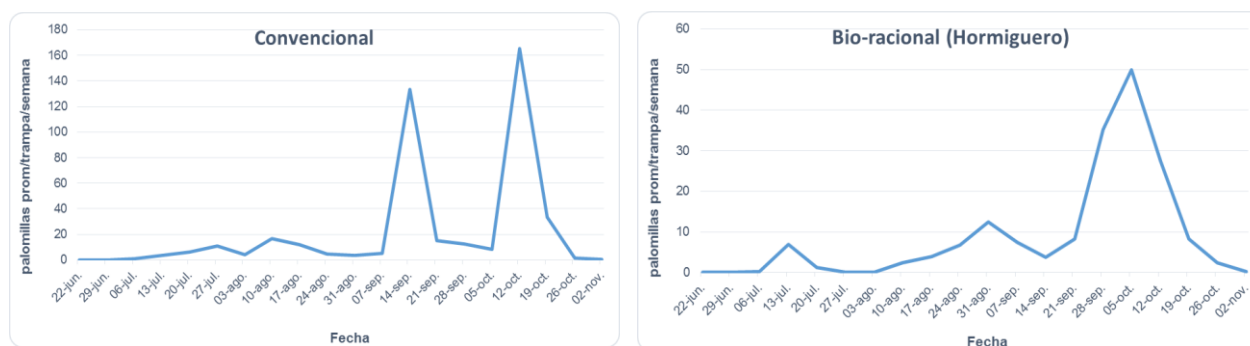


Figura 2. Fluctuación poblacional de palomillas del GBR en las huertas de nogal con manejo convencional y bio-racional en Hormiguero, Comarca Lagunera, 2016.

Daños por el GBR. Se observó una gran variación en cuanto a los porcentajes de racimos infestados por GBR en las huertas con diferente manejo. Durante el mes de julio el daño se observó bajo de manera general, alcanzando solamente 1% en el testigo absoluto y en la huerta con manejo convencional. Durante el mes de agosto se observó un incremento en el porcentaje de daño, siendo el mayor en el testigo absoluto con un registro del 9%, seguido de bio-racional de hormiguero y convencional con 3 y 4% de daño, respectivamente. En el mes de septiembre se registró el máximo daño de este barrenador, y se encontró que en el testigo absoluto el 39% de frutos estaban dañados, aunque se han reportado daños hasta del 62% (Tarango y Nava, 1998); en la huerta con uso de insecticidas convencionales se detectó un 15% de frutos dañados; mientras que, en la huerta con manejo bio-racional de hormiguero se encontró un 12% de daño y finalmente en el manejo bio-racional del Refugio se registró un 2% de frutos dañados (Cuadro 3, Figura 3).

Cuadro 3. Porcentajes de nueces dañadas por el GBR en huertas de nogal con diferente manejo de plagas, Comarca Lagunera, 2016.

Huerta	Tipo de manejo	20 jul.	24 ago.	21 sep.
El Refugio	Bio-racional	0	1	2
P.P. Hormiguero	Bio-racional	0	3	12
Ej. Hormiguero	Convencional	1	4	15
FAZ-UJED	Sin control (testigo absoluto)	1	9	39

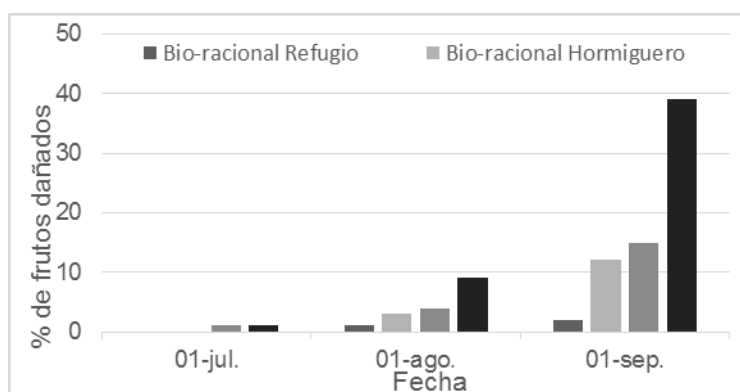


Figura 3. Porcentaje de nueces dañadas por el GBR en huertas con diferente manejo de plagas. Comarca Lagunera, 2016.

Parasitismo del GBR. Únicamente se observó parasitismo de las larvas del GBR en la huerta sin control químico (FAZ-UJED), en esta huerta fue donde se colectó mayor tamaño de muestra (300 nueces) y también fue donde se detectó mayor infestación; la huerta menos infestada fue la de manejo bio-racional del Refugio, y se colectó la muestra de menor tamaño (32 nueces) (Cuadro 4). En la huerta sin aplicaciones de insecticidas emergieron 13 especímenes de parasitoides de las larvas parasitadas, los cuales pertenecieron al orden Hymenoptera y a las familias Braconidae (9 especímenes), Ichneumonidae (2 especímenes), Eupelmidae (1 especimen) y Chalcididae (1 especimen).

Cuadro 4. Porcentajes de parasitismo en larvas del GBR en huertas de nogal con diferente manejo de plagas, Comarca Lagunera, 2016.

Huerta	Tipo de manejo	Fecha de colecta	Larvas colectadas	Parasitoides emergidos	% de parasitismo
El Refugio	Bio-racional	23 sep.	32	0	0
P.P. Hormiguero	Bio-racional	22 sep.	60	0	0
Ej. Hormiguero	Convencional	22 sep.	89	0	0
FAZ-UJED	Sin control (Testigo absoluto)	23 sep.	300	13	4.33

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se puede concluir que: existen diferencias en las poblaciones de adultos y los niveles de daño, lo cual es atribuido al tipo de manejo del GBR. Cuando se realiza acción de control del GBR, mediante la aplicación de insecticidas, los daños disminuyen significativamente. El uso de productos bio-rationales y convencionales ejercen un buen control del GBR. En las huertas manejadas con productos bio-rationales se observaron niveles más bajos de infestación. Solo se encontró parasitismo natural de las larvas del GBR en la huerta sin control químico, el cual fue bajo (4.33%).

AGRADECIMIENTOS

Se extiende un agradecimiento a los propietarios y encargados de las diferentes huertas nogaleras por su colaboración y disposición para realizar esta investigación aplicada.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar P., H. 2007. Principales plagas del nogal en el estado de Coahuila. Publicación especial No. 14. SEZAR, CIRNE, INIFAP. Zaragoza, Coah. 35 p.
- Aguirre, A.L., Tucuch, E. y Harris, M.K. 1995. Oviposition and nut entry behavior of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella*. Southwestern Entomol. 20: 447- 451.
- Cortés, O.D. 1997. Gusano Barrenador de la Nuez. Manejo Integrado de Plagas del Nogal. INIFAP-Delicias, Chihuahua. p.203-218.
- Dutcher, J D. and J. W. Todd. 1983. Hemiptera kernel damage of pecan. Misc. Public. Entomol.Soc.Amer. 13:1-11.
- Eikenbary, R. D. 1988. The development of the HSW in pecans. pp: 49-50. *In*: Proc. Texas Pecan Grow. Ass.
- Nava C. U. 1994. Manejo Integrado de Plagas. In Torres E, C. e I. Reyes J. (Eds.). El Nogal Pecanero. CELALA-INIFAP. Matamoros, Coah. México. p. 115-130.

- Nava C., U. y M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Arreola A. J. y I. Reyes J. (eds.). Libro Técnico No. 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp. 145-176.
- Tarango R. S. H. y R. Nava A. 1998. Captura de *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) con trampas de feromona y su relación con la fenología del nogal pecanero. *Vedalia* 4:3-7.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE EXTRACTOS DE *Syzygium aromaticum* SOBRE LA VIABILIDAD DE TIZÓN COMÚN Y TIZÓN DE HALO DE *Phaseolus vulgaris* L.

Jesús Adrian Ibarra Luna*, **Martha Isela Núñez Zavala**, **Erika Cecilia Gamero Posada**,
Ixchel Abby Ortiz Sánchez, **Mirka Maily Acevedo Romero**.

Instituto Tecnológico Del Valle Del Guadiana, Km 22.5 Carretera Durango-México, Villa Montemorelos, Dgo. , México. C.P. 24371. *e-mail: jeadiblu97@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo tradicional que los productores duranguenses consideran como alimento básico, fuente de ingresos y complemento forrajero para animales domésticos (Rosales *et al.*, 2009); es uno de los principales cultivos en el Estado de Durango, habiéndose sembrado de 2010 a 2016 un promedio anual de 242,084 ha con una producción promedio de 1,159 ha anual (SIAP, 2017). Las áreas más importantes para la producción de frijol de riego en el Estado, se encuentran por orden de importancia y superficie de siembra en los municipios: Nombre de Dios, Poanas, Vicente Guerrero y Durango, que suman el 90% del total de la superficie en esta condición de humedad (SAGARPA, 2015). Uno de los factores que afectan la calidad comercial del grano de frijol, son las enfermedades provocadas por hongos y bacterias. En Durango, las enfermedades causadas por hongos patógenos más comunes en frijol son antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*). Las enfermedades bacterianas son: tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) y tizón común (*Xanthomonas campestris* = *axonopodis* pv. *phaseoli*) (Rosales *et al.*, 2009). Estas enfermedades son transmitidas en la parte interna y externa de la semilla, especialmente tizón común, el cual puede ocasionar hasta 40% de pérdidas de rendimiento (Akhavan *et al.*, 2013). Las variedades mejoradas liberadas recientemente muestran tolerancia a antracnosis y roya, aunque es posible observar síntomas intermedios de tizón común y tizón de halo. El control químico de las plagas es uno de los métodos más efectivos que posee el hombre para defenderse de estos enemigos, debido a que produce beneficios a corto plazo. Sin embargo, este método de lucha aplicado indiscriminadamente, por su efecto acumulativo provoca diversos impactos tales como desbalance ecológico, contaminación ambiental, que han impactado negativamente en la biodiversidad de los agro ecosistemas, intoxicaciones y daños severos a la salud humana, por solo citar algunos (Hernández, 2004). Las plantas aromáticas han sido utilizadas por la medicina alternativa como agentes antimicrobianos desde tiempos ancestrales; como es el caso de los aceites esenciales de muchas plantas que son conocidos por poseer actividades

antibacterial y antifúngica, y han sido utilizados empíricamente (Pinto *et al.*, 2009). Estudios previos demuestran que productos vegetales como aceites esenciales, extractos acuosos y hexánicos, polvos y metabolitos secundarios, poseen actividad regulatoria o inhibitoria de bacterias y hongos patógenos (Montes *et al.*, 2000), lo que representa una vía complementaria o alternativa a los tratamientos químicos que se aplican a los cultivos, cuya popularidad incrementa e incluso gana credibilidad científica. *Syzygium aromaticum*, también conocido como *Eugenia caryophyllata* o clavo de olor, es una especie perteneciente a la familia *Myrtaceae* que suele encontrarse en países con climas tropicales (Williamson *et al.*, 2016). Es eficaz para luchar contra varios tipos de bacterias y de hongos, lo que la hace una especie muy utilizada como antibiótico natural (Williamson *et al.*, 2016). El análisis químico del aceite esencial de clavo indica que el principal componente es el eugenol (más del 80%), responsable del olor característico de esta especie y de su actividad antimicrobiana, así como los fenilpropanoides tales como el carvacol, timol y cinamaldehida (Chaieb *et al.*, 2007). Estudios ha podido comprobar la eficacia de esta planta para erradicar a bacterias como *Listeria monocytogenes* (Deans *et al.*, 1995); *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella ozaenae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae* y *Vibrio cholerae* (Saeed y Tariq, 2008); *Porphyromonas gingivalis* y *Prevotella intermedia* (Cai y Wu, 1996). La actividad antifúngica del aceite esencial de esta planta abarca varias especies de hongos y levaduras como *Candida* y *Aspergillus* (Pinto *et al.*, 2009), *Colletotrichum musae* y *Fusarium proliferatum* (Ranasinghe *et al.*, 2002), entre otros. Se ha reportado la efectividad del aceite esencial de clavo sobre *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (Chudasama y Thaker, 2012; Akhtar y col., 1997). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los diferentes extractos de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) sobre la viabilidad de tizón común (*Xanthomonas campestris*) y tizón de halo (*Pseudomonas syringae*) de frijol Pinto Saltillo (*Phaseolus vulgaris* L.), producido en el municipio de Canatlán, Durango. Dicho objetivo se alcanzó a través de tres estrategias: aislamiento y caracterización de cepas nativas de *X. campestris* y *P. syringae* a partir de semilla de *P. vulgaris* L.; obtención de extractos de *S. aromaticum*; y realización de pruebas *in vitro* del efecto que tienen los diferentes extractos de *S. aromaticum* sobre la viabilidad de *X. campestris* y *P. syringae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el aislamiento de los patógenos se tomaron 10 g de frijol Pinto Saltillo producido en Canatlán, Durango, sellando el hilum con pegamento de cianoacrilato, y se desinfectaron con 50 mL de hipoclorito de sodio al 2% agitando durante 3 min, se decantó y se enjuagó con 250 mL de diluyente de Butterfield. Después del enjuague se licuó el frijol con 90 mL del diluyente

durante 1 min a alta velocidad bajo condiciones de asepsia; luego se procedió a hacer tres diluciones decimales seriadas en diluyente de Butterfield, para después sembrar un inóculo de 100 μ L sobre cajas de Petri con YCA y BKING, por extensión en superficie, para el aislamiento de *X. campestris* y *P. syringae*, respectivamente. La incubación se realizó a 28° C por 24-48 h. Para la caracterización de las bacterias se seleccionaron colonias con la morfología colonial y microscópica descrita por Gamero *et al.*, (2014), y se obtuvo el cultivo axénico sobre agar nutritivo. Enseguida se llevó a cabo una identificación bioquímica de los dos aislados realizando las pruebas: oxidación/fermentación, utilización de carbohidratos, movilidad, producción de indol, presencia de ureasa, hidrolisis de gelatina, utilización de citrato, producción de ácido sulfhídrico, utilización de lisina y producción de fluoresceína. Como parte la caracterización se realizó la curva de crecimiento de cada uno de los patógenos aislados e identificados, para establecer el tiempo en que alcanzan su fase exponencial y calcular su tiempo de generación. Se utilizó caldo nutritivo inoculado con 25 mL de suspensión bacteriana concentrada de 24 h, cosechadas de placas con agar nutritivo. El método de cuantificación fue por espectrofotometría a 660 nm; las lecturas se realizaron cada 2 h durante 24 h, con una temperatura de incubación de 28°C y agitación orbital constante. Para la obtención de extractos *S. aromaticum* se utilizaron la metodología tradicional y una alternativa; en la primera se utilizó 100 g de material seco y triturado con mortero y pistilo, y se colocó en un matraz de destilación con 750 mL de agua destilada, se tapó el matraz con un tapón de hule para evitar pérdida de vapor. Se conectó el matraz de destilación a un condensador con un tapón de hule horadado cerciorándose que no hubiera fugas de vapor, y con la corriente de agua de abajo hacia arriba. Con un mechero o una placa calefactora se calentó la mezcla hasta ebullición con el fin de generar vapor, recuperando de esta manera el extracto. Se suspendió el calentamiento cuando empezó a verse la mezcla deshidratada, aproximadamente a las 2 h de comenzada la ebullición. En la metodología alternativa se sustituyó el matraz de destilación por una olla de presión de 4 L y se utilizó 250 g de materia seca triturada en 1 L de agua. Enseguida se colocó el extracto en un matraz de separación, y luego de 12 h en reposo se obtuvieron el aceite esencial y el extracto acuoso. A la fase líquida restante en el matraz de destilación u olla se le denominó infusión. Se preparó un té de la planta, poniendo en un matraz Erlenmeyer 10 g de planta triturada con 250 mL agua destilada, se llevó a ebullición por 10 min y se filtró. Todos los extractos obtenidos se colocaron en frascos ámbar y se llevaron a refrigeración hasta su uso. Para evaluar la efectividad de cada uno de los extractos sobre la viabilidad de *X. campestris* y *P. syringae*, se realizaron experimentos independientes para cada patógeno, utilizando un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 6x5, donde el factor A fueron los extractos con 6

niveles: aceite, aceite diluido (aceite-agua 1:1 (agua-twin 80 3:100)), extracto acuoso, infusión, té y un control negativo; el factor B fueron las diluciones bacterianas, para lo que se prepararon 5 diluciones seriadas decimales (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000), a partir de una colonia, utilizando diluyente de Butterfield, lo anterior para simular diferentes grados de infestación de las enfermedades. Para probar cada uno de los extractos, cada dilución bacteriana, se sembró por duplicado sobre agar nutritivo por la técnica de extensión en superficie, con inóculos de 100 μ L. Enseguida se colocó un círculo de papel filtro de 2 cm de diámetro y estéril con 3 gotas de extracto y se colocó en el centro de la caja recién sembrada; como control negativo se utilizó únicamente el disco de papel filtro. Se llevaron las cajas incubación a 28°C por 24-48 h. Enseguida se midió el diámetro de los halos de inhibición utilizando una regla Vernier. Se realizó un análisis de varianza con el programa Infostat bajo los procedimientos LSD Fisher y Tukey con un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización de cepas aisladas en los medios de cultivo YCA y B-King, indicaron que se logró aislar *X. campestris* y *P. syringae*, respectivamente en cada medio, ya que se distinguieron la morfología colonia y celular típica de cada patógeno, así como los atributos metabólicos descritos por Gamero *et al.*, (2014) (datos no mostrados). La curva de crecimiento de *X. campestris* y de *P. syringae* (Figura 1) mostraron que se inicia la etapa exponencial a las 0 y 2 h, respectivamente, concluyendo a las 14 h, cuando inicia la fase estacionaria.

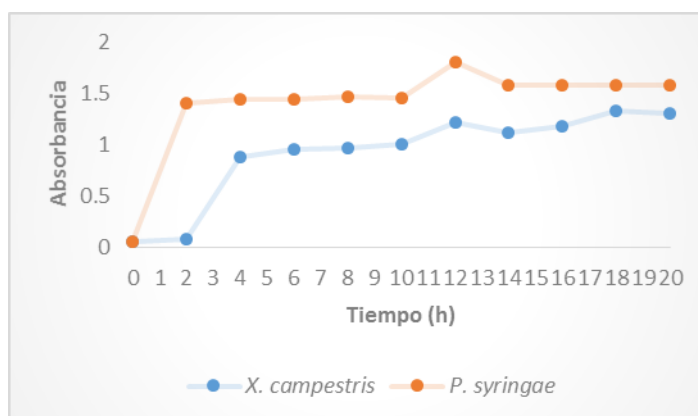


Figura 1. Curvas de crecimiento de *X. campestris* y *P. syringae*, aisladas de *P. vulgaris* L.

El tiempo de generación para *X. campestris* fue de 4.6 h y de 4.4 h para *P. syringae*. Esto indica que ambos son patógenos de adaptación muy rápida que proliferan inmediatamente después

de encontrar sustrato y condiciones adecuadas, pudiendo duplicar sus poblaciones en tiempos relativamente cortos, lo que podría traducirse en que, *in vivo* son capaces de atacar desde las etapas iniciales de la planta, incluso a la semilla, manteniéndose viables hasta etapas de desarrollo avanzadas de la misma, como se describe en guías de manejo de enfermedades de frijol (IICA, 2008).

El proceso de destilación tradicional de *S. aromaticum* se llevó a cabo por 6 ocasiones, permitiendo obtener 3 mL de aceite esencial y 800 mL de extracto acuoso. Con el proceso alternativo se obtuvieron 6 mL de aceite esencial y 500 mL de extracto acuoso. Lo anterior indica que la producción de vapor en el método alternativo es más eficiente al igual que el arrastre del aceite esencial en el mismo tiempo de ebullición que en el método tradicional. El análisis de varianza y la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) de los datos obtenidos de la evaluación del efecto de extractos de *S. aromaticum* sobre la viabilidad de *X. campestris* (Tizón de Común), indica que hay diferencia significativa entre los tratamientos ($p<0.05$), excepto entre el té y el control negativo, siendo el aceite esencial el más afectivo sobre el patógeno, seguido del extracto acuoso (Figura 2a). Este resultado se puede atribuir a la presencia del eugenol en el aceite esencial, el cual puede quedar también, como remanente en menor concentración, en el extracto acuoso. Se observa concordancia con lo reportado por Chudasama *et al.*, (2012), quienes encontraron que de 100 aceites esenciales probados contra *X. campestris* pv. *citri*, el de clavo fue el tercero más efectivo, después de la casia y la canela. El efecto de los extractos de la planta sobre las diluciones de patógeno ensayadas, también muestra diferencias significativa ($p<0.05$), siendo más eficientes sobre bajas concentraciones bacterianas (Figura 2b). El efecto inhibitorio del aceite esencial mostró ser igual sobre las diferentes concentraciones de patógeno.

Para el caso de *P. syringae* (Tizón de Halo), las pruebas estadísticas muestran que existe diferencia significativa entre el efecto de los extractos de *S. aromaticum* sobre la viabilidad del patógeno ($p<0.05$), siendo el extracto acuoso el más efectivo, seguido por el aceite esencial (Figura 2c); no hubo diferencia significativa entre la infusión, el té y la dilución del aceite esencial. La concentración bacteriana influye significativamente ($p<0.05$) en la efectividad del biocontrolador, siendo más susceptibles aquellos cultivos menos infestados (Figura 2d). Es posible que *P. syringae* sea susceptible, además de a los remanentes de eugenol, a algún componente no miscible en el aceite esencial y que permanece en la fase acuosa, como algunos taninos hidrofílicos con grupo tergaloil (telimagrandin II, rugosin F y escuarrosanin A) que mostraron actividad antifúngica contra cepas de *Candida* en los ensayos de Bao *et al.*,

(2012), por lo que sería de gran interés realizar un análisis de composición química de este extracto, así como pruebas de inhibición de la viabilidad con los componentes aislados.

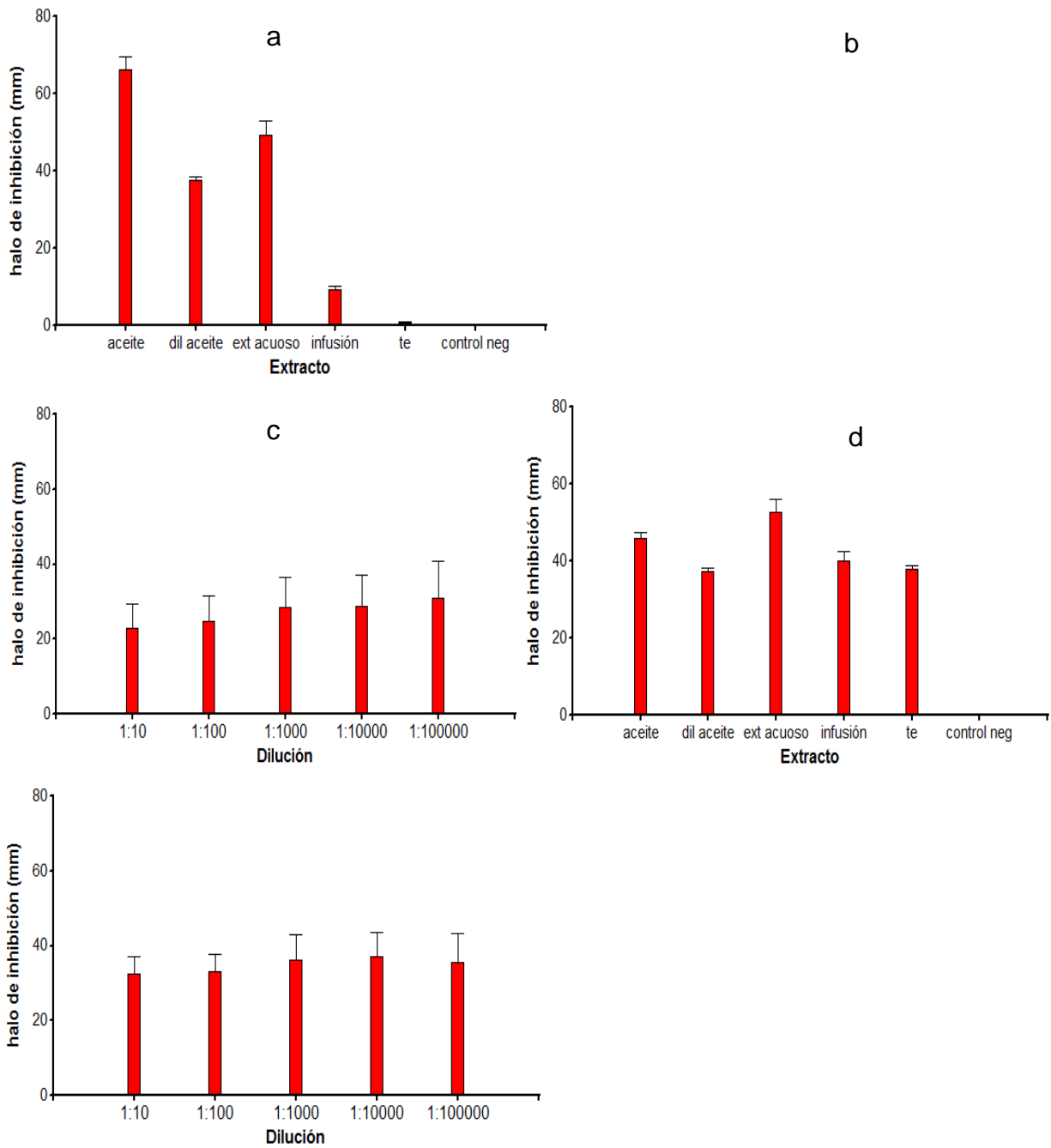


Figura 2. Efectividad de extractos de *S. aromaticum* sobre *X. campestris* (a y b) y *P. syringae* $p < 0.01$, $\alpha = 0.05$. Se muestra error estándar.

CONCLUSIONES

Los medios de cultivo selectivos y diferenciales, YCA y B-King, permiten aislar a los patógenos causantes de tizón común y tizón de halo, respectivamente; técnicas tradicionales de tinción, microscopía y pruebas metabólicas son eficientes para su identificación. Las curvas de crecimiento obtenidas permitirán establecer los tiempos de aplicación del biocontrolador pertinentes en ensayos sobre plantas. El aceite esencial de *S. aromaticum*, así como el extracto acuoso, presentan una significativa actividad inhibitoria sobre *X. campestris* y *P. syringae* de frijol común (*P. vulgaris* L.). La técnica alternativa de obtención de extractos es más eficiente y se sugiere llevarla a mayor escala. Se sugiere también realizar experimentos de identificación química de los compuestos presentes en los extractos de *S. aromaticum*, y comprobar su actividad antibacteriana y antifúngica; así como ensayos para probar los efectos inhibitorios los extractos sobre plantas de frijol común enfermas, ya sea bajo agricultura protegida y/o a cielo abierto, para la transferencia de tecnología a los productores, en determinado caso.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhavan, A.; Bahar, M.; Askarian, H.; Lak, M.R.; Nazemi, A.; and Zamani, Z. 2013. Bean common bacterial blight: pathogen epiphytic life and effect of irrigation practices. Springer Plus 2:41.
- Akhtar, M. A.; Rahber-Bhatti, M. H.; Aslam, M. 1997. Antibacterial activity of plant diffusate against *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. International Journal of Pest Management . Volumen 43. P. p. 149-153
- Bao, L. M.; Eerdunbayaer; Nozaki A.; Takahashi, E.; Okamoto, K.; Ito, H.; Hatano, T.. 2012. Hydrolysable Tannins Isolated From *Syzygium aromaticum*: Structure Of A New C-Glucosidic Ellagitannin And Spectral Features Of Tannins With A Tergalloyl Group. HETEROCYCLES, Vol. 85, No. 2, 2012, pp. 365 - 381.
- Cai, L.; Wu, C. D.; 1996. Compounds from *Syzygium aromaticum* Possessing Growth Inhibitory Activity Against Oral Pathogens. NCBI Resources. 59(10):987-90
- Chaieb, K.; Hajlaoui, H.; Zmantar, T.; Kahla-Nakbi, A. B.; Rouabhia, M.; Mahdouani, K.; Bakhrouf, A. 2007. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. NCBI Resources. 21(6):501-6

HYPERLINK

["http://www.tandfonline.com/author/Chudasama%2C+Kiran+S"](http://www.tandfonline.com/author/Chudasama%2C+Kiran+S)

- Chudasama , K. S.; Thaker, V. S. 2012. Screening of potential antimicrobial compounds against *Xanthomonas campestris* from 100 essential oils of aromatic plants used in India: an ecofriendly approach. Research Gate. Archives of Phytopathology and Plant Protection. Vol. 45, No. 7, 783–795. <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2011.595967>
- Deans, S. G.; Noble, R. C.; Hiltunen, R.; Wuryani, W.; Péntzes L. G.. 1995. Antimicrobial and antioxidant properties of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry: Impact upon bacteria, fungi and fatty acid levels in ageing mice. Flavour and Fragrance Journal. Vol 10. P.p 323-328.
- Gamero, P. E. C.; Rosales, S. R.; Reyes, G. M. L.; Amezcua, R. M.; Silva, R. K. A. 2014 Evaluación de la Calidad Sanitaria y Nutricia del Frijol Producido dn Vicente Guerrero, Durango. Semana Internacional de Agronomía. Facultad de agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. México. P. p. 272-278

- Hernández F., V. M. 2004. Efectividad Biológica “*in vitro*” de Extractos Vegetales para el Control de Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. P.p. 4-9
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2008. Guía de Identificación y Manejo Integrado de Enfermedades del Frijol en Latinoamérica. Managua. P. p. 20-21, 25-29
- Montes B., R.; Cruz, C. V.; Martínez M., G.; Sandoval G., G.; García L., R.; Zilch D., S.; Bravo Luna, L.; Bermúdez T., K.; Flores M., H. E. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores, análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 18(2): 125-131.
- Pinto E.; Vale S., L.; Cavaleiro C.; Salgueiro S. 2009. Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology* (2009), 58, 1454–1462
- Ranasinghe. L.; Jayawardena B.; Abeywickrama K.. 2002. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr et L.M.Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. *Letters in Applied Microbiology*, 35, 208–211
- Rosales S., R.; Acosta G., J. A.; Ibarra P., F. J.; Cuéllar R., E. I.; Nava B., C. A. 2009. Validación de Variedades y Líneas Mejoradas de Frijol en Durango. Publicación Especial No. 27. INIFAP. Campo Experimental Valle del Guadiana, Durango, México. P. p. 6-12
- Saeed, S.; Tariq, P. 2008. *In Vitro* Antibacterial Activity of Clove Against Gram Negative Bacteria. *Pak. J. Bot.*, 40(5): 2157-2160
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Durango. Segunda Edición. México. P. p. 63-70.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado en Junio de 2017.
- Williamson, E. M.; Izzo, A. A.; Hoon-Kim, H.; Radhakrishnan, R. 2016. *Phytotherapy Research*.

EVALUACION DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE *Nolina cespitifera* Trel. EN VIVERO

Francisco Castillo Reyes*¹, David Castillo Quiroz¹, J. Trinidad Sáenz Reyes², Diana Yemilet Avila Flores¹ y Jesús Hipólito Muñoz Flores²

¹Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. (844) 4-82-81-90 y 93.

²Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana No. 1101. Col. Revolución Uruapan C.P. 60150, Michoacán. *reyes.francisco@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

El cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) es una especie nativa y endémica de la flora del matorral xerófilo y de los pastizales del noreste de México (Sáenz y Castillo, 1992, García y Galván, 1995); su área de distribución se localiza en la región sur de Coahuila, sur de Nuevo León y norte de Zacatecas, México (Castillo *et al.*, 2015). De esta planta se obtiene una fibra dura de alta resistencia para la elaboración de escobas, principalmente (Sáenz y Castillo, 1992 y Castillo y Sáenz, 1993). En las últimas cinco décadas este recurso ha estado sometido a una sobreutilización y un manejo inadecuado, lo que ha provocado deterioro de poblaciones, por lo tanto, escasez de la materia prima para satisfacer el mercado regional (Castillo *et al.*, 2015). Por lo anterior, existen alternativas como son el establecimiento de plantaciones comerciales y de restauración, éstas pueden ayudar a disminuir la presión sobre las áreas productoras y disponer de una manera sostenida la producción de fibra que requieren los productores que se dedican a esta actividad (Castillo y Cano, 2005). Para la implementación de las plantaciones de cortadillo se requiere de técnicas para la propagación masiva de planta con buena calidad, con excelentes características genéticas, morfológicas y fisiológicas que sean capaces de soportar el estrés al trasplante, incrementar su supervivencia y de más rápido crecimiento en las condiciones climáticas y edáficas adversas después de la plantación (Prieto *et al.*, 2009). Dentro de estas prácticas destaca la fertilización química y biológica, donde se han utilizado para el manejo de especies forestales en vivero. La fertilización produce plantas más vigorosas, con mayor contenido de nutrientes y mayor capacidad de producción de raíces. Dichas particularidades influyen de manera importante sobre las características funcionales de la planta, supervivencia y su posterior desarrollo en campo (Arriagada *et al.*, 2009; Villar-Salvador *et al.*, 2008; Donoso *et al.*, 2008 y Oliet *et al.*, 1997). Sin embargo, actualmente se carece de información sobre el efecto de la incorporación de la fertilización química y biológica en plantas de cortadillo en vivero. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de la

de fertilización química y biológica sobre el crecimiento del cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el vivero del Campo Experimental Saltillo del INIFAP, durante agosto de 2015 a abril de 2016. La fuente de semilla utilizada para la producción de las plántulas de cortadillo se obtuvo de rodales naturales en el ejido Nuncio del municipio de Arteaga, Coahuila. Previo a la siembra, se aplicó un pre-tratamiento a base de hipoclorito de sodio (NaClO) al 3% por 10 minutos (Castillo *et al.*, 2015). Las semillas tratadas se sembraron en contenedores de plástico de 25 X 10 cm con Peat-Moss como sustrato. Posteriormente, los contenedores se colocaron en una cámara bioclimática bajo las siguientes condiciones controladas: humedad relativa de 80%, temperatura 22 ± 2.5 °C y un fotoperiodo de 12 horas de luz y 8 de obscuridad. Una vez que las plántulas presentaron una altura promedio de 11.5 cm, se realizó su trasplante al contenedor tipo bolsas de polietileno negro de 10 X 20 cm, utilizando como sustrato suelo del área de distribución natural del cortadillo, se dejó por un período de 15 días para que la plántula se adaptara al trasplante, después se aplicaron los tratamientos para evaluar el efecto en el crecimiento y desarrollo de la planta. Para evaluar el efecto del crecimiento de cortadillo se estableció un experimento con 7 tratamientos basados en la incorporación de fertilizantes químicos y microorganismos promotores del crecimiento vegetal. Los tratamientos fueron los siguientes: Testigo, Urea, 20-30-10, 18-18-18, *Trichoderma* sp., *Bacillus* spp y Biocarb®. Se realizaron aplicaciones cada 15 días tanto de los fertilizantes como de los microorganismos promotores del crecimiento a razón de 10 g/l y de 3 ml de formulado por litro de agua, respectivamente. La variable a evaluar fue la altura de la planta; para la toma de la lectura se utilizó una cinta métrica expresada en centímetros, dicha lectura se tomó desde la base del tallo de la planta hasta la hoja más alta de cada planta. El experimento se analizó mediante un diseño experimental completamente al azar, con 7 tratamientos y 12 repeticiones por tratamiento, donde la unidad experimental estuvo constituida por una planta. El análisis de varianza de los datos obtenidos de la variable altura se realizó con el Sistema de Análisis Estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2003) y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se usó para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de plantas al establecimiento de tratamientos

El análisis de varianza realizado al momento de iniciar la aplicación de tratamientos no fue significativo ($P > 0.6128$), es decir, no hubo diferencias significativas respecto a la altura entre plantas dentro de tratamientos (repeticiones) y entre tratamientos. La altura promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 9.6 a 11.28 cm, tal como se muestra en la Figura 1.

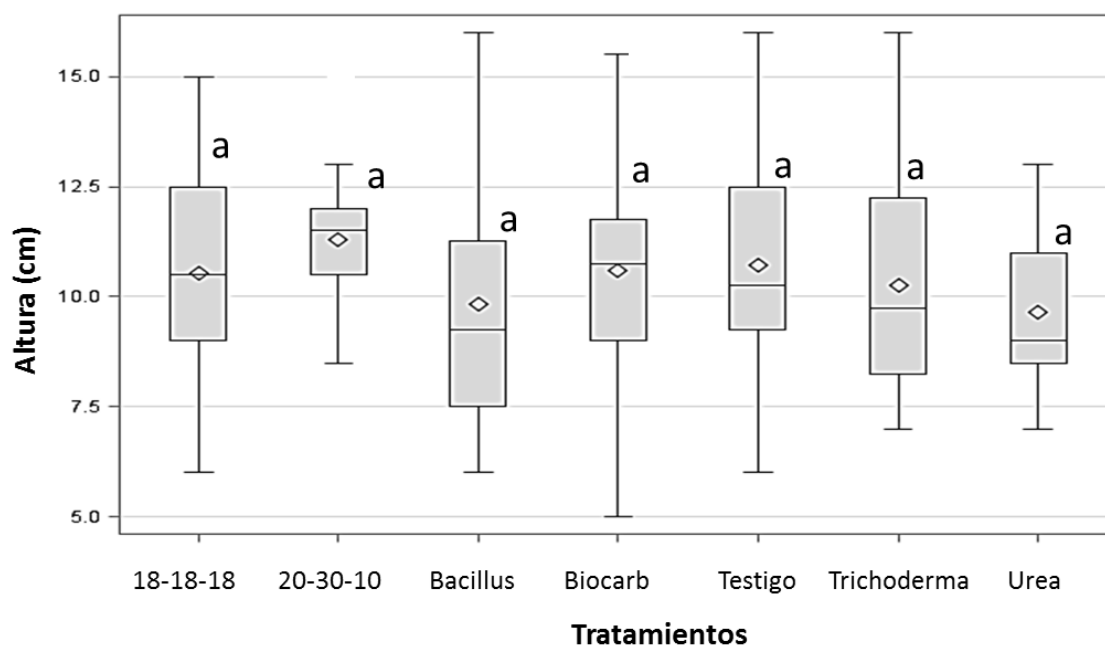


Figura 1. Altura promedio de plantas de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) al inicio de la aplicación de diferentes tratamientos para estimular el crecimiento.

Altura de plantas a los 332 días de tratamiento

Los resultados obtenidos por la aplicación de tratamientos fertilizantes y microorganismos promotores del crecimiento vegetal para determinar su efecto en desarrollo vegetativo sobre plantas de cortadillo muestran diferencias significativas ($P < 0.0001$), es decir, se observaron diferencias estadísticas respecto a la altura promedio entre tratamientos, que varió de 27.37 a 41.08 cm para los tratamientos a base de Urea y *Bacillus*, respectivamente.

En la figura 2 se muestran las alturas promedio por efecto de tratamientos a los 332 días después de su aplicación. El mejor efecto se observó cuando se hace uso de bacterias del

género *Bacillus*, seguido de Biocarb y *Trichoderma* con 41.08, 38.21 y 36.86 cm, respectivamente. El testigo mostró una altura promedio de 36.03 cm, siendo intermedio al grupo biológico y al grupo de fertilizantes químicos. Es decir, los fertilizantes tuvieron menor efecto que el testigo, observando que Triple 18 presentó el mejor efecto, seguido de 20-30-10 y por último la Urea con 34.95, 33.64 y 27.37 cm, respectivamente.

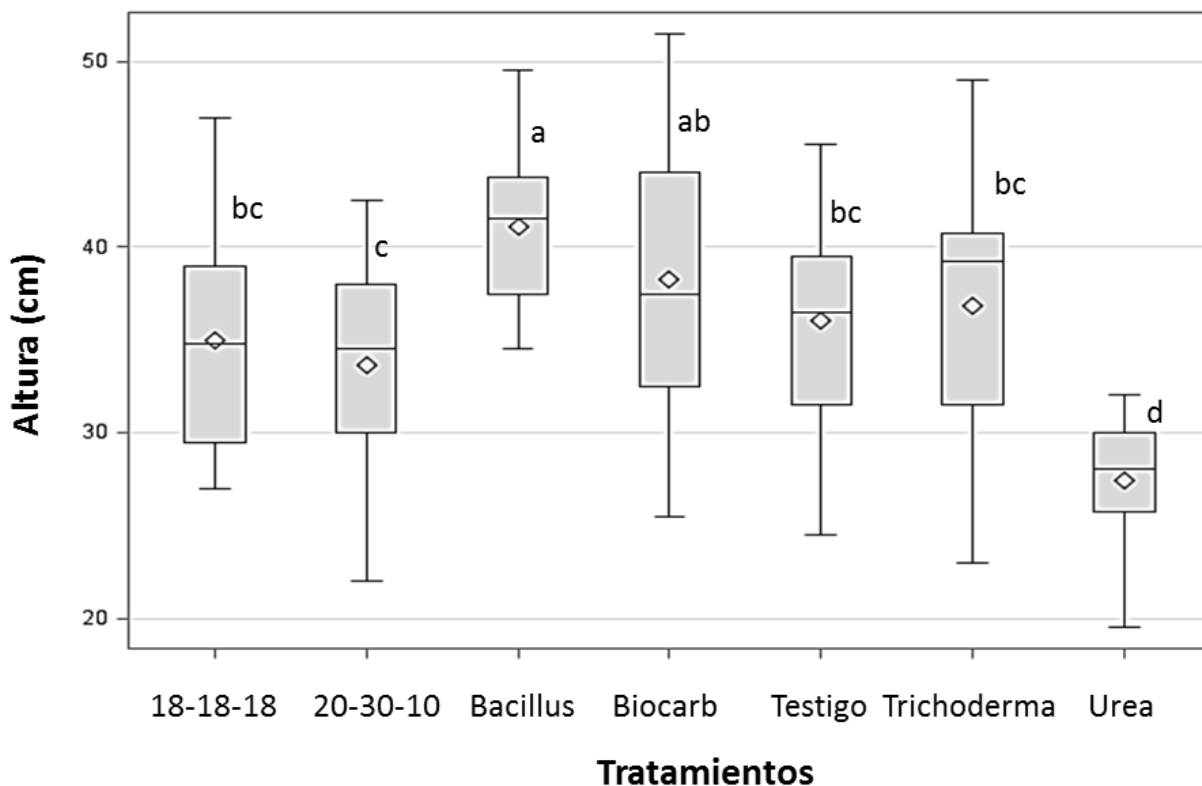


Figura 2. Altura promedio a los 332 días por efecto de tratamientos fertilizantes y microorganismos promotores del crecimiento vegetal en plantas de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.).

En este trabajo se encontró que las plántulas de cortadillo crecen más, cuando se usan microorganismos durante su estado de desarrollo bajo condiciones de vivero, en contraste al empleo de fertilizantes químicos. A la fecha no se han encontrado reportes de investigación del uso de fórmulas de fertilizantes ni de aplicación de microorganismos biofertilizantes en los sistemas de producción de cortadillo en vivero.

Castillo y Cano (2005) mencionan que la planta de cortadillo debe permanecer en vivero por un período de 1.5 a 2 años antes de su plantación definitiva, tiempo requerido para que alcance una altura determinada (25 cm). Cabe mencionar que las plántulas al inicio del presente estudio estuvieron en un rango de 5 a 15 cm (10 cm en promedio) y al cabo de 11 meses bajo tratamiento alcanzaron hasta 41 cm, en promedio, con el mejor tratamiento (*Bacillus*).

En forma general, durante la propagación de plántula en vivero requiere la aplicación de fertilización, ya que la aplicación de ésta es una de las actividades culturales con mayor influencia en la calidad de la planta producida: la fertilización puede acelerar o retrasar el crecimiento de la planta, tanto de su parte aérea como radical; puede alterar la composición nutritiva de los tejidos, con efectos sobre el nivel de reservas, la capacidad de arraigo, la resistencia a estrés hídrico o la resistencia al frío y a enfermedades; en definitiva, interviene en todos los atributos de calidad que tradicionalmente se consideran en la caracterización de la planta forestal (Landis, *et al.*, 1989).

CONCLUSIONES

Se encontró que las plántulas de cortadillo responden a tratamientos para estimular su crecimiento, siendo mejor el uso de microorganismos promotores del crecimiento, entre ellos el grupo de las bacterias del género *Bacillus* o, en su caso, el uso de fertilizantes en mezcla de N-P-K, ya que las plantas tienen una pobre respuesta ante los altos contenidos de nitrógeno de acuerdo con este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Arriagada, C., Sampedro, I., García-Romera, I. and Ocampo. J. 2009. Improvement of growth of *Eucalyptus globulus* and soil biological parameters by amendment with sewage sludge and inoculation with arbuscular mycorrhizal and saprobe fungi. *Science of the Total Environment* 407(17): 4799-4806.
- Castillo, Q. D. y Cano, P. A. 2005. Guía técnica para el establecimiento de plantaciones de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para la producción de fibras duras en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 16. Coahuila, México. 23 p.
- Castillo, Q. D. y Sáenz, R.J. T. 1993. Aspectos ecológicos del cortadillo *Nolina* sp. en el sur de Saltillo, General Cepeda y Parras de la Fuente, Coah. Folleto Técnico No. 4 INIFAP-CIRNE Campo Experimental "La Saucedá", Saltillo, Coah., México. 17 p.
- Castillo, Q. D., 1995. Establecimiento de plantaciones de cortadillo en la región Ixtlera del sur del municipio de Saltillo. In: *Memoria del Taller de identificación de proyectos productivos para el Programa de Desarrollo Regional Sustentable de la zona Ixtlera y Candelilleras*. CONAZA y Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah., México. 153 p.
- Castillo, Q.D., Ávila, F.D.Y., Castillo, R.F., Antonio, B.A. y Martínez, B.O.U. 2015. *Nolina cespitifera* Trel. recurso forestal no maderable de importancia económica y social del noreste de México. *Interciencia*, 40(9): 611-617.

- Donoso, E., Lobos, G. y Rojas, N. 2008. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque* 29 (1): 52-57.
- García, M. A. y Galván, V.R. 1995. Riquezas de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 56: 7-24.
- Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. y Barnett, J.P. 1989. Seedling Nutrition and Irrigation, Vol. 4, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 119 p.
- Oliet, J. Planelles, R., López, M. y Artero, F. 1997. Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantaciones de *Pinus halepensis*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 4: 69- 79
- Prieto, R. J. A., García, R. J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. y Aguilar, V. J. L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo., México. Publicación Especial Núm. 28. 48 p.
- Sáenz, R. J. T., y Castillo, Q.D. 1992. Guía para la evaluación del cortadillo en el estado de Coahuila. Folleto Técnico No. 3 INIFAP-CIRNE-Campo Experimental "La Sauceda". Saltillo, Coah. México 13 p.
- Villar-Salvador, P., Pañuelas-Rubira, J., Valencia-Gómez, E. y Cuadrado-Corz, J. 2008. El crecimiento de los brinzales de *Quercus coccifera* y *Q. faginea* responde de manera diferente a la fertilización con nitrógeno. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28: 117-182.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTA DE *Prosopis laevigata* PRODUCIDA EN VIVERO CON LA APLICACIÓN DE *Rhizobium* EN EL SUSTRATO

Homero Sarmiento López ^{1*}, Yessica Guzman², José Ángel Sigala Rodríguez¹, Erickson Basave Villalobos¹, Maihualy Martínez Fernández¹

1 INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Carr. Durango-El Mezquital km 4.5 Durango, Dgo. México. C. P. 34170. 2 Facultad de Ciencias Forestales Universidad Juárez del Estado de Durango. Rio Papaloapan y BLVD Durango S/N, Colonia Valle del Sur. Durango, Dgo. México C.P. 34120

* sarmiento.homero@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El mezquite es una especie importante que provee de alimento, refugio a fauna silvestre, controla la erosión, fija nitrógeno atmosférico al suelo lo que mejora su fertilidad (Carrillo, 2006). Aprovecha eficientemente agua y nitrógeno ya que posee las tasas fotosintéticas más altas, incrementa el contenido de materia orgánica de los suelos, mejora la capacidad del suelo al almacenamiento de agua y la tasa de infiltración (Ruiz, 2011).

El mezquite al igual que otras leguminosas tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico debido a la asociación de sus raíces con bacterias del género *Rhizobium* (Madigan *et al.*, 2003). Las leguminosas y el mezquite pueden tener vida libre, sin embargo, su asociación les provee beneficios al formar nódulos fijadores de nitrógeno, que son estructuras especializadas que comunican a la planta con la bacteria y viceversa (Gibson *et al.*, 2008), y estimulan el crecimiento de las raíces de las plantas (Santillana *et al.*, 2005).

El uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, tiene beneficios en el crecimiento de las plantas: incrementa la biomasa y mejora la fertilidad del suelo (Colon *et al.*, 1999). En la evaluación de fertilización e inoculación con rizobios sobre el crecimiento de plantas de *Prosopis alba* en condiciones de vivero Salto *et al.*, (2015) encontraron que la inoculación de semillas con rizobacterias específicas estimuló un mayor número de nódulos, pero no presentó efecto en la altura de la planta, pero el diámetro aumentó en plantas inoculadas. Es importante observar el efecto de la inoculación de rizobios en especies que se producen para los programas de reforestación en México, por lo que el objetivo del estudio fue evaluar la inoculación de *Rhizobium* aplicado al sustrato para producir plantas de *Prosopis laevigata* en condiciones de vivero, como alternativa para incrementar los indicadores morfológicos de calidad de planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el vivero de INIFAP-Durango, ubicado en las coordenadas 23° 58' 23"N y 104° 37' 26". Para la producción de la planta, el envase utilizado fue charola de 25 tubetes desmontables con un volumen por tubete de 280 mL (18 cm de largo y 5.5 cm de ancho), y previo a su uso fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 2 %. La semilla de mezquite fue cosechada en Aldama Chihuahua coordenadas geográficas 29°00' N y 105° 50' O (cosecha año 2013). Como tratamiento pregerminativo la semilla fue sumergida en agua a una temperatura de 94 °C durante tres minutos, se colocó en papel absorbente con el que fue secada y se impregnó con fungicida benomilo para evitar daño durante la germinación por hongos fitopatógenos.

La mezcla de sustrato fue conformada por diferentes proporciones en volumen de mezcla base (MB: 50 % peat moss, 40% corteza de pino composteada y 10 % de perlita) y tierra de limo (T). Las proporciones utilizadas fueron 100 % MB + 0 % T, 95 % MB + 5 % T y 90 % + 10 % T. Se probaron también dos dosis de fertilizante de liberación lenta multicote (10-6-12): 4 kg/m³ y sin fertilizante; adicionalmente se probaron tres dosis de inoculo de *Rhizobium etli* : 0, 0.5 y 1.5 g de producto comercial. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 3x3x2.

La unidad experimental estuvo compuesta por 10 plantas y por cada tratamiento se tuvieron cuatro repeticiones. La siembra consistió en depositar la semilla en el sustrato a una profundidad de 1 cm y tapada con el mismo sustrato. Durante el crecimiento de la planta, los nutrientes fueron aportados dos veces por semana mediante la incorporación de fertilizante en el agua de riego (28 g de fosfato mono amónico soluble 12-61-0 y 15 g de sulfato de potasio soluble 0-0-52 disueltos en 50 litros de agua). Tres meses después de la siembra, las plantas fueron extraídas y fueron evaluadas en laboratorio. Las variables medidas fueron altura, diámetro, biomasa seca de la raíz y biomasa seca de la parte aérea mediante la metodología descrita en Prieto *et al.*, (2009). También se midió el volumen de la raíz, sumergiendo la raíz de la planta en una probeta graduada de 250 mL con agua, midiendo el volumen desplazado. Se realizó un conteo de nódulos visibles en la raíz. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, donde hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), se realizó la prueba de separación de medias por el método de Tukey. En el caso del conteo de nódulos se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis. El software utilizado fue Infostat® (Di Rienzo *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Factores y tratamientos evaluados

Tratamiento	Fertilizante* kg/m ³	Sustrato (MB % : T %)**	Inóculo <i>Rhizobium etli</i> g/L de sustrato
1	4	100:0	0
2	4	100:0	0.5
3	4	100:0	1
4	4	95:5	0
5	4	95:5	0.5
6	4	95:5	1
7	4	90:10	0
8	4	90:10	0.5
9	4	90:10	1
10	--	100:0	0
11	--	100:0	0.5
12	--	100:0	1
13	--	95:5	0
14	--	95:5	0.5
15	--	95:5	1
16	--	90:10	0
17	--	90:10	0.5
18	--	90:10	1

* Multicote® (18-6-12).

**MB = Mezcla base: peat moss 50%, corteza 40% y agrolita 10%. T: tierra de limo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las variables excepto el volumen de la raíz, el factor fertilización tuvo diferencias significativas ($p < 0.05$), lo cual indica que adicionar multicote® al sustrato influyó en los indicadores morfológicos evaluados. En el factor sustrato solo se observaron diferencias en la variable diámetro, y el factor inóculo *Rhizobium* presentó diferencias en todas las variables excepto volumen de la raíz. En el tratamiento fertilización x sustrato no presentó diferencias en la variable volumen de la raíz y en resto de las variables existieron diferencias significativas. En el tratamiento fertilización x inóculo *Rhizobium* existieron diferencias significativas para todas las variables. En el tratamiento sustrato x inóculo *Rhizobium* y fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* existieron diferencias significativas para todas las variables (Cuadro 1).

Cuadro 2. Valores de significancia obtenidos del análisis de varianza para las variables respuesta evaluadas en plantas de *Prosopis laevigata*.

Fuente de variación	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa seca de raíz (g)	Biomasa seca aérea (g)	Volumen de la raíz (mL)
Fertilización (Fert)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0567
Sustrato	0.9313	0.0422	0.2025	0.5950	0.2124
Inóculo <i>Rhizobium</i>	0.0010	0.0081	0.0112	0.0003	0.0653
Fert x Sustrato	0.0111	0.0391	0.0031	0.0110	0.0940
Fert x inóculo <i>Rhizobium</i>	0.8643	0.5218	0.9318	0.9218	0.1106
Sustrato x inóculo <i>Rhizobium</i>	0.0090	0.0004	<0.0001	0.0007	0.0095
Fert x Sustrato x <i>Rhizobium</i>	0.0048	0.0033	0.0010	0.0001	0.0001

Diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la variable altura, para el factor fertilización sobresalió la aplicación de multicote®, con un valor de 18.75 cm, y donde no se aplicó el multicote, se obtuvo una altura promedio de 14.71 cm. En el factor sustrato no se presentaron diferencias ya que se obtuvieron promedios de 16.87, 16.73 y 16.60 cm para los niveles 0%, 5% y 10%, respectivamente. El factor inóculo *Rhizobium* presentó un efecto negativo, ya que donde se aplicó 0 g/L de *Rhizobium* se obtuvo una altura de 17.99 cm, seguido por un valor de 16.86 cm con 0.5 g/L de *Rhizobium*, mientras que el valor más bajo 15.35 cm se produjo con la dosis de 1g/L de inóculo de *Rhizobium*. En el tratamiento fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* sobresalió el tratamiento compuesto por la fertilización inicial 0% de tierra + 0.5 g/L de inóculo *Rhizobium* ya que en este se obtuvo una altura promedio de 22.63 cm.

En la variable altura, para el factor fertilización se obtuvieron valores de 3.01 y 2.73 mm respectivamente, siendo el mejor el que contenía la fertilización con multicote®. En el factor sustrato aplicando el mayor porcentaje de tierra en el sustrato, favoreció el crecimiento en diámetro, los valores fueron 2.97 mm para el 10%, siguiéndole el 2.85 mm con 5% y el promedio más bajo (2.79 mm) para el 0% de tierra. En el factor inóculo, la prueba agrupó 0 y 0.5 g/L en el grupo superior, con valores de 2.95 y 2.92 mm, respectivamente y el más bajo (2.74 mm) se obtuvo con el inóculo *Rhizobium* a razón de 1 g/L. En el tratamiento fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* se obtuvieron valores de 2.16 mm a 3.41 mm, presentando el mayor diámetro el tratamiento con multicote®, 0 % de tierra y con 0.5 g/L de inóculo *Rhizobium* obteniendo un promedio de 3.41 mm.

En la variable biomasa seca raíz, para el factor fertilización se tuvieron valores de 0.33 g con el uso de multicote® y 0.25 g sin el uso de multicote®. Se formó un solo grupo estadístico en el factor sustrato con valores de 0.31, 0.28 y 0.28 g para 0, 5 y 10% de tierra, respectivamente. En el factor inóculo *Rhizobium* se mostraron diferencias significativas, se formaron tres grupos estadísticos con valores de 0.32, 0.29 y 0.26 g respectivamente, el mayor lo obtuvo el tratamiento con 0 g/L de inóculo. En el tratamiento fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* sobresalió el tratamiento 0% de tierra y 0.5 g/L de *Rhizobium* con fertilización con multicote®.

En la variable biomasa seca aérea, en el factor fertilización, fue mejor el que contenía fertilización con multicote®, con valores de 0.82 g, y el más bajo (0.53 g) fue sin multicote®. En el factor sustrato, los valores obtenidos fueron 0.70, 0.68 g y 0.65 g para 0, 5 y 10% de tierra, respectivamente. En el factor inóculo *Rhizobium* se formaron dos grupos estadísticos, el primer grupo con valores de 0.76 y 0.70 g donde sobresalen las aplicaciones de 0 y 0.5 g/L de *Rhizobium*, mientras que el grupo estadístico que presentó el menor valor de biomasa (0.58 g) fue la dosis mayor de *Rhizobium*. En el tratamiento fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* los valores variaron de 1.17 a 0.27 g, sobresaliendo la interacción con uso de multicote® + 0.5 g/L de *Rhizobium* + 0.00 % de tierra.

Para la variable volumen de raíz, en el factor fertilización se obtuvieron valores de 0.66 mL para el tratamiento con multicote® y 0.58 mL sin multicote®. Con relación a esta variable, en el factor sustrato se obtuvieron valores de 0.67, 0.62 y 0.58 mL para 0, 5 y 10% de tierra, respectivamente. En el factor *Rhizobium* se formaron tres grupos estadísticos, en los que se distingue 0 g/L de *Rhizobium* con un valor de 0.69 mL, el segundo grupo estadístico obtuvo un valor de 0.62 mL con 0.5 g/L de *Rhizobium*, mientras que el tercer grupo estadístico estuvo compuesto por 1g/L de *Rhizobium* con un valor de 0.57 mL. En el tratamiento fertilización x sustrato x inóculo *Rhizobium* sobresalió el tratamiento conformado por 0% de tierra, 0% *Rhizobium* y sin fertilización inicial en el cual se obtuvo un volumen de 1.04 mL.

Para la variable nódulos visibles no existieron diferencias significativas, presentándose escasamente nódulos sólo en los tratamientos siguientes: sin fertilizante + MB 95 % + Tierra 5% + *Rhizobium* 0.5 g/L, sin fertilizante + MB 95 % + Tierra 5% + *Rhizobium* 1.0 g/L y sin fertilizante + MB 90 % + Tierra 10% + *Rhizobium* 0.5 g/L, presentando un promedio general de nódulos de 1.33%.

CONCLUSIONES

El tratamiento que promovió el crecimiento en altura, diámetro y biomasa fue el compuesto por mezcla base 100% + 0% tierra + *Rhizobium* 0.5 g/L y fertilización con 4 kg multicote® por metro cúbico de sustrato. El tratamiento que mejores resultados obtuvo para el volumen de raíz fue el compuesto por MB 100% + tierra 0% +0.0 g/L de fertilización con Multicote®, seguido por el compuesto de mezcla base 100% + 0% tierra + *Rhizobium* 0.5 g/L y fertilización con 4 kg multicote® por metro cúbico de sustrato. Los tratamientos no promovieron la aparición de nódulos fijadores de nitrógeno en plantas de *Prosopis laevigata* de tres meses de edad.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrillo F. R. 2006. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquites nativos (*Prosopis glandulosa* Torr, var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 6: 47-54.
- Colón F. J. J., Gutiérrez M. F. J., Ruíz P. M. y Probanza L. A. 1999. Incremento de parámetros biométricos y de la actividad biológica rizosférica de *Pinus pinea* mediante la utilización de bacterias promotoras del crecimiento y ectomicorrizas. Universidad San Pablo CEU. Fac. CC. Experimentales y Técnicas, Urb. Montepríncipe, Ctra. Boadilla del Monte 28668 Madrid. pp: 1-5.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gibson K. E., Kobayashi H. y Walker G., C. 2008. Molecular determinants of a symbiotic chronic infection. Annual review of genetics. 42: 413-441.
- Prieto R. J. A., Sigala R. J. A., Pinedo L. S., García R. J. L., Madrid A. R. E., García P. J. L. y Mejía. B. J. M. 2009. Calidad de planta en los viveros forestales del estado de Durango. Publicación especial número 30. Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP- Durango. 81p.
- Ruíz T. D. R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. p. 114.
- Salto C. S., Oberschelp J., Melchiorre M., Pozzi E. y Hsrrand L. 2015. Efecto de la fertilización e inoculación con Rhizobios sobre crecimiento de plantines de algarrobo blanco en condiciones de vivero. XXIX Jornadas forestales de entre ríos. Córdoba, Argentina. 5p. http://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2015/Fertilizacion-yrizobios-en-algarrobo_Salto-et-al.pdf
- Santillana N., Arellano C. y Zúñiga, D. 2005. Capacidad del Rhizobium de promover el crecimiento de las plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Millar). Rev. Ecología Aplicada Diciembre Año/vol 4(1,2): 47-51.

EFECTO DE LA APLICACION DE EXTRACTOS DE *Cuminum cyminum* sobre el crecimiento *Xanthomonas campestris* Y *Pseudomonas syringae* AISLADAS DE FRIJOL VARIEDAD PINTO SALTILLO

Daniela Vitela Reyes*, Lizeth Martínez Domínguez, Mirka Maily Acevedo Romero, Erika Cecilia Gamero Posada, Sonia Valdez Ortega

Instituto Tecnológico Del Valle Del Guadiana, Km 22.5 Carretera Durango-México, Villa Montemorelos, Dgo. , México. C.P. 24371. *e-Mail: vitela.danie@gmail.com

INTRODUCCION

El frijol en México se considera un producto estratégico en el desarrollo rural y social del país, ya que representa toda una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones tanto de carácter alimentario como para el desarrollo socioeconómico. El cultivo de esta leguminosa se realiza en las 32 entidades del país, ocupando el cuarto lugar en cuanto a superficie sembrada. (Secretaría de Economía, 2012). A lo largo de la historia, el frijol se ha convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un elemento de identificación cultural, comparable con otros productos como el maíz y el chile, que son básicos para explicar la dieta alimentaria de la población mexicana. Durango aporta aproximadamente un 11% del total de frijol producido en el país (SAGARPA, 2015). Entre los principales problemas de producción del frijol en México (*Phaseolus vulgaris* L.) se pueden mencionar las enfermedades bacterianas Tizón común y Tizón de halo, el primero es causado por (*Xanthomonas campestris*), está considerado entre los cuatro problemas fitopatológicos más importantes de México, se ha estimado que las pérdidas que provoca en el rendimiento varían del 15 al 30% (Sains *et al.*, 2008). Los síntomas se presentan en hojas, vainas, tallo y semillas. En hojas, se inicia como pequeñas manchas acuosas, que se oscurecen, aumentan de tamaño y se unen para dar aspecto de quema, con borde amarillo claro. La quema aparece principalmente en el borde de las hojas. En las vainas se ven pequeñas manchas húmedas, que se vuelven de color café oscuro con el borde rojizo. (Francisco, *et al.*, 2013). Por otra parte, el Tizón de halo causado por (*Pseudomonas syringae*), es generalmente la primera enfermedad foliar que se observa en los cultivos de temporal (Sains *et al.*, 2008), provoca manchas circulares, con el centro necrosado rodeado por un halo amarillento verdoso. Posteriormente el área necrótica se rasga y cae, si las condiciones son favorables hay defoliación. En las vainas se forman manchas circulares de aspecto grasoso, con exudados color crema cuando hay humedad relativa alta, al secarse dejan una lesión café rojiza (Rudolph, 1984; Schwartz, 1989, citados por Sains *et al.*, 2008). Combatir estas plagas es una prioridad, por lo que a lo largo del tiempo se

han usado diferentes métodos de control químico, actualmente se utilizan fungicidas a base de cobre para el manejo del tizón común. En el caso de tizón de halo se sugiere “curar” la semilla utilizando un antibiótico como la estreptomina para reducir la contaminación bacteriana de la cubierta de la semilla. Hay variedades con resistencia intermedia que mejoran la eficiencia del combate químico y ya que uso de antibióticos resulta caro y propicia la aparición de resistencia en el patógeno es preferente buscar otros métodos (Cid *et al.*, 2014). Hace algunos años, la ciencia busca opciones menos invasivas para el cultivo, el suelo y el propio consumidor. Se han estudiado métodos de control biológico, usando organismos o sus productos para el combate de problemas fitosanitarios provocados principalmente por bacterias, hongos y nematodos (Rincón, 2014). Más recientemente se ha buscado aprovechar las propiedades antifúngicas y antibacterianas de algunas plantas y semillas tal es el caso del *Cuminum cimum*. Estudios realizados, han mostrado que el comino tiene una potente actividad antimicrobiana sobre diversas especies de bacterias y hongos, tanto patógenas como no patógenas. Los estudios químicos realizados indican que la mayor parte de esta actividad antimicrobiana es debida al cuminaldehído (p-isopropil benzaldehído) presente en el fruto desecado de esta planta. (Carretero, 2010). Se han realizado pruebas con más de 30 bacterias patógenas, responsables de enfermedades en plantas y hongos cultivados. Por lo anterior la presente investigación tiene por objetivo evaluar la efectividad antimicrobiana de cuatro diferentes tipos de extractos de *C. cimum* sobre *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae* de frijol Pinto Saltillo (*Phaseolus vulgaris* L.), producido en la zona de los llanos del estado de Durango; las bacterias se aislaron y caracterizaron de cepas nativas a partir de semillas de *P. vulgaris* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el aislamiento de material biológico se utilizó la variedad (*Phaseolus vulgaris* L.) pinto saltillo producido en el municipio de Panuco de Coronado, Durango., Se pesaron 10g de semilla y cada grano fue sellado del hilum con pegamento de cianacrilato; Luego se desinfectó la semilla en 50 mL de una solución de hipoclorito de sodio al 2%, para posteriormente mantener la mezcla en agitación constante por 3 min, se recuperó la muestra por filtración, y se lavó en 250mL de agua destilada, para luego licuar en 90mL de diluyente Butterfield. Se realizaron tres diluciones decimales seriadas en diluyente de Butterfield a partir de la suspensión original. Cada dilución se sembró, por el método de extensión en superficie y siembra por estría al cuadrante en cajas Petri con medio selectivo para *Xantomonas spp.* y *Pseudomonas spp.* Las cajas se incubaron a 28° C por 24 a 48 h.

Se evaluaron atributos macroscópicos: color, forma, textura, elevación, bordes, y tamaño para identificar morfológicamente las colonias *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae*. Se les practicó la tinción de Gram a las colonias que morfológicamente poseían características coincidentes. Posteriormente se sometieron a pruebas metabólicas: utilización de carbohidratos, metabolismo oxidativo/fermentativo, producción de indol, movilidad, hidrolisis de gelatina, presencia de ureasa, generación de ácido sulfhídrico, formación de gas, utilización de citrato. Se incluyó la prueba de producción de fluoresceína a las cepas identificadas como *Pseudomonas spp.*

Se llevó a cabo un proceso de obtención de aceite mediante arrastre de vapor por método directo con la finalidad de obtener además del aceite, una infusión concentrada obtenida de la mezcla entre planta y agua que permanecen en el matraz en que se origina el vapor después de la extracción del aceite. Se realizaron 3 extracciones usando un total 300 g de comino.

Los productos obtenidos de las extracciones se clasificaron como aceite, extracto acuoso (solución acuosa obtenida de la separación de aceite posterior a la destilación), infusión y posteriormente se elaboró un té de comino colocando 10 g en 250 mL de agua y llevándolo a ebullición durante 10 min.

Para evaluar la sensibilidad de *Xanthomonas campestris* a los extractos, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 6x5. El factor A correspondió a los diferentes extractos y como niveles: aceite, aceite diluido (aceite-agua 1:1 (agua-twin 80 3:100)), extracto acuoso, infusión, té y un control negativo; para el factor B, se utilizó diluyente de Butterfield, para preparar cinco diluciones bacterianas seriadas decimales (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000), a partir de una colonia.

En el caso de *Pseudomonas syringae* se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x5, asignando tres niveles para el factor A correspondiente a los extractos: aceite, extracto acuoso y control negativo; y cinco niveles al factor B correspondiente a las diluciones (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000).

Para realizar las pruebas de capacidad antimicrobiana de cada extracto, para cada uno de los patógenos fueron sembradas por duplicado en cajas Petri las diluciones. Se realizó una difusión radial sobre la superficie de una placa de agar, se inoculó una cantidad de bacterias, usando la técnica de extensión en superficie con inóculos de 100 μ L, se colocaron discos de papel de filtro de 2 cm de diámetro en el centro de las cajas, previamente impregnados de extracto y posteriormente se incubaron a 28°C durante 24 a 48 h. Finalmente, se midió el diámetro de los

halos de inhibición utilizando un Vernier.

Los datos obtenidos de las mediciones se analizaron mediante un análisis de varianza, usando la prueba de Tukey con un nivel de significancia 0.1 utilizando el software InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la coincidencia con las características macroscópicas, microscópicas y metabólicas de *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae*, reportadas por Gamero *et al.* (2014) se observa que las cepas aisladas en los medios de cultivo YCA y B-King corresponden a estos patógenos.

Cuadro 1. Características macroscópicas, microscópicas y metabólicas de *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae*

Pruebas	<i>X. campestris</i>	<i>P. syringae</i>
Morfología colonial		
Color	Amarillo	Blanco-Crema
Forma	Redondas	Redondas
Textura	Mucoide	Cremosa-Mucoide
Elevación	Plana-Convexa	Plana-Convexa
Bordes	Irregulares	Lisos-Irregulares
Microscopia		
Gram	-	-
Forma	Bacilos-Cocobacilos	Bacilos
Metabolismo		
Utilización de Carbohidratos	G+ L- S-	G- L- S-
Utilización de Citrato	-	+
Movilidad	+	+
Producción Indol	-	-
Ureasa	-	-
Hidrolisis de Gelatina	-	-
Oxidación/Fermentación	O	O/F
Fluorescencia en B-King	-	+

G= Glucosa, L= Lactosa, S= Sacarosa, + Prueba positiva, - Prueba negativa, O= metabolismo oxidativo, F= Metabolismo Fermentativo

Las curvas de crecimiento muestran que en el caso de *X. campestris* se presenta de manera inmediata el crecimiento exponencial en las primeras dos horas y a partir de este tiempo se estabiliza una reproducción con tendencia más lineal, sin embargo, no entra en estado estacionario hasta después de las 25 horas. Por su parte *P. syringae* muestra de igual manera un crecimiento inmediato (cero horas) pero no tan acelerado como la causante del tizón común. Se aprecia en ambas curvas la ausencia de la fase de latencia por lo que ambas bacterias demuestran una fuerte capacidad de adaptación, esto se demuestra en los resultados de sus tiempos de generación que también son relativamente cortos, ya que de acuerdo a los cálculos *X. campestris* ha duplicado su población apenas pasadas cuatro horas y *P. syringae* reporta un

tiempo de cinco horas para lograrlo. En la Figura 1 se observan las curvas de crecimiento de las bacterias midiendo el porcentaje de absorbancia respecto al tiempo.

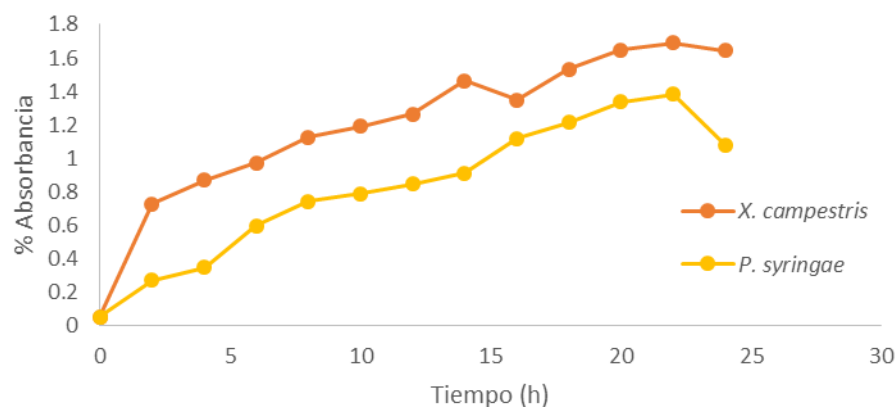


Figura 1. Curvas de crecimiento de *X. campestris* y *P. syringae*, aisladas de *P. vulgaris* L. variedad pinto Saltillo

Respecto a la obtención de extractos a partir de *C. cyminum* se llevaron a cabo tres extracciones por arrastre de vapor, a partir de las cuales se obtuvo en promedio 2.28 mL de aceite esencial, dicho rendimiento coincide con el reportado por Romero *et al.* (2007). A partir de cada experimento se colectó una fracción de la mezcla de comino y agua procedentes del matraz de destilación, la cual se filtró y se identificó como infusión. Se obtuvieron en total 240 mL. Al realizar la decantación del aceite se reservó también el agua de esta separación que fue denominada extracto acuoso de la cual se obtuvieron 250 mL.

Los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos a partir de la confrontación de la capacidad antibacteriana de los diferentes extractos de *Cuminum cyminum* arrojaron que en el caso de *P. syringae* causante de Tizón de Halo, ninguno de los tratamientos mostró diferencia significativa con el control negativo ($p > 0.05$). Dichos resultados coinciden con Iacobellis *et al.* (2005), quien reportó que la efectividad antibacteriana del aceite de *C. cyminum* fue particularmente alta frente a los géneros *Clavibacter*, *Curtobacterium*, *Rhodococcus*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Ralstonia* y *Agrobacterium* pero menor frente a bacterias pertenecientes al género *Pseudomonas*.

Por otra parte, el análisis de varianza aplicado a los datos obtenidos de la evaluación del efecto de extractos de *Cuminum cyminum* sobre la viabilidad de *X. campestris*, muestra que existe diferencia significativa en los tratamientos ($p < 0.01$). La prueba de diferencia de medias de Tukey ($\alpha = 0.1$) de los niveles del factor A (extractos) indica que los mejores resultados se obtienen con el aceite y la infusión, así como la dilución de aceite, que muestra diferencia

significativa con el control negativo, pero no con la misma efectividad de los dos anteriormente mencionados. El extracto acuoso y el té, no mostraron diferencia significativa con el control negativo (Figura 2a). En cuanto al factor B (diluciones) solo la dilución (1:100000) mostró diferencia significativa respecto a las demás (Figura 2b).

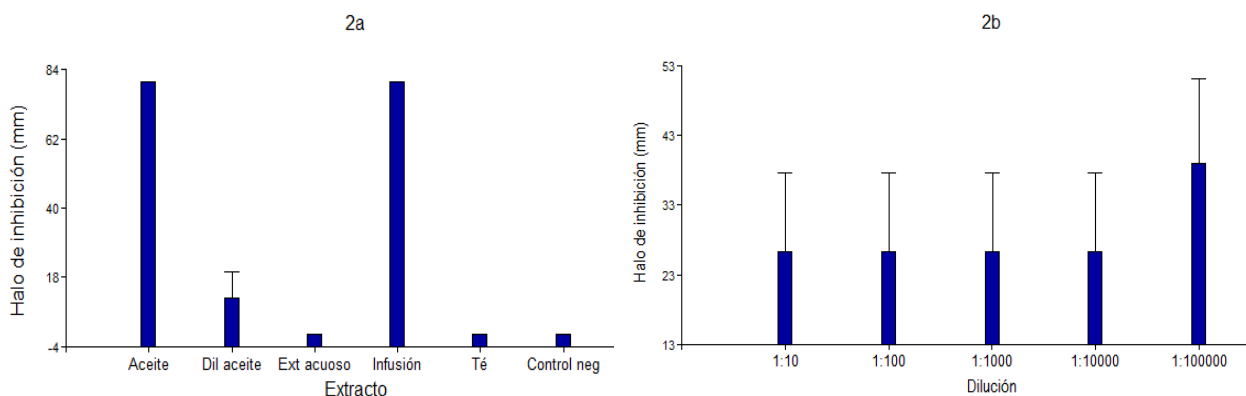


Figura 2. Efectividad de extractos de *C. cyminun* sobre *X. campestris* $p < 0.01$, $\alpha = 0.1$. se muestra error estándar.

La similitud en la efectividad mostrada por el aceite y la infusión, probablemente se deba a que no se logró la extracción completa de los compuestos que funcionan como activos antibacteriales y los que quedaron en la infusión alcanzaron concentraciones suficientes para evitar el crecimiento de *X. campestris*, ya que ambos extractos mostraron inhibición completa en todos los niveles de dilución. La dilución de aceite por otra parte, solo mostró efectos inhibidores en los casos en que la concentración bacteriana fue menor (1:10000 y 1:100000), por lo que se pretende realizar un ajuste en la dilución para determinar la cantidad óptima de aceite en dilución, lo anterior permite inferir por qué el extracto acuoso y el té no fueron efectivos y se atribuye a la baja concentración de aceite contenido y la falta de condiciones fisicoquímicas adecuadas para la liberación de ingredientes antibacteriales de *Cuminum cimynun* respectivamente.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados se concluye que el aislamiento de las cepas *X. campestris* y *P. syringae*, aisladas de *P. vulgaris* L. variedad pinto Saltillo fue exitoso, ya que se tuvo coincidencia con lo reportado con otros autores en cuanto la caracterización macroscópicas, microscópicas y metabólicas.

El aceite de *Cuminum cyminum* producto de las extracciones tiene la calidad adecuada para llevar a cabo las pruebas de inhibición. Se pretende continuar con la optimización de proceso en cuanto a gastos de energía y manejo de insumos que permita obtener mayor cantidad de aceite para futuras pruebas en campo por lo que ya se trabaja en el diseño experimental y la adaptación de un equipo de destilación que permita escalar la producción minimizando fugas de vapor y diferencias de presión. Otra mejora en proceso es a realización de los análisis al aceite para cuantificar el contenido de cuminaldehído, que según Iacobellis *et al.* (2005) es una de las principales sustancias que proporciona a este aceite su capacidad antibacterial.

Los extractos de *Cuminum cyminum* probados para inhibir el crecimiento de *P. syringae* no muestran efectividad por lo que se propone buscar nuevas especies sobre todo aquellas que poseen dentro de su composición carvacrol y timol.

En el caso de las confrontaciones extracto de *C. cyminum* contra crecimiento de *X. campestris*, se obtuvieron resultados favorables usando aceite e infusión, por lo que se continuará con pruebas para optimización de producción, concentración y dosis para futuras aplicaciones en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carretero Acame, M.E. (2010) Propiedades terapéuticas del comino. Panorama Actual del Medicamento, 34(335), 573-577
- Cid R, J. A.; Reveles H, M.; Velázquez V, R. y Mena C, J. 2014. Producción de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 63. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México, 69 p
- Francisco, N. F., Morales, G. G., Fuentes, Y. M. O., Castillo, F. D. H., Mendoza, A. B., & Reyes, F. C. Aspectos Fundamentales del Tizón Común Bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* Smith): Características, Patogenicidad y Control.
- Gamero, P. E. C.; Rosales, S. R.; Reyes, G. M. L.; Amezcua, R. M.; Silva, R. K. A. 2014 Evaluación de la Calidad Sanitaria y Nutricia del Frijol Producido dn Vicente Guerrero, Durango. Semana Internacional de Agronomía. Facultad de agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. México. P. p. 272-278
- Iacobellis, N. S., Lo Cantore, P., Capasso, F., & Senatore, F. (2005). Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of agricultural and food chemistry, 53(1), 57-61.
- Prudencio-Sains, J. M., Navarrete-Maya, R., Navarrete-Maya, J., & Acosta-Gallegos, J. A. (2008). Dinámica de los tizones común y de halo del frijol en el Valle de México. Agricultura técnica en México, 34(2), 201-212.
- Rincón-Enríquez, G., López-Pérez, L., & Quiñones-Aguilar, E. E. (2014). Efectividad biológica in vitro de actinomicetos sobre el agente causal del tizón de halo en frijol. Revista fitotecnia mexicana, 37(3), 229-234.
- Romero, E., Fuentes, S., Quiroga, V., García, V., Iriarte, A., & Saravia, L. (2007). Obtención de aceite esencial de comino utilizando concentradores solares. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables, 11, 17-22.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Durango. Segunda Edición. México. P. p. 63-70.

INFLUENCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES DE CACTÁCEAS

Rebeca Silvestre Martínez¹, Francisco Castillo Reyes^{2*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro, Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México C.P. 25315

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. (844) 4-82-81-90

*reyes.francisco@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

México, es considerado como un país con una de las floras más ricas del mundo, su máxima riqueza se encuentra en las regiones áridas y semiáridas, en donde la familia Cactáceae cuenta con la mayor diversidad de especies (Rzedowski, 1978; Toledo, 1988). Sin embargo, la gran demanda nacional e internacional de ejemplares de estas especies con fines hortícolas, ornamentales, forrajeros y medicinales, aunada a sus características biológicas, las colocan como una de las familias botánicas más amenazadas del planeta (Colunga *et al.*, 1986 y Casas *et al.*, 1999). Al respecto se han aplicado una serie de medidas regionales, nacionales e internacionales a fin de proteger, conservar y disminuir el impacto de las actividades humanas sobre las poblaciones naturales. En muchos casos establecen interacciones entre plantas y especies de HMA de manera que consiguen un mayor aprovechamiento del agua disponible y nutrientes presentes en el suelo. El objetivo de la investigación fue: determinar el efecto de las micorrizas en el crecimiento de cactáceas ornamentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en Campo Experimental Saltillo de INIFAP, localizado en carretera Saltillo-Zacatecas km 342, Hacienda de Buenavista, Saltillo Coahuila. Se trabajó bajo condiciones de invernadero del mes de marzo a el mes de agosto de 2017 con una temperatura mínima registrada de 22 °C y una máxima de 47 °C. Se trabajó con las especies *Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platycanthus* y *Ferocactus pilosus*. Para la aplicación de los tratamientos se utilizaron propágulos Micorrizicos de INIFAP^{MR} y el fertilizante 20-30-10 para uso de ornamentales. Se realizaron cinco tratamientos distribuidos, cada tratamiento consto de tres repeticiones de cinco plantas. La preparación de las soluciones se llevó a cabo, vertiendo, en el caso de FertiDrip (20-30-10) 3g a 600 mL de agua por tratamiento. En el caso de la Micorriza se vertió a 400 mL de agua 5 g.

Tabla 1. Distribución de tratamientos.

Tratamientos	Aplicaciones	Numero de aplicaciones
1	fertilizante 20-30-10	Unica aplicación
2	Micorriza	Unica aplicación
3	Micorriza con fertilizante	Aplicaciones cada 7 días
4	Micorriza con fertilizante	Aplicaciones cada 30 días.
5	Testigo	Riegos frecuentes

Los parámetros de medición fueron: diámetro de la planta, y altura de la planta, para la toma de la lectura se utilizó un Vernier, expresado en mm. Al trasplante los riegos se efectuaron dos veces por semana hasta obtener una buena hidratación de los ejemplares, Posteriormente se aplicaron una vez por semana. El riego se realizó manualmente a razón de 250 mL por ejemplar. La colecta de datos se realizó una vez por mes a partir de la primera aplicación de los tratamientos. El análisis de los resultados se efectuó con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial y pruebas de significancia (Duncan, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ferocactus pilosus

El diámetro de plantas al inicio de aplicación de tratamientos (primera toma de datos) no fue significativo ($P > 0.0508$). El diámetro promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 55.79 a 62.512 mm. El diámetro de plantas a los 120 días de tratamiento fueron los que se muestran en la Figura 1. Los resultados obtenidos por la aplicación de tratamientos, nos muestran diferencias significativas ($P < 0.0001$). Se observaron diferencias estadísticas respecto al diámetro promedio entre tratamientos, que varió de 70.552 a 76.065 mm para los tratamientos testigo y aplicación de micorriza cada 30 días, respectivamente. El mejor efecto se observó cuando se hace uso de la micorriza cada 30 días, seguido del Fertilizante 20-30-10 y Micorriza de única aplicación con 76.065, 73.632 y 72.369 mm, respectivamente. Las aplicaciones en conjunto micorriza y fertilizante tuvieron un buen efecto siendo la mejor, la aplicación cada 30 días.

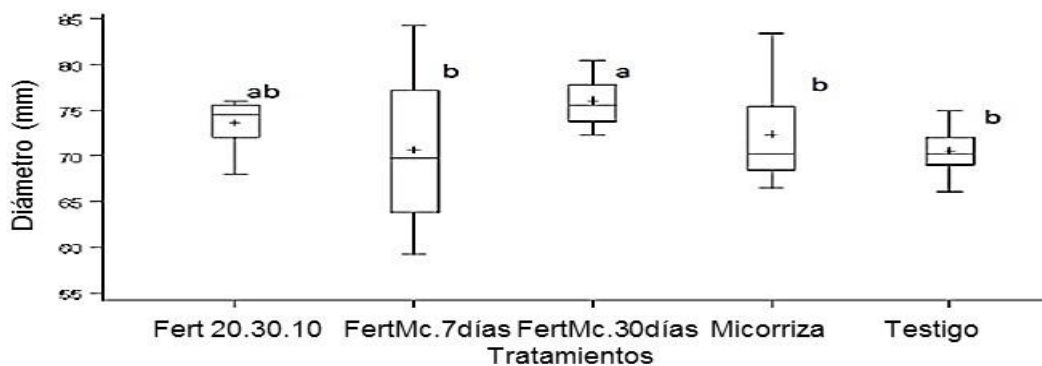


Figura 1. Diámetro promedio a los 97 días de aplicación de los diferentes tratamientos en *Ferocactus pilosus*.

La altura de plantas en *Ferocactus pilosus* a los cero días de tratamiento, no tienen diferencia significativa ($P < 0.1091$). La altura a los 120 días de la primera aplicación Figura 3. Siendo los resultados obtenidos por la aplicación de tratamientos, muestran diferencias significativas ($P < 0.0001$), es decir, se observaron diferencias estadísticas respecto a la altura promedio entre tratamientos, que varió de 54.702 y 69.993 mm para los tratamientos a base de Fertilizante 20-30-10 y aplicación de micorriza cada 30 días, respectivamente. El mejor efecto se observó cuando se hace uso de Micorriza cada 30 días, seguido del testigo con 69.993, 63.345 mm, respectivamente. Es decir, las aplicaciones en conjunto fertilizante y micorriza tienen un mejor efecto aplicándola cada 30 días que el hacerlo cada 7 días respecto a el testigo.

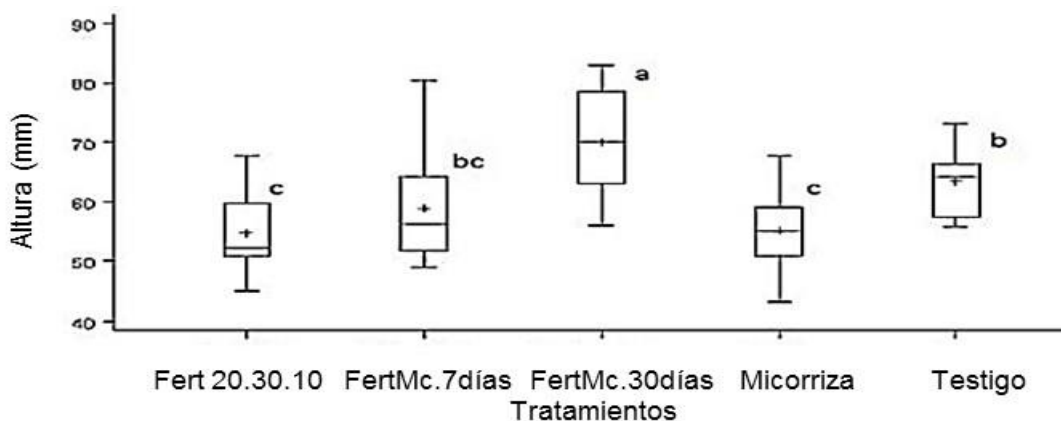


Figura 2. Altura promedio entre tratamientos a los 120 días en *Ferocactus pilosus*.

Echinocactus grusonii.

Se puede observar que hay diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre tratamientos a los cero días de aplicación, lo que nos dice que al inicio de las aplicaciones se tuvo una diferencia de medida de diámetro en las plantas a trabajar pues no era uniforme. El diámetro promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 60.961 y 69.324 mm, siendo el Testigo el de

mayor diámetro y el Fertilizante 20-30-10 el de menor, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 3. A los 120 días, se obtuvo una diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre tratamientos, que varió de 77.77 a 93.823 mm para los tratamientos, el testigo, aplicación de micorriza y fertilizante cada 7 días, respectivamente. En la figura 4. se muestran los diámetros promedio por efecto de tratamientos a los 120 días después de su aplicación. El mejor efecto se observó cuando se hace uso del fertilizante y micorriza en conjunto cada 7 días, seguido de fertilizante-micorriza cada 30 días y fertilizante 20-30-20 con 93.823, 89.393 y 86.112 mm, respectivamente. En Altura para *Echinocactus grusonii* a los cero días no hubo diferencia significativa ($P < 0.0087$) estadísticamente entre tratamientos. Teniendo un rango promedio de 40.181 a 49.039 mm. En la figura 5. Se muestra el comportamiento de los tratamientos a los 120 días. Se observó que si hay diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.0001$). teniendo un rango de altura promedio de 62.597 a 77.088 mm, siendo la micorriza (única aplicación) y fertilizante-micorriza cada 7 días, respectivamente. El tratamiento que mostro mejor resultado fue el de fertilizante-micorriza cada 7 días seguido del tratamiento fertilizante-micorriza cada 30 días y el tratamiento de fertilizante 20-30-10 (única aplicación), 77.088, 73.621 y 71.211 mm, respectivamente.

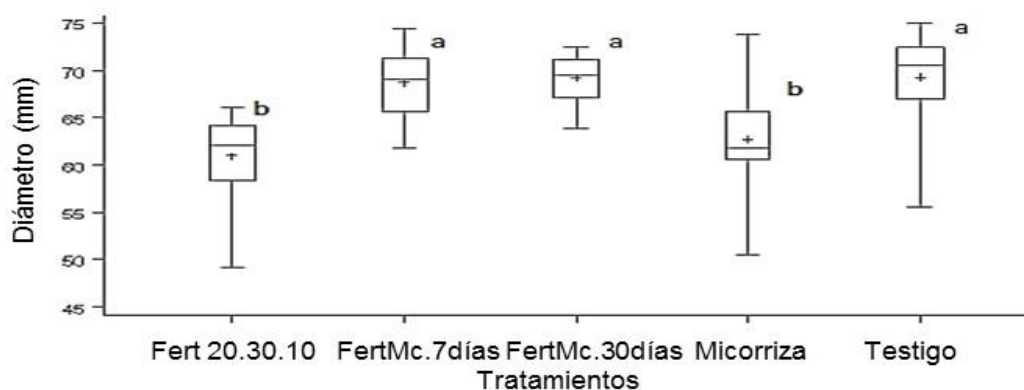


Figura 3. Diámetro promedio en cactaceas de la especie *Echinocactus grusonii* al momento de la primera aplicación.

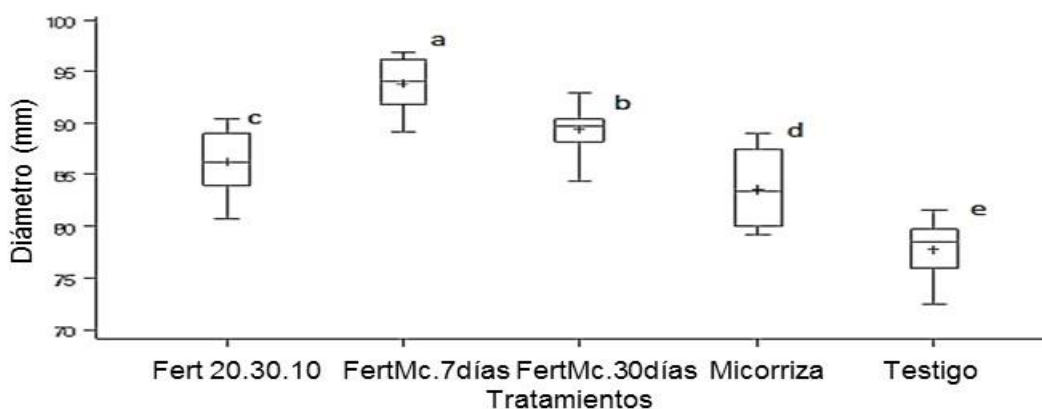


Figura 4. Diámetro promedio de tratamientos a los 120 días en *Echinocactus grusonii*.

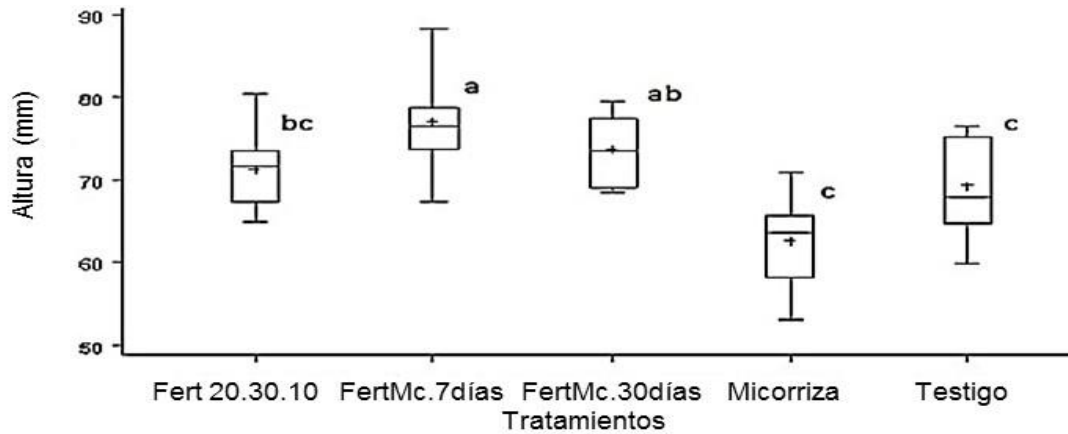


Figura 5. Altura promedio de tratamientos a los 120 días para *Echinocactus grusonii*.

Echinocactus platyacantus

El análisis de varianza realizado al momento de iniciar la aplicación de tratamientos fue significativo ($P < 0.0057$), es decir, hubo diferencias significativas respecto al diámetro entre plantas dentro de repeticiones y entre tratamientos. El diámetro promedio a los cero días entre plantas por tratamiento varió entre 50.547 a 54.675 mm, tal como se muestra en la Figura 6.

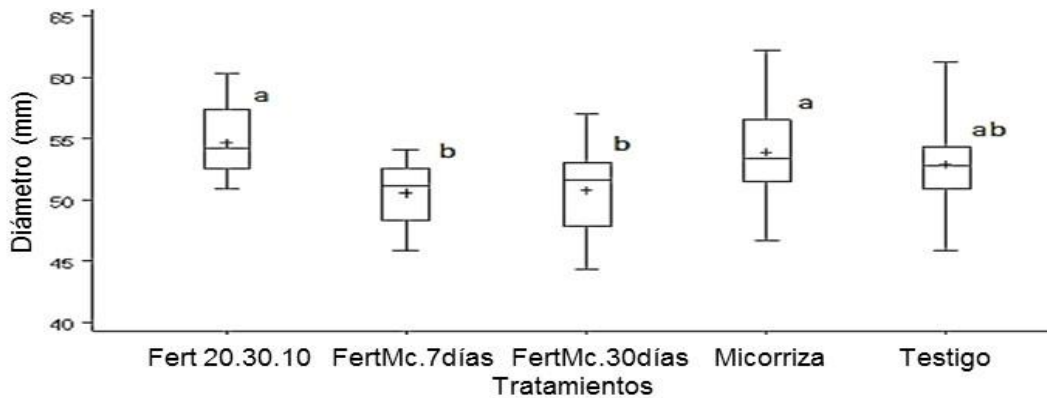


Figura 6. Diámetro promedio entre tratamientos a los cero días para *Echinocactus platyacantus*

A los 120 días figura 7. Nos dio como resultado una diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.0001$). Se obtuvo un rango de diámetro promedio de 65.048 a 70.34, para micorriza (única aplicación) y Fertilizante 20-30-10 (única aplicación), con 65.048 y 70.34 mm, respectivamente.

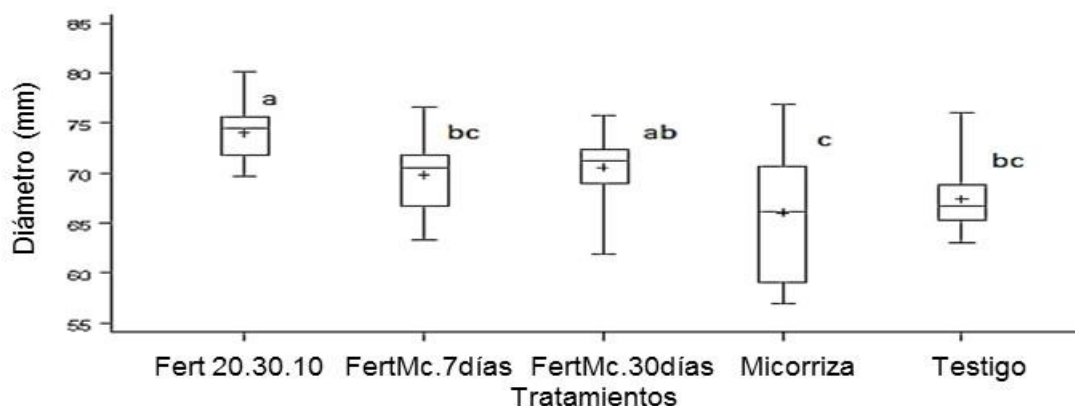


Figura 7. Diámetro promedio entre tratamientos a los 120 días de aplicación en *Echinocactus platyacanthus*

En altura de *Echinocactus platyacanthus* a los cero días no se obtuvo diferencia significativa ($P < 0.0146$) estadísticamente entre tratamientos. A los 120 días de tratamiento se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.0001$), habiendo un rango de altura promedio a los 120 días de 62.021 a 72.774 mm, para Fertilizante-micorriza cada 30 días y Fertilizante (única aplicación), respectivamente. Los mejores resultados se obtuvieron con el Fertilizante de única aplicación (72.774) y Fertilizante- micorriza cada 7 días (69.585) figura 8.

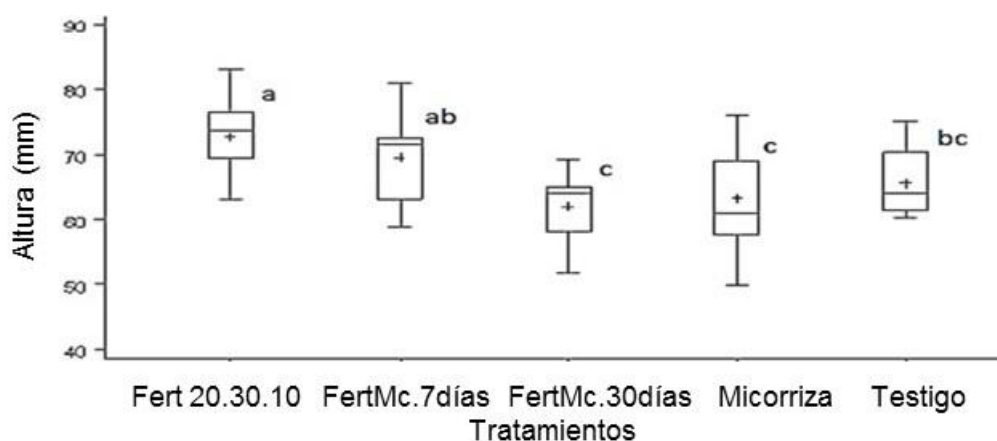


Figura 8. Altura promedio a los 120 días entre tratamientos para *Echinocactus platyacanthus*.

La micorriza actúa de una forma más lenta en *Ferocactus pilosus* y *Echinocactus grusonii*, sin embargo, en *Echinocactus platyacanthus*. En el caso de la micorriza por si sola probablemente no respondió como se esperaba a causa de falta de nutrientes o más hidratación ya que hace una asociación raíz-hongo y las dos partes se benefician en el aprovechamiento de nutrientes.

Marshner (2005) nos menciona que las plantas con respiración CAM (casi todas las cactáceas) prácticamente no presentan fase oxigenativa debido a que acumulan CO₂ con lo que estas

plantas producen más biomasa ya que aprovechan todo el CO₂ en formación de fotosintatos por lo tanto, tienen más desgaste de ATP. En este caso la cactácea bajo estas condiciones de invernadero y cantidades constantes de agua pasa más tiempo en fase oxigenativa y destina los nutrientes obtenidos a este proceso y por ello dejan de producir biomasa. Es por ello que la aplicación Fertilizante-micorriza cada 7 días no fue lo más conveniente y no fue el tratamiento de mayor resultado en forma general. En cambio, la aplicación de cada 30 días Fertilizante-micorriza obtuvo mejores resultados al igual que el fertilizante por sí solo.

CONCLUSIONES

La micorriza tiene un efecto positivo en el crecimiento de *Echinocactus pilosus*, *E. grusonii*, y *E. Platyacanthus* es decir, su crecimiento se ve favorecido por el uso de micorriza. Este crecimiento es mayor cuando se emplea en combinación con fertilizantes.

BIBLIOGRAFIA

- Casas, A., Caballero, J. and Valiente-Banuet, A.1999. Use, management and domestication of columnar cacti in south-central Mexico: A Historical.
- Colunga, G.M.P., E. Hernández-X y A. Castillo.1986. Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grado de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío Guanajuatense. *Agrociencia* 65:7-49.
- Rzedowski, J.1978. La vegetación de México. Ciudad de México: Editorial Limusa. México D.F.
- Toledo, V. M.1988. La diversidad Biológica de México. Ciencia y Desarrollo CONACYT. México, D.F.81: 17-30 p.
- Marshner, H. 2005. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition). Academic Press. p.606-623.

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RANGO TÉRMICO DE LA MOSQUITA BLANCA *Bemisia tabaci* EN CHILE *Capsicum annum*, PARA LOS ESTADOS PRODUCTORES DE CHILE SECO.

Casas-Flores José Israel¹; Medina-García Guillermo¹; Mena-Covarrubias Jaime¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. Autor responsable: casas.israel@inifap.gob.mx.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el resultado de un conjunto de actividades de impacto humano que han incrementado la concentración de gases (Efecto Invernadero), traduciéndose en un aumento paulatino y continuo de la temperatura media del planeta, siendo mayor en las últimas décadas (IPCC, 2007), es por eso que en la actualidad representa un tema de estudio y preocupación a nivel mundial, en áreas como la agricultura donde variables climáticas como la temperatura o la precipitación se ven afectadas por este cambio, la necesidad de investigaciones donde se pueda ver el comportamiento de cultivos, así como la posible afectación en su desarrollo, en su producción o en la aparición de plagas por esta variación en el clima es de suma importancia.

En México, en las zonas agrícolas donde se cultiva chile, *Capsicum annum*, el incremento en la temperatura es un factor clave que se ve afectado por el cambio climático (Garruña, 2012; Garruña-Hernández et al., 2012);, el cual comienza a representar un foco de atención para la producción de chile, esto principalmente en las regiones donde temperaturas mayores de 32°C afectan a las variedades adaptadas a diferentes zonas disminuyendo el amarre de flores y frutos o la deformación del tamaño característico de sus frutos por mencionar algunos ejemplos.

Otro riesgo ocasionado debido a las altas temperaturas, es la aparición de insectos plaga; estas plagas necesitan cierta cantidad de calor durante una cantidad de tiempo para su desarrollo (Kiritani, 1988), esto dependiendo de la especie y se le conoce como “rango térmico”, que son los grados de temperatura por arriba del límite umbral inferior y que se van acumulando día con día (Chaing, 1985), este acumulado se puede utilizar para su muestreo y su control posteriormente.

El objetivo de esta investigación es conocer como este rango térmico ha variado con el cambio climático para el caso de la mosquita blanca del camote, *Bemisia tabaci*, en el cultivo de chile, ya que la mosquita blanca afecta una amplia gama de cultivos agrícolas (Lee et al., 1997) en todo México, ocasionando daños al succionar la savia y secretar mielecilla que favorece el desarrollo de hongos que interfieren con la fotosíntesis del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí

Se utilizaron datos diarios de las estaciones de clima proporcionadas por la CONAGUA a través del Servicio Meteorológico Nacional, de temperatura máxima y temperatura mínima, en el periodo 1981-2010, seleccionando estaciones de más de 30 años y más de 90% de datos, dentro de cada año con 10 a 12 meses y se eliminaron las estaciones con periodos sin datos mayores de 5 años.

En la Figura 1 se muestra la ubicación de las 130 estaciones elegidas para el estudio, donde se puede ver que se incluyeron estaciones de todos los estados del área de trabajo, que es la región productora de chile seco.

A partir de los datos diarios de temperatura máxima y mínima, se obtuvieron datos horarios de toda la serie (Snyder, 1985). Con estos datos se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo dentro de los rangos óptimos y fuera de las temperaturas umbrales para mosquita blanca (Cuadro 1) durante el ciclo de cultivo. Con el número de horas de cada rango para el ciclo abril-octubre, de cada uno de los años de la serie de cada estación, se hicieron análisis regionales de tendencias.

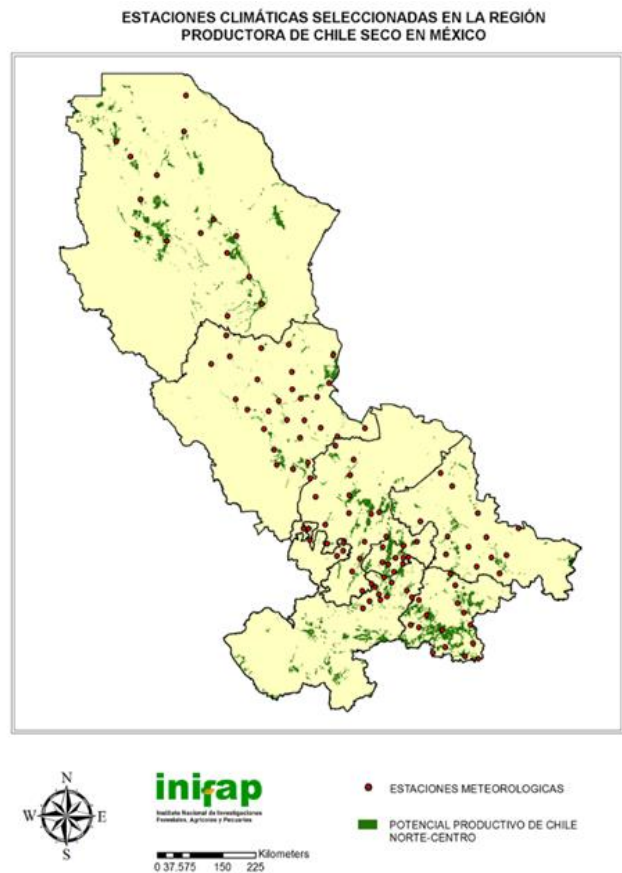


Figura 1. Estaciones climáticas utilizadas en el estudio.

Cuadro 1. Valores de Umbrales y óptimos de temperatura para *Bemisia tabaci* (Mosquita blanca).

	Umbral inferior	Óptimo	Umbral superior
Temperatura °C	9	28-33	35

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se presenta el mapa de la región de estudio con la superficie sembrada con chile por municipio, donde se observa que los municipios con mayor superficie sembrada están en los estados de Zacatecas y Chihuahua principalmente.

A partir de los datos diarios proporcionadas por las estaciones de CONAGUA, se obtuvieron datos horarios de temperatura, para calcular estos datos horarios se utilizó la máxima y mínima, los datos horarios obtenidos de estas estaciones, se validaron utilizando los datos horarios obtenidos de manera real a partir de las estaciones automáticas de clima de la red de monitoreo de INIFAP, los datos reales y los estimados se ajustaron a una regresión lineal, dando como resultado $R^2=0.9$, indicando así un buen ajuste.

SUPERFICIE SEMBRADA DE CHILE POR MUNICIPIO DENTRO DE LOS ESTADOS DEL ÁREA DE ESTUDIO SELECCIONADA.

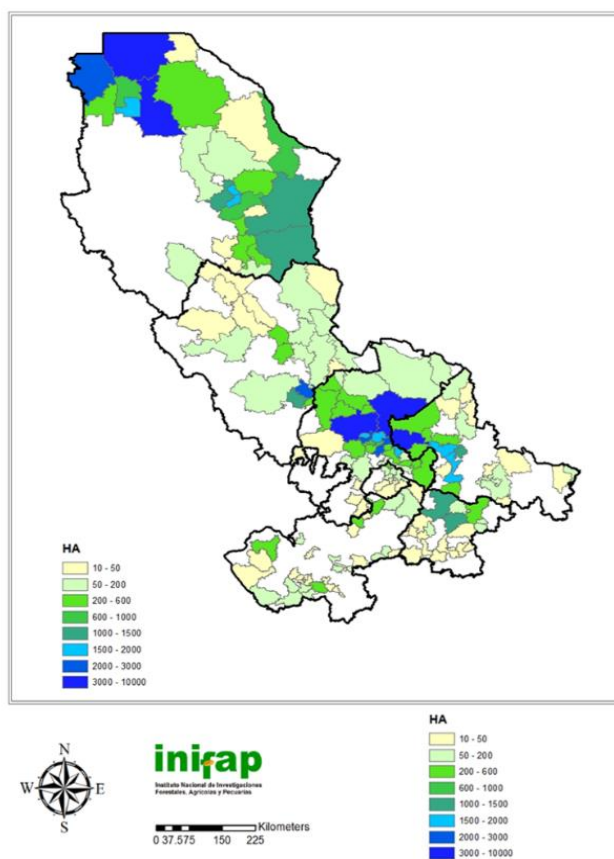


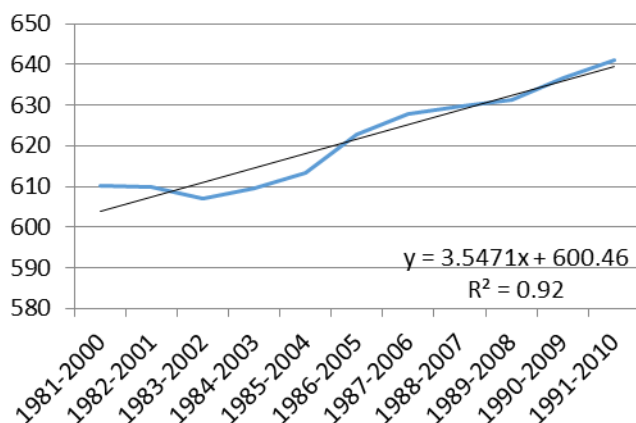
Figura 2. Superficie sembrada de chile por municipio.

Con estos datos se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo dentro de los rangos óptimos y fuera de las temperaturas umbrales para mosquita blanca en el ciclo de cultivo abril a octubre.

El análisis de tendencias históricas para mosquita blanca, *Bemisia tabaci*, se presenta en la Figura 3. En la Figura 3A se presenta la tendencia histórica del número de horas en el rango de temperatura óptima para el desarrollo de mosquita blanca (28 a 33°C), ahí se observa que el

número horas de este rango se ha ido incrementando, es decir, el número de horas con temperatura apropiada para el desarrollo de esta plaga es mayor y por lo tanto puede tener una mayor distribución y mayor número de reproducciones. El hecho anterior se confirma en la Figura 3B, donde se presenta la gráfica de tendencia de las horas con temperatura menor a la temperatura umbral mínima (9°C) para esta plaga, donde se puede ver su disminución, es decir, hay menos horas con temperatura fría que no es apropiada para la mosquita.

A) 28-33°C



B) < 9°C

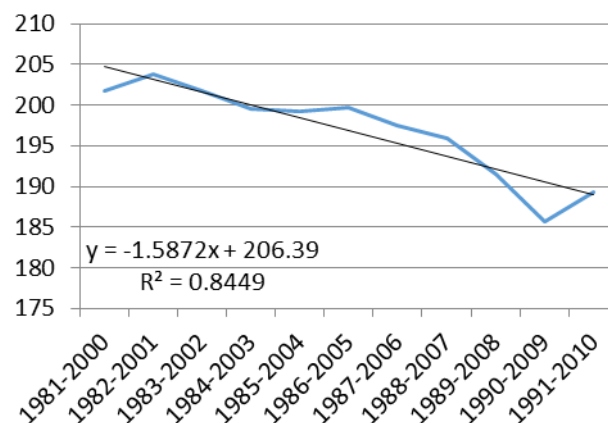


Figura 3. (A) Tendencia histórica del número de horas en el rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) (28 a 33°C) y (B) tendencia histórica del número de horas abajo del umbral mínimo (9°C).

CONCLUSIONES

El análisis de tendencia histórica obtenido para mosquita blanca, *Bemisia tabaci*, indica que el número de horas en el rango de temperatura óptima para su desarrollo que es de 28 a 33°C, se ha ido incrementando. La tendencia de las horas con temperatura menor a la temperatura umbral mínima que es de 9°C para esta plaga ha ido disminuyendo.

En general la tendencia de la temperatura es en aumento para los estados productores de chile seco, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí, representando un problema actual con vistas a futuro ya que está siendo más fácil alcanzar los umbrales de temperaturas necesarias para el desarrollo y reproducción de esta plaga afectando de esta manera en la producción de chile en esta región agrícola.

BIBLOGRAFIA

- Chiang, H.C. 1985. Insects and their Environment. En R.E. Pfadt (ed) "Fundamentals of Applied Entomology", Macmillan Publishing Company, N.Y., 742 p. (128-161).
- Garruña H., R. 2012 "Efecto del aumento de temperatura y CO2 como consecuencia del cambio climático sobre Capsicum chinense Jacq." Tesis doctoral. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Garruña-Hernández, R.; Canto A.; Mijangos- Cortés J. O.; Islas I., Pinzón L., and Orellana R. 2012. Changes in flowering and fruiting of Habanero pepper in response to higher temperature and CO2. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 10 3: 802 - 808.
- IPCC. 2007. The fourth assessment report. Intergovernmental Panel for Climate Change. Geneva Switzerland.
- Kiritani, K. 1988. Effects of climate change on the insect fauna. *Meteorol. Res. Rept.* 162:137–141
- Lee Chao S., T. J. Dennehy, and J. E. Casida 1997. Whytefly (Hemiptera: Aleyrodidae) binding site for imidacloprid and related insecticides: A putative nicotinic acetylcholine receptor. *J. Econ. Entomol.* 90: 879-882
- Snyder, R.L. 1985. Hand calculating degree days. *Agric. For. Meteorol.*, 35:353-358.

CONTROL DE CLAVO (*Pestalotiopsis* sp.) CON EXTRACTOS DE PLANTAS EN HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES

Ernesto González Gaona¹, José Saúl Padilla Ramírez², Candelario Serrano Gómez², Karla Vanessa de Lira Ramos², Roberto Sánchez Lucio³

¹ Estudiante de doctorado programa Biotecnología en Procesos Agropecuarios; Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico EL Llano, Aguascalientes eggaona@yahoo.com.mx; ² INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes; ³ INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit.

INTRODUCCIÓN

El uso de plaguicidas de síntesis química para el control de plagas ha revolucionado la agricultura a tal grado que se han vuelto indispensables para proteger los cultivos y producir cosechas con altos estándares de calidad, evitar el daño por plagas y enfermedades o extender el período de desarrollo de las plantas, e incrementar el rendimiento y la producción (Ravelo, 2009). Sin embargo, los plaguicidas pueden ocasionar la muerte de otros seres vivos a quienes no se dirigía el control, como plantas, animales silvestres y microorganismos benéficos, pudiendo afectar también la salud humana al ocasionar intoxicaciones durante su aplicación, transporte o comercialización.

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 que va al consumidor por lo cual su comercialización se puede restringir. El uso de insecticidas sin bases (sin conocimiento de la toxicidad al hombre y animales silvestres, grupos toxicológicos y residualidad) puede ocasionar problemas de resistencia a insecticidas, intoxicaciones y contaminación.

Existe una tendencia generalizada en la mayoría de los cultivos en disminuir el uso de insecticidas de amplio espectro y alta residualidad, por insecticidas más específicos y menos persistentes, en ocasiones provenientes de extractos de plantas como el neem (Tamez-Guerra y Nuñez-Mejía, 2007), rotenona, nicotina, etc. (González-Coloma *et al.*, 2007).

Para el control de calvo de la guayaba (*Pestalotiopsis* sp.), Mishra (2004) evaluó en laboratorio extractos de neem *Azadirachta indica* y albahaca morada *Ocimum sanctum* L. en la inhibición de la germinación de esporas “in vitro”, pero solo recomienda el uso de *O. sanctum* ya que el neem puede afectar el sabor de los frutos. Mientras que en Colombia se evaluaron tres extractos vegetales: eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.), menta (*Mentha piperita*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) sobre el desarrollo de colonias de *Pestalotia versicolor*, de los cuales el extracto de eucalipto mostró el mejor control e inhibición del crecimiento de la colonia (Quijada y

Gómez, 2005). Comprobándose los resultados en campo donde el extracto de eucalipto presentó un 89% de control (Parada, 2005; Quijada y Gómez, 2005)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento de control de clavo en la localidad "Las Moras" del área de Mesa Grande, Calvillo, Aguascalientes propiedad del Sr. Joaquín Velasco Luevano con coordenadas en 21° 47'09.4" y 102° con una altitud de 1,827 msnm, donde se detectó una infestación de la enfermedad en frutos en tamaño canica, donde se detectó un árbol con la presencia de ninfas y adultos de *Monalonion* sp. el 12 de octubre de 2016.

Después de seleccionar los árboles y antes de aplicar los tratamientos se removieron todos los frutos afectados (19 al 26 de octubre de 2016) actividad conocida como "blanqueo" y se aleatorizaron los tratamientos considerando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se consideraron los siguientes tratamientos 1) Biogober® (BG) un producto con base en extractos de gobernadora a dosis de 10cc/l de agua, 2) Extractos de eucalipto rojo *Eucalyptus camaldulensis* (EER) a dosis de 50 ml de infusión (40 gr 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) Sulfato 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.

A todas las preparaciones se les adicionó 5.0 cc de Tamis® y 3 gotas de Tween 20® por litro de agua para mejorar la emulsión de los componentes y mejorar la adherencia a la planta. El establecimiento del experimento fue el 19 de octubre de 2016, cuando el fruto se encontraba en fruto canica (2.0 cm de diámetro) y se realizaron tres aplicaciones de los productos químicos y seis de los botánicos hasta el 07 de diciembre de 2016. Durante el 07 y 08 de diciembre se contabilizó toda la fruta presente en cada árbol y se cosecharon todos los frutos afectados para obtener el porcentaje de daño en cada tratamiento (incidencia), mientras que la severidad se evaluó mediante una escala de daño donde 1= ligera 1-3 clavos <10% de daño, 2= moderada 5-7 clavos alrededor de 15 a 20% de daño, 3= fuerte >10 clavos y 40-60% de daño y 4= muy fuerte >70% de daño (Figura1) (González *et al.*, 2009).



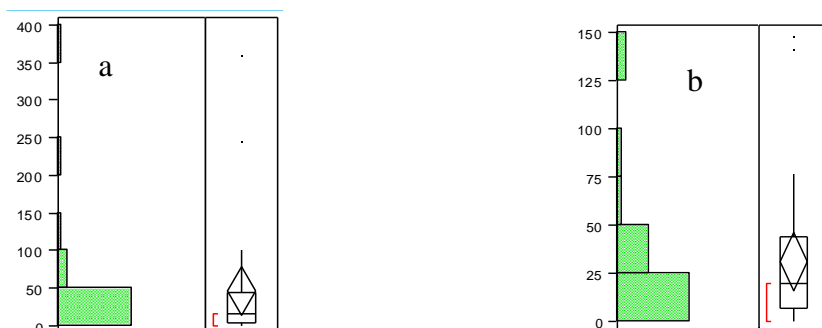
Figura 1. - Escala para evaluar la severidad del daño por clavo en frutos de guayaba. Donde 0 = sin daño (no mostrado); 1= ligera, de 1 a 3 daños aislados y/o menos del 10% del tejido dañado; 2= moderada de 5 a 7 clavos por fruto alrededor del 15 al 20% del tejido dañado; 3= fuerte, más de 10 clavos y del 40 al 60% de la superficie afectada; 4= muy fuerte, arriba del 70% de la superficie afectada.

Los datos se transformaron a raíz cuadrada de $X+0.5$ para disminuir la varianza y se analizaron mediante el programa JMP de SAS y las diferencias entre medias se compararon mediante Tukey al 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles bajo tratamiento presentaron en promedio 1,502 frutos (rango de 585 a 3,729), en el establecimiento del experimento presentaban 47 frutos con incidencia de clavo, con un rango de 0 a 361 frutos dañados por árbol representando una incidencia promedio del 3% (Figura 2). Después de la aplicación de los tratamientos, la incidencia independientemente de los tratamientos fue 31 frutos dañados con un rango de 0.0 a 148 frutos dañados por árbol, representando una incidencia promedio del 2%.

En el Cuadro 1 se muestra el promedio de frutos dañados por árbol, donde se observa que los tratamientos con el menor número de frutos afectados fueron el Malatión y los eucaliptos



australiano y rojo con 5, 10 y 11 frutos dañados por árbol respectivamente. Los de mayor número de frutos afectados fueron: la gobernadora y el testigo con agua con 91 y 65 frutos dañados. Los fungicidas de síntesis química como grupo tuvieron un comportamiento similar, con 22 frutos dañados lo cual es un poco inferior al de Biogober con 28 frutos dañados. Al transformar los datos a porcentaje de daño del total de frutos presentes por árbol, los frutos dañados en los tratamientos con gobernadora y el testigo con agua representaron el 5.3 y 4.6%, mientras, que, en el eucalipto australiano, rojo y el Malation representan el 0.4, 0.5 y 1.0%. Al realizar la comparación estadística de las medias mediante la prueba de Tukey no se detectaron diferencias estadísticas (Figura 3).

Figura 2.- Distribución del número de frutos dañados por árbol antes de iniciar el experimento (a) y después de la conclusión del mismo (b). El rombo dentro del recuadro indica la media de la muestra.

Cuadro 1.- Media y porcentaje de frutos dañados por árbol en los tratamientos bajo control de *Pestalotiopsis* sp. con extractos de plantas y fungicidas en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

Tratamiento	Media de Frutos dañados por árbol	% de frutos dañados por árbol
Biogober	28.0	2.2
Eucalipto rojo	11.3	1.0
Gobernadora	91.3	5.3
Eucalipto australiano	10.7	0.4
Cobre	23.7	1.6
Metalaxyl + Clorotalonil	23.3	3.2
Mancozeb	22.3	1.9
Agua	65.7	4.6
Malatión	5.3	0.5

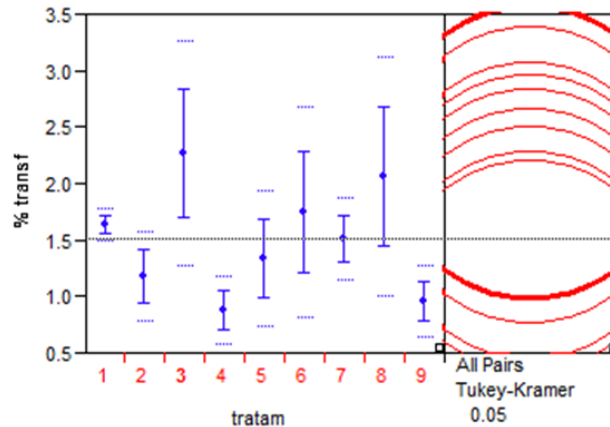


Figura 3.- Comparación de porcentajes promedio de frutos dañados por árbol en tratamiento de control de *Pestalotiosis* sp con extractos de plantas y fungicidas. en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

Respecto de la severidad (Figura 4) se observó que solo los tratamientos de Malatión y eucalipto australiano no mostraron frutos con daños muy fuertes. En el testigo y en la gobernadora se presentaron más de 10 frutos con daños fuertes y más de 25 frutos con daños medios. El eucalipto rojo, eucalipto australiano y el Malatión presentaron menos de 5 frutos con daños ligeros. En general predominaron los daños medios en todos los tratamientos a excepción de los fungicidas Mancozeb y Ridomil donde predominó el daño ligero o no existió una tendencia.

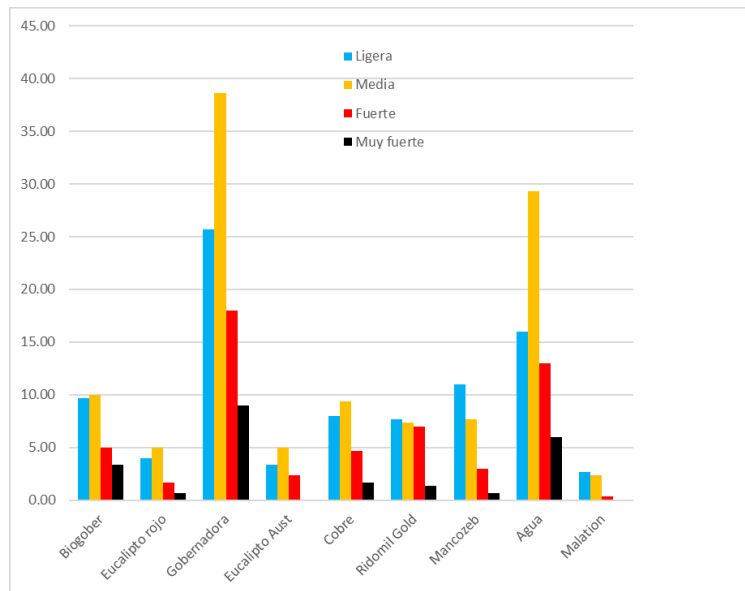


Figura 4.- Severidad de los frutos afectados por *Pestalotiopsis* sp. en experimento de control con extractos de plantas y fungicidas en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

CONCLUSIONES

Los extractos de plantas de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) y eucalipto australiano (*Eucalyptus gummifera*) mostraron porcentajes de daños similares al Malatión y mejores que los fungicidas de síntesis química evaluados.

Los extractos artesanales de gobernadora (*Larrea tridentata*) no mostraron control eficiente de la enfermedad mientras que la formulación comercial con base en gobernadora solo fue ligeramente superior al daño que el de los fungicidas sintéticos.

El insecticida Malatión fue uno de los mejores tratamientos en el control de esta enfermedad, lo cual muestra lo relevante del control del vector (*Monalonion* sp.)

BIBLIOGRAFÍA

- González-Coloma, A., M. Reina, B. M. Fraga, C. E. Díaz y R. Cabrera. 2007. Bioplaguicidas naturales para la protección de cultivos. In: Bioplaguicidas y Control Biológico. Lira-Saldívar, R. H. (ed.). Centro de Investigaciones en Química Aplicada - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monterrey, México. pp. 30 - 41.
- González, G. E., J. S. Padilla, R., M. A. Perales de la C. 2009. Estrategias para el Manejo del Clavo de la Guayaba (*Pestalotiopsis psidii*). Folleto Técnico Núm. 40. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 29 p.
- Mishra, A. K. 2004. Guava disease their symptoms, causes and management. In: Disease of fruits and vegetables. Diagnosis and Management Vol II. S. A. M. H. Naqvi (ed.). Kluwer Academic Publisher Netherlands. pp: 81–119.
- Parada, E., R. 2005. Evaluación de sustancias convencionales (fungicidas químicos) y no convencionales (extractos vegetales) para el control del agente causal de la peca del fruto en guayaba *Pestalotia versicolor* Speg. En el municipio de Vélez (Santander). Tesis de Licenciatura. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Tunja, Boyacá. Colombia. 58 p.
- Quijada, R., O., y R. Gómez, S. 2005. Desarrollo tecnológico para el manejo postcosecha de la guayaba en Colombia y Venezuela. Informe de avances de proyecto. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Zulia–Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Estación Experimental CIMPA (Programa Nacional de Procesos Industriales). Barbosa. http://www.fontagro.org/projects/01_21_guayaba/III_i_nfotec_01_021.pdf. Consultado el 20 de mayo de 2009.
- Ravelo, P. L. M. 2009. Metodologías analíticas alternativas para la determinación de plaguicidas en aguas y productos agroalimentarios. Universidad de la Laguna España. Serie tesis doctorales. Soportes audiovisuales en informáticos 260 p. disponible en <ftp://tesis.bbtk.uil.es/ccppytec/cp582.pdf>. Consultado el 12 de febrero de 2017.
- Tamez-Guerra, P. y G. Núñez-Mejía. 2007. El insecticida botánico Neem (*Azadirachta indica* A. Juss): Ejemplo de agricultura sustentable en la India con potencial para México. In: Bioplaguicidas y Control Biológico. Lira-Saldívar, R. H (ed.). Centro de Investigaciones en Química Aplicada - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monterrey, México. pp. 97-109.

MANEJO DEL CLAVO DE LA GUAYABA (*Pestalotiopsis* SP.) CON *Trichoderma* spp. EN HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES

Ernesto González Gaona¹, José Saúl Padilla Ramírez², Candelario Serrano Gómez²,
Catarino Perales Segovia³, José Cruz Carrillo Rodríguez⁴

¹ Estudiante de doctorado programa Biotecnología en Procesos Agropecuarios; Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico EL Llano, Aguascalientes eggaona@yahoo.com.mx; ² INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, ³ TNM-Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes; ⁴ TNM-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca.

INTRODUCCIÓN

El hongo antagonista *Trichoderma*, es tal vez el más utilizado en el control biológico de enfermedades de plantas producidas por hongos fitopatógenos, debido a su capacidad competitiva, al producir antibiosis, así como por la producción de enzimas líticas, metabolitos secundarios y al micoparasitismo (Harman y Nash, 1988; Ghrisalberti y Sivacithamparam, 1991). Su preferencia se ve incrementada por su amplia distribución y la facilidad con que puede ser aislado y cultivado en medios artificiales, así como a su permisibilidad para crecer y desarrollarse en sustratos alternativos para su propagación masiva y al hecho de que no afecta a las plantas bajo cultivo (Papavizas *et al.*, 1982). Es un género cosmopolita que se ubica generalmente en el suelo y en madera en descomposición (Jensen y Wolffhechel, 1995; Harman, 2001).

Los hongos antagonistas afectan el desarrollo de los fitopatógenos al entrar con ellos en competencia, al producir antibiosis, alimentarse de ellos (micoparasitismo) (Fravel, 1988) o al inducir mecanismos de resistencia (Punja, 1997). Estas estrategias no son excluyentes, más bien se considera son el efecto combinado de varias formas de afectación, lo que provoca el control del fitopatógeno (Jensen y Wolffhechel, 1995).

González *et al.* (2008), en la zona productora de Zitácuaro, Michoacán, evaluaron diferentes combinaciones de fungicidas tanto preventivos como curativos en forma alternada en comparación con el Insecticida Malatión, el hongo antagonista *Trichoderma lignorum* y el sanitizante Nutrigermen, de los cuales el tratamiento con menor incidencia fue el del insecticida Malatión con 3.14% de daño seguido por el tratamiento con *Trichoderma lignorum* con 4.03%, mientras que los tratamientos con fungicidas y el sanitizante no tuvieron efecto y fueron muy similares a la sola aplicación con agua (7 a 14% de daño por clavo), el hecho de que el insecticida tuviera el menor porcentaje de daño sugiere la presencia de un vector de la enfermedad en Michoacán

El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes cepas de *Trichoderma* para el control de clavo de la guayaba bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento de control de clavo el 19 de noviembre de 2016, en la localidad "Las Moras" del área de Mesa Grande, Calvillo, Aguascalientes propiedad del Sr. Joaquín Velasco Luevano con coordenadas en 21° 47'09.4" y 102° con una altitud de 1,827 msnm, donde se detectó una infestación de la enfermedad en frutos en tamaño canica, donde se detectó un árbol con la presencia de ninfas y adultos de *Monalonion* sp., el 12 de octubre de 2016. Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y se blanqueó el experimento quitando todos los frutos dañados el 08 de diciembre de 2016. Se realizaron en total seis aplicaciones de *Trichoderma* con una periodicidad semanal (19 de noviembre, 01, 08, 14, 22 y 28 de diciembre).

Se consideraron los siguientes tratamientos 1) Cepa 9, obtenida de suelo de un pasto en un camellón en Pabellón de Arteaga, Aguascalientes aislada por Ernesto González Gaona en el año 2000, 2) Cepa 4, *Trichoderma harzianum* comercializada en San Luis Potosí, 3) Cepa 18, *Trichoderma atroviride* obtenida en Guanajuato y donada por la Dra. Martha Patricia España Luna 4) Cepa 19, *Trichoderma atroviride* obtenida en Guanajuato y donada por la Dra. Martha Patricia España Luna, 5) Cepa 35, *Trichoderma* sp. aislada de la huerta de guayaba de "El Cerrito" Calvillo, Ags., por Liliana Alcantar en 2016, 6) Cepa 6, *Trichoderma* sp., aislada por el Dr. Rafael Gómez Jaimes del campo experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit de un cultivo de yaca 7) testigo con solo agua, 8) Insecticida Malatión® a dosis de 3.0 ml/l de agua, 9) Fungicida Ridomil Gold® a dosis de 3.0 gr/l de agua, 10) Biotrin® a dosis de 5.0 ml/l de agua.

A todas las preparaciones se les adicionó 5.0 cc de Tamis® y 3 gotas de Tween 20® por litro de agua para mejorar la emulsión de los componentes y propiciar una mayor adherencia a la planta. Durante el 05 y 06 de enero de 2017 se contabilizó toda la fruta presente en cada árbol y se cosecharon todos los frutos afectados para obtener el porcentaje de daño en cada tratamiento (incidencia), mientras que la severidad se evaluó mediante una escala de daño donde 1= ligera 1-3 clavos <10% de daño, 2= moderada 5-7 clavos alrededor de 15 a 20% de daño, 3= fuerte >10 clavos y 40-60% de daño y 4= muy fuerte >70% de daño (González *et al.*, 2009).

Los datos se transformaron a raíz cuadrada de $X+0.5$ para disminuir la varianza y los datos se analizaron mediante el programa JMP de SAS y las diferencias entre medias se compararon mediante Tukey al 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los arboles bajo tratamiento presentaron en promedio 737 frutos (rango de 138 a 1,817), en el establecimiento del experimento presentaban 90 frutos con incidencia de clavo, con un rango de 4 a 537 frutos dañados por árbol representando una incidencia promedio del 17% (Figura 1). Después de la aplicación de los tratamientos, la incidencia independientemente de los tratamientos fue 27 frutos dañados con un rango de 0.0 a 102 frutos dañados por árbol representando una incidencia promedio del 4.1%

En el Cuadro 1 se muestra el promedio de frutos dañados por árbol, donde se observa que los tratamientos con el menor número fueron la cepa 19, cepa 18 y los plaguicidas Ridomil Gold y Malatión con 10, 11, 15 y 17 frutos dañados por árbol respectivamente. Los de mayor número de frutos afectados fueron: Biotrin®, Cepa 9, cepa 35, cepa 6 y cepa 4 con 44, 43, 37 33 y 30 frutos dañados por árbol que son superiores al testigo con 27 frutos dañados. Cabe mencionar que el Biotrin es un fungicida botánico que se comercializa en la zona de Aguascalientes. Los datos se transformaron a porcentaje de daño del total de frutos presentes por árbol, de esta los mayores porcentajes de daño se observaron en Cepa 35, Cepa 9, Biotrin y el testigo con agua con 7.97, 7.10, 5.27 y 4.37%, mientras que los de menor daño fueron el Ridomil Gold®, Malatión y las cepas 18 y 19 con 1.93, 2.10, 2.20 y 2.33% respectivamente. Al realizar la comparación estadística de las medias mediante la prueba de Tukey no se detectaron diferencias estadísticas (Figura 2).

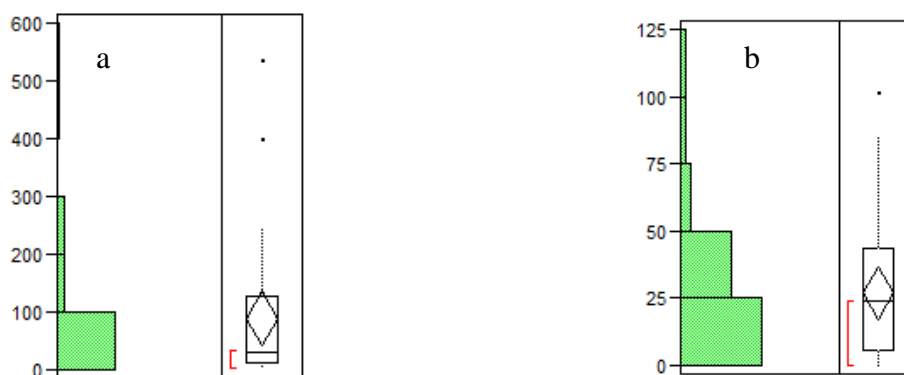


Figura 1.- Distribución del número de frutos dañados por árbol antes de iniciar el experimento (a) y después de la conclusión del mismo (b). El rombo dentro del recuadro indica la media de la muestra.

Cuadro 1.- Media y porcentaje de frutos dañados por árbol en los tratamientos bajo control de *Pestalotiopsis* sp. con cepas de *Trichoderma* en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

Tratamiento	Media de Frutos dañados por árbol	% de frutos dañados por árbol
Cepa 9	43.33	7.10
Cepa 4	30.67	3.9
Cepa 18	11.67	2.20
Cepa 19	10.67	2.33
Cepa 35	37.67	7.97
Cepa 6	33.33	3.47
Testigo	27.67	4.37
Malation	17.0	2.10
Metalaxyl + Clorotalonil	15.0	1.93
Biotrin®	44.67	5.27

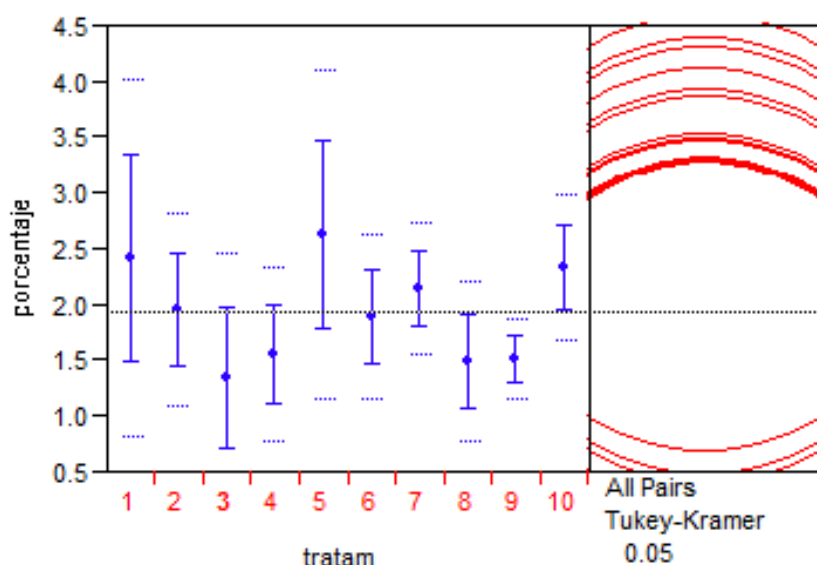


Figura 2.- Comparación de porcentajes promedio de frutos dañados por árbol en tratamiento de control de *Pestalotiosis* sp con cepas de *Trichoderma* spp. en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

Respecto de la severidad (Figura 3) se observó que la mayoría de los frutos afectados presentaban infestaciones ligeras a medias con más de 10 frutos en estas categorías a excepción de los tratamientos: cepa 18, cepa 19, Malatión y Ridomil Gold®. También la cepa 18 y 19 mostraron menos de 2 frutos con daño fuerte y no tuvieron frutos con daños muy fuertes. Los tratamientos cepa 9 y Biotrin® presentaron la mayor cantidad de frutos con daños fuertes.

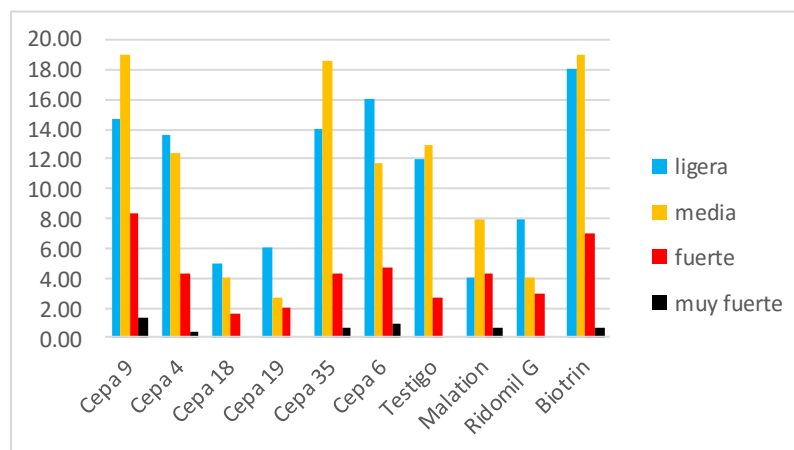


Figura 3.- Severidad de los frutos afectados por *Pestalotiopsis* spp. en experimento de control con cepas de *Trichoderma* en Calvillo, Aguascalientes en 2016.

CONCLUSIONES

Las cepas 18 y 19 (*Trichoderma atroviride*) de Guanajuato presentaron niveles de infestación a los obtenidos con los plaguicidas de síntesis química Malatión (insecticida) y Ridomil Gold® (fungicida). Por lo cual se pueden considerar para el manejo biológico de la enfermedad a nivel de huertas, aunque es necesario realizar más ensayos con la finalidad de corroborar las tendencias observadas.

De nuevo se destaca el insecticida como uno de los mejores tratamientos en el control de esta enfermedad, lo cual muestra lo relevante del control del vector (*Monalonion* sp.). El fungicida botánico Biotrin® no controla eficientemente a la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Fravel, D. R. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant diseases. Annual Review of Phytopathology, 26:75-91.
- Ghrisalberti, E. L. and Sivacithamparam, K. 1991. Antifungal antibiotic produced by *Trichoderma* spp. Soil Biology and Biochemistry, 23:1011-1020.
- González, G. E., I. Castillo, P., J. Lozano, G., M. A. Perales de la C., J. S. Padilla, R., M. P. España, L., y C. Pineda, D. 2008. Control de clavo en guayaba (*Pestalotia psidii* Pat.) con *Trichoderma lignorum* en Zitácuaro, Michoacán. In: Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. pp: 426 - 429.
- González, G. E., J. S. Padilla, R., M. A. Perales de la C. 2009. Estrategias para el Manejo del Clavo de la Guayaba (*Pestalotiopsis psidii*). Folleto Técnico Núm. 40. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 29 p.
- Harman, G. 2001. *Trichoderma* for biocontrol plant pathogens: from basic research to commercialized products. En línea: <http://web.entomology.cornell.edu/shelton/cornellbiocontrolconf/talks/harman.html>.

- Harman, G. E., and Nash, G. T. 1988. Enhancement of *Trichoderma* induce biological control of *Pythium* seed rot and pre-emergence damping off of peas. *Soil Biology and Biochemistry*. 20:145-150
- Jensen, D. F., and Wolffhechel, H. 1995. Biological Control: Benefits and Risks. (Series: Plant and microbial biotechnology research. In: M.T.H., Heikki y J.M.Lynch (Eds). The use of fungi, particularly *Trichoderma* spp. And *Gliocladium* spp., to control root and damping-off diseases (pp.177-189) Cambridge: Cambridge University Press.
- Papavizas, G. C., Lewis, J. A. and Abd-Elmoity, T. H. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72: 126-132.
- Punja, Z. K. 1997. Comparative efficacy of bacteria, fungi, and yeast as biological control agents for diseases of vegetable crops. *Canadian Journal of Plant Pathology* 19: 315-323.

BIOENSAYOS DE EXTRACTOS DE PLANTAS CONTRA EL HONGO CAUSANTE DEL CLAVO DE LA GUAYABA (*Pestalotiopsis* sp.)

Candelario Serrano Gómez¹, Ernesto González Gaona², Olga Lidia Rivera Dávila¹, José Saúl Padilla Ramírez¹, Roberto Sánchez Lucio³

¹ INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes gomezerrano@gmail.com, ² Estudiante de doctorado programa Biotecnología en Procesos Agropecuarios; Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico EL Llano, Aguascalientes, ³ INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit

INTRODUCCIÓN

El clavo es una enfermedad que afecta la epidermis de los frutos de guayaba, ocasionando lesiones circulares costrosas sobresaltadas de coloración café oscuro, tomando la apariencia de un clavo oxidado (Nieto, 1996). Respecto al agente causal Montiel (1997), señala que existen tres especies de *Pestalotiopsis* (= *Pestalotia*) que afectan frutos de guayaba estos son: *P. palmarum* (Cooke) Steyaert, *P. psidii* (Pat.) Mordue y *P. versicolor* (Speg.) Steyaert; sin embargo, se señala a *Pestalotia psidii* como el agente causal del clavo que existe en la zona guayabera Calvillo-Cañones, ya que se logró reproducir la enfermedad en campo y se recuperó al hongo inoculado de las lesiones ocasionadas (Montiel *et al.*, 2001; Nieto, 1996; Ramírez *et al.*, 2008).

Para su combate se sugiere la aplicación foliar de productos a base de cobre, como Cupravit a razón de 300-400 g por 100 litros de agua o Zineb 80 PH, utilizando 120-180 g/100 l de agua (López, 1995), iniciando en julio y terminando hasta octubre debido a que la enfermedad se presenta en agosto en la zona de Calvillo; sin embargo, los plaguicidas pueden ocasionar la muerte de otros seres vivos a quienes no se dirige el control, como plantas, animales silvestres y microorganismos benéficos, pudiendo afectar también la salud humana durante su aplicación, transporte o comercialización. Además, los plaguicidas pueden diseminarse del lugar donde se aplicaron y pueden contaminar el ambiente. En forma adicional con el uso excesivo de plaguicidas, las plagas adquieren resistencia a estos componentes, pasando ésta resistencia de una generación a otra (Bouguerra, 1988). Aunado a lo anterior se debe tener en cuenta la persistencia de los productos de síntesis química y los altos costos de producción.

Existe una tendencia generalizada en la mayoría de los cultivos en disminuir el uso de insecticidas de amplio espectro y alta residualidad, por insecticidas más específicos y menos persistentes, en ocasiones provenientes de extractos de plantas como el neem (Tamez-Guerra y Nuñez-Mejía, 2007), rotenona, nicotina (González-Coloma *et al.*, 2007)

El objetivo del presente estudio fue evaluar extractos de plantas regionales con la finalidad de determinar su posible uso por parte de los productores como una estrategia alternativa para el control de la enfermedad, en primera instancia realizando pruebas en in vitro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron en primera instancia diez plantas: Paraíso (*Melia azadirachta*), Eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*), Eucalipto australiano (*Eucalyptus gummifera*), Nogal (*Carya illionensis*), Olivo (*Olea europaea*), Higuera (*Ricinus communis*), cola de caballo (*Equisetum* sp.), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Oregano (*Origanum vulgare*) y Tomillo (*Thymus vulgaris*). En segunda instancia del 07 al 19 de octubre de 2016 se recolectó material vegetal (Dicotiledóneas) presente en las huertas de guayabo ya sean como malezas o plantas en las cercas perimetrales de las huertas. El material vegetal se fotografió y se trasladado al laboratorio de Sanidad Vegetal del Campo Experimental Pabellón (CEPAB), se desinfectó y se puso a secar en una bodega a temperatura ambiente hasta obtener tres lecturas de peso constantes (Rodríguez *et al.*, 2012). Se recolectaron en total 64 plantas de hoja ancha asociadas al cultivo, el material vegetal se molió con un molino de martillos, se pesó y se ubicó en frascos de plástico de 0.5 kg y se guardó a temperatura ambiente en gavetas sin presencia de luminosidad hasta su procesado (solo maceración alcohólica). Para la preparación de los extractos se siguieron diversas metodologías 1) extracción de aceites esenciales, 2) maceración en frío con agua y alcohol al 75% y 3) infusiones en agua con calor.

Aceites esenciales

El material vegetal se colocó en un matraz de vidrio en proporción de 100 g para 500 ml de agua destilada estéril, y se aplicó calor hasta llevar la solución a ebullición, una corriente de vapor de agua retiró el aceite (De Souza *et al.*, 2011). Los aceites se colocaron en frascos ámbar protegidos de la luz y de la evaporación, se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior uso. Se calculó el rendimiento del aceite esencial mediante la expresión:

$$R = (V/M) * 100$$

Dónde: R=rendimiento (%), V=volumen del aceite esencial (mL) y M=masa del material vegetal (g). El rendimiento del aceite debe ser superior a 0,1% (p/v), valor de rendimiento considerado como límite mínimo para proponer la explotación comercial de un aceite (Pino *et al.*, 2012).

Maceración

Se realizaron soluciones 1:4 (por cada gramo de material vegetal se adicionaron 4 ml de solvente), que se dejaron en maceración por un periodo de 7 días con agitación manual dos veces diarias por 1 minuto (Biswas *et al.*, 2013). Para concentrar los macerados las soluciones se filtraron con gasas estériles y después con papel Whatman No. 42, las soluciones filtradas se colocaron en evaporador rotatorio para eliminar el solvente (Dhiman *et al.*, 2011). Se evaporó el solvente hasta dejar una tercera parte del total del macerado inicial, y esta solución se consideró como la solución madre. Por último, se esterilizaron por filtración, utilizando filtros microporo de 0.45 μm adaptados a jeringas de 5 ml. Las soluciones estériles se guardaron en frascos ámbar y se protegieron de la luz y de la evaporación hasta su uso.

Infusiones

Se pesaron 10 gr de material vegetal que se colocaron en un recipiente de aluminio con 1.0 L de agua, al cual se le aplicó calor hasta que la solución llegó a ebullición y se mantuvo por 5 min, después se colaron y se guardaron en frascos protegidos de la luz y de la evaporación (Biswas *et al.*, 2013). Las soluciones se filtraron primero con gasas estériles después con papel Whatman No. 42, luego se llevaron a un rotovapor para eliminar el solvente (Dhiman *et al.*, 2011). Se evaporó el solvente hasta dejar una tercera parte del total del extracto, se consideró ésta como solución madre. Por último, se esterilizaron por filtración utilizando filtros microporo de 0.45 μm . Los filtros se reusaron después de seguir el siguiente protocolo; se lavaron con alcohol al 70% y después se pasó tres veces agua destilada por el filtro y al final se colocaron en un frasco y se esterilizaron a 1.5 lbs/cm² por 15 min en una olla de presión. Las soluciones estériles se guardaron en frascos ámbar protegidas de la luz y de la evaporación para su posterior uso.

Patógeno

De frutos con lesiones se cortaron pequeñas porciones de tejido donde se presentó el avance de la enfermedad (mitad dañada-mitad sana), éstos se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% por un minuto y después se realizaron dos lavados con agua estéril por un minuto para quitar los restos del cloro y al final se secaron con papel absorbente. Las siembras se realizaron sobre los medios de cultivo PDA y Sabouraud, bajo una campana de flujo laminar y se colocaron en una incubadora a 28 °C y después de diez días se realizaron resiembras para obtener cultivos puros. Se tomó una pequeña muestra para realizar montajes temporales y

revisar bajo microscopio la presencia de esporas con apéndices característicos de *Pestalotiopsis*.

Bioensayos

Para medir la actividad fungicida de los aceites esenciales en cajas de petri de 9 cm de diámetro con medio PDA solidificado, se agregaron 100 µL de una solución de esporas 1×10^8 UFC/ml, los cuales se esparcieron por toda la placa. En el centro de la placa se colocó un disco de papel filtro de 0.5 cm de diámetro y sobre el cual se depositaron 10 µL del aceite. Se incubaron las placas por 7 días y posteriormente se midió el halo de inhibición alrededor del disco (Cermeño y Torres, 2001).

Para determinar la efectividad biológica en términos de dosis mínima inhibitoria, se realizaron diluciones de los aceites que mostraron actividad fúngica contra *Pestalotiopsis* con DMSO (5, 10, 25, 50, 75 y 100% concentración). En las cajas petri con medio de cultivo PDA a una temperatura +/- 50 °C se agregaron en la superficie 100 µL de una solución de esporas (1×10^8 esporas/mL) de *Pestalotiopsis* sp. En cada caja Petri con la solución de esporas se colocaron tres discos de papel filtro, separados a distancias equidistantes y se les agregó 10 µL de la dilución del aceite. Se dejaron incubar por 7 días. Las cajas a la concentración donde no se presentó crecimiento del hongo se consideró la concentración mínima inhibitoria. Se planteó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento.

Para medir la actividad fungicida de los extractos acuosos, etanólicos e infusiones se utilizaron placas de Petri de 9 cm de diámetro que se llenaron con alrededor de 20 ml de medio PDA estéril a +/- 50 °C, en éstas se adicionaron 150 µL de cada extracto por placa, se homogenizó, se dejó solidificar y después se inoculó el patógeno *Pestalotiopsis* (cepa de El Chiquihuitero) en un disco de agar de 0.6 cm de diámetro, se incubó a una temperatura de 27 °C hasta que el micelio del control negativo cubrió toda la placa (Baños *et al.*, 2004). Se midió el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial con respecto al control negativo, el cual se considera como 100 % de crecimiento radial o 0 % de inhibición de crecimiento mediante la expresión:

$$\% \text{ de inhibición de crecimiento radial} = \left[\frac{\text{Control} - \text{Tratado}}{\text{Control}} \right] \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las diez plantas sometidas a hidrodestilación sólo 6 de presentaron rendimientos satisfactorios de aceite (Cuadro 1). En este sentido los rendimientos del aceite deben ser superiores al 0,1% (p/v), valor de rendimiento considerado como límite mínimo para proponer la explotación comercial de un aceite (Pino *et al.*, 2012). Descartándose los aceites de cola de caballo, paraíso y olivo. De los seis evaluados solo los aceites de orégano, tomillo y eucalipto rojo mostraron actividad fungicida contra *Pestalotiopsis* sp., Los aceites esenciales de orégano y de tomillo presentaron mayor actividad con una concentración mínima inhibitoria del 25 %, seguidos del aceite esencial de eucalipto con una CMI del 75% (Cuadro 2).

Cuadro 1. Rendimiento de aceites esenciales de plantas mediante hidrodestilación para realizar bioensayos como fungicidas contra clavo.

Planta	Cantidad obtenida (ml)	% De rendimiento
Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	7.6	2.171
Ruda (<i>Ruta graveolens</i>)	2.1	0.6
Eucalipto rojo (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	1.8	0.514
Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0.52	0.148
Nogal (<i>Carya illionensis</i>)	0.12	0.034
Cola de caballo (<i>Equisetum</i> sp.)	0.035	0.01
Eucalipto australiano (<i>Eucalyptus gummifera</i>)	0.02	0.005
Paraíso (<i>Melia azadirachta</i>)	0.015	0.004
Olivo (<i>Olea europea</i>)	0.01	0.002

Cuadro 2. Concentraciones mínimas inhibitorias de aceites esenciales de plantas que mostraron efecto fungicida contra *Pestalotiopsis* sp.

Aceite esencial	Concentración				
	75%	50%	25%	10%	5%
Eucalipto	11*	10.66	5.33	0	0
Tomillo	32	27.66	27.66	8.66	0
Oregano	32	30.33	25.33	12.66	0

*Tamaño del halo de inhibición

Respecto de la forma de preparar los extractos de plantas ya sea mediante maceración en frío con agua o alcohol y las infusiones, se observó que la maceración alcohólica fue la que presento los mejores resultados ya que en estos se presentaron los crecimientos más bajos del hongo *Pestalotiopsis*, incluso inferiores a los tratamientos químicos Fractal y Oxiclورو de

cobre, mientras que el extracto comercial Biogober no mostró efectos significativos en la reducción del crecimiento del hongo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de extractos de plantas contra *Pestalotiopsis*

Tratamiento	Crecimiento (mm)*	Tratamiento	Crecimiento (mm)*
Testigo	63.00	Olivo en agua	71.00
Alcohol	53.33	Olivo en alcohol	14.67
Fractal	13.67	Olivo infusión	63.00
Biogober	54.33	Orégano en agua	20.00
Oxícloruro de cobre	12.67	Orégano en alcohol	0.00
Cola de caballo en agua	68.33	Orégano infusión	63.33
Cola de caballo en alcohol	0.00	Paraíso en agua	72.33
Cola de caballo infusión	70.33	Paraíso en alcohol	12.33
Eucalipto australiano en agua	53.00	Paraíso infusión	71.67
Eucalipto australiano en alcohol	3.00	Ruda en agua	24.33
Eucalipto australiano infusión	63.67	Ruda en alcohol	0.00
Eucalipto rojo en agua	69.67	Ruda infusión	42.00
Eucalipto rojo en alcohol	6.00	Tomillo en agua	21.00
Eucalipto rojo infusión	69.00	Tomillo en alcohol	11.33
Higuerilla en agua	84.00	Tomillo infusión	25.67
Higuerilla en alcohol	17.67	Nogal en agua	45.00
Higuerilla infusión	81.33	Nogal en alcohol	11.00
		Nogal infusión	64.00

*Media de tres repeticiones evaluadas a las 168 h después de inoculación.

Referente al efecto de los extractos alcohólicos concentrados con rotovapor y filtrados se evaluaron 63 extractos contra *Pestalotiopsis* sp. (Cuadro 4 y Figura 2). De los cuales algunos extractos mostraron efectos de reducción del crecimiento del hongo superiores al 90%, aunque se observó que después del número 40 casi todos ocasionaron una reducción significativa al revisar bajo microscopio las cepas se observó, que las plantas con los números 12,37, 38, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 estaban contaminadas con bacterias que impidieron el desarrollo del hongo, mientras que las que mostraron alta reducción y no estaban contaminadas fueron las plantas 2, 4, 8, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 24, 25, 29, 30, 31,32, 33, 34, 35, 39, 42, 49, 50, y 54 dentro de las que se encuentran Jaral, aceitilla, mezquite, paraíso olivo, trompillo, lantana, romero, ruda, venadilla, lengua de vaca y eucalipto australiano, algunos de los cuales coinciden con los detectados mediante aceites esenciales. Confirmándose que la cola de caballo no tiene efecto contra *Pestalotiopsis* al igual que el guaje y la malva.

Cuadro 4. Efecto de extractos alcohólicos de plantas asociadas a huertos de guayaba de la zona de Calvillo, Aguascalientes sobre *Pestalotiopsis* sp.

Numero	Nombre comun	siete dias		Numero	Nombre comun	siete dias		Numero	Nombre comun	siete dias	
		Porcentaje	Reduccion			Porcentaje	Reduccion			Porcentaje	Reduccion
1	Cola de caballo	80.72	19.28	21	garruño	24.45	75.55	41	Jaltiche planta 2	3.03	96.97
2	Jaral	4.18	95.82	22	Huache	74.37	25.63	42	Jaltiche planta 3	2.92	97.08
3	Higuerilla	15.83	84.17	23	Lechigilla	21.89	78.11	43	La nogalera planta 2	3.38	96.62
4	Aceitilla	9.79	90.21	24	Venadilla	7.73	92.27	44	Los Cerritos planta 1	19.67	80.33
5	Huizache	11.09	88.91	25	lengua de vaca	5.29	94.71	45	Colomos 2 planta 1	3.66	96.34
6	limoncillo	12.36	87.64	26	Calvillo planta 1	6.50	93.50	46	Colomos 2 planta 2	3.49	96.51
7	Malva	56.81	43.19	27	Calvillo planta 2	26.61	73.39	47	Colomos 2 planta 3	4.41	95.59
8	Mezquite	9.57	90.43	28	Calvillo planta 3	22.83	77.17	48	Eucalipto gris	5.12	94.88
9	Hepazote	25.94	74.06	29	Colomos planta 1	6.20	93.80	49	Las Moras planta 4	3.55	96.45
10	Paraiso	8.17	91.83	30	Colomos planta 2	5.77	94.23	50	El Rodeo Planta 1	2.74	97.26
11	olivo	5.55	94.45	31	Colomios planta 3	5.84	94.16	51	Chiquihuitero planta 1	3.22	96.78
12	Pirul	11.15	88.85	32	Cerro Blanco planta 1	7.05	92.95	52	Cerro blanco planta 1	3.30	96.70
13	Nogal	26.72	73.28	33	Cerro Blanco planta 2	5.28	94.72	53	Cerro Blanco planta 2	2.61	97.39
14	Trompillo	2.42	97.58	34	Cerro Blanco planta 3	7.15	92.85	54	Cerro Blanco planta 3	2.40	97.60
15	Lantana	4.80	95.20	35	Las Moras planta 1	8.93	91.07	55	Pega ropa	2.34	97.66
16	Chile de pajar	10.27	89.73	36	Las Moras planta 2	15.19	84.81	56	Arbol flor amarilla	2.00	98.00
17	Cilantrillo	12.73	87.27	37	Las Moras planta 3	4.90	95.10	57	Colomos Planta 3	2.61	97.39
18	Romero	5.56	94.44	38	Eucalipto rojo	3.87	96.13	58	Colomos planta 5	4.48	95.52
19	Ruda	5.57	94.43	39	Eucalipto australiano	3.93	96.07	59	Chiquihuitero planta 3	3.08	96.92
20	Gigante	34.84	65.16	40	Jaltiche planta 1	4.59	95.41	60	Chiquihuitero planta 2	1.63	98.37
								61	El Rodeo planta 2	2.29	97.71
								62	Gobernadora 1	3.34	96.66
								63	Gobernadora 2	2.23	97.77
								64	Alcohol	3.68	96.32
								65	PDA	100.00	0.00
								66	Cobre	3.37	96.63

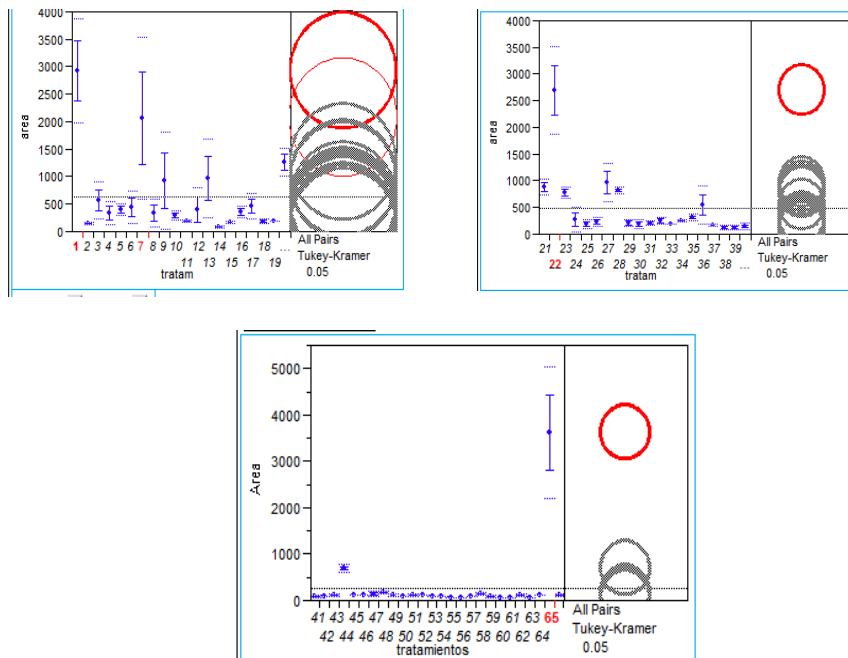


Figura 2. Comparación del efecto de extractos de plantas presentes en huertos de guayaba de la zona de Calvillo, Aguascalientes sobre el hongo *Pestalotiopsis* sp. Analizados mediante JMP, círculos con colores diferentes son estadísticamente diferentes.

CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de orégano, tomillo y eucalipto rojo, mostraron efectividad contra el agente causal del clavo. Respecto de la forma de preparar los extractos la opción más efectiva es la maceración etanólica.

Se observaron plantas asociadas a los huertos de guayaba que pueden ser utilizadas para el control de la enfermedad de las cuales se pueden citar jaral, aceitilla, mezquite, paraíso, olivo, trompillo, romero, ruda, venadilla, lengua de vaca y eucalipto australiano

BIBLIOGRAFÍA

- Biswas, B., Rogers, K., McLaughlin, F., Daniels, D., & Yadav, A. 2013. Antimicrobial activities of leaf extracts of Guava L.) on two gram-negative and gram-positive bacteria. *International Journal of Microbiology*.
- Bouguerra, M. L. 1988. Los pesticidas y el Tercer Mundo. *Mundo Científico*, vol. 6, (59): 697-707.
- Cermeño, J. R., and Torres-Rodríguez, J. M. 2001. Sensibilidad in vitro de hongos dematiáceos a los antifúngicos utilizando E-test®. *Rev Esp Quimioterap*, 14, 191-7.
- De Souza P. L., Damé S. L., Hörnke A. G., Ziemann D. M., Alves R. M., Araújo M. M. (2011). Evaluación de la actividad bactericida de aceites esenciales de hojas de guayabo, pitango y arazá. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 16(4): 324-330.
- González-Coloma, A., M. Reina, B. M. Fraga, C. E. Díaz y R. Cabrera. 2007. Bioplaguicidas naturales para la protección de cultivos. *In: Bioplaguicidas y Control Biológico*. Lira-Saldívar, R. H. (ed.). Centro de Investigaciones en Química Aplicada - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monterrey, México. pp. 30 - 41.
- López, F. L. C. 1994. Ensayo con fungicidas e insecticidas contra el clavo de la guayaba en la región Calvillo-Cañones. Colomos, Aguascalientes. 1994-1995. Informe anual de investigación SARH-INIFAP-CIRNOC-CEPAB 9 p.
- Nieto A., D. 1996. Fisiología, bioquímica y patógenos en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 111p.
- Montiel, C. A. 1997. *Pestalotiopsis psidii* (Pat.) Mordue causante de necrosis de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) en plantaciones de los municipios Baralt y Mara del estado de Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Luz 14: 341 - 347.
- Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Abreu, Y. and Correa, T. M. 2012. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Pimpinella anisum* L. *Revista de Protección Vegetal*, 27(3), 181-187.
- Ramírez A., J. A., J. A. Samaniego R., y E. Sánchez S. 2008. Enfermedades del guayabo (*Psidium guajava*) en el sur de Sonora. Folleto Técnico Núm. 59. INIFAP - CIRNO - Campo Experimental Valle del Yaqui - Sitio Experimental Valle del Mayo. 18 p. SIACON-SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2013. Módulo Agrícola del SIACON. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/> Consultado en agosto de 2014.
- Tamez-Guerra, P. y G. Núñez-Mejía. 2007. El insecticida botánico Neem (*Azadirachta indica* A. Juss): Ejemplo de agricultura sustentable en la India con potencial para México. *In: Bioplaguicidas y Control Biológico*. Lira-Saldívar, R. H. (ed.). Centro de Investigaciones en Química Aplicada - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monterrey, México. pp. 97-109.

CONTROL DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA

Jasso Argumedo¹ Juan, Wilson Avilés Baeza¹, Raúl Díaz Plaza¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental "Mocochá. Km. 25, Carr. Mérida-Motul. Mocochá, Yucatán, México. CP. 97454. jasso.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La producción orgánica de los cítricos es atractiva desde el punto de vista de rentabilidad y la superficie cultivada con este sistema se incrementa año con año. La gomosis causada por *Phytophthora* puede llegar a causar la muerte de los árboles sino es tratada apropiadamente.

El medio principal por el cual *Phytophthora spp.*, se dispersa a través de los huertos de cítricos es por el uso de plantas de viveros infestados (Naqvi, 2000a; Graham y Timmer, 1992; Naqvi, 2000b). Los mecanismos de dispersión de las especies de *Phytophthora*, fueron reportados por (Ristaino, 2000) (i) la dispersión de raíz a raíz en el suelo implica el crecimiento de las raíces en los inóculos, el movimiento del inóculo a las raíces o los contactos de raíz a raíz. (ii) Dispersión del inóculo en las aguas superficiales. (iii) Dispersión desde el salpicado del suelo hacia las partes aéreas de la planta. (iv) dispersión aérea desde las lesiones esporuladas sobre las hojas, tallos, frutos u otras partes aéreas de la planta y (v) dispersión por actividades humanas o de invertebrados, incluido el movimiento del suelo, las plantas o los propágulos. Los factores ambientales también juegan un papel importante en el desarrollo de la enfermedad, la severidad, la dispersión y la sobrevivencia de *Phytophthora* en causar epidemias, (Govindarao, 1954, Chema, 1954). *Phytophthora parasitica* fue prevalente en el clima más cálido y seco de Vidarbha, Ahmednagar y Kodur a 30-32°C de temperatura y precipitaciones por debajo de 1,150-1,300 mm, (Lele y Kapoor 1982).

La enfermedad se transmite desde el suelo, por lo tanto, el uso de plantas resistentes-Tolerantes a *Phytophthora* es recomendado inicialmente para controlar la propagación de la enfermedad en las zonas nuevas. Deben aplicarse estrictas medidas de cuarentena de las plantas para controlar el movimiento de la material de propagación y el material de siembra contaminados en los nuevos sitios de plantación. (Savita *et al.*, 2012). Algunos de los fungicidas eficaces para las enfermedades de la pudrición de la raíz de *Phytophthora* tales como Subdue MAX, Chipco Aliette, Banrot y Truban se pueden usar para el manejo efectivo de la enfermedad (Savita *et al.*, 2012).

El manejo de las huertas jóvenes comprende: (1) buena altura de la unión patrón injerto (2) al momento de la plantación se debe plantar por encima del suelo, la unión patrón injerto nunca debe estar al nivel o bajo el suelo (no enterrar demasiado los árboles) (3) proveer un nivel adecuado de drenaje del suelo (Feichtenberger 2000; Feichtenberger *et al.* 2005; Graham *et al.* 2011; Graham and Menge 1999). Si las prácticas culturales no son suficientes para controlar la gomosis, entonces se debe recurrir al control químico. La utilización de fungicidas como el Metalaxil y fungicidas conteniendo fosfitos en huertas jóvenes es determinado por: (a) la susceptibilidad del portainjerto, (b) la sanidad que traía del vivero (3) y la historia de *Phytophthora* en el sitio. Los tratamientos con fungicidas deben comenzar al observar las lesiones en el tronco. Los tratamientos de pintado del tronco y aspersión al tronco son más efectivos que las aspersión al follaje o al suelo cuando se trata de pudrición del pie. El programa de fungicidas debe ser utilizado por al menos una estación de crecimiento para portainjertos tolerantes y debe continuar más allá de la estación de crecimiento para portainjertos susceptibles. Tanto el metalaxil como los fosfitos son efectivos a las dosis recomendadas y el uso alternativo de estos para evitar la resistencia del patógeno a los fungicidas (Feichtenberger 1990; Feichtenberger 1997; Graham *et al.* 2011). El objetivo del presente trabajo fue, determinar los productos y dosis para el control de la gomosis bajo un sistema de producción orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en la localidad de Oxxutzcab. El primer experimento se estableció en la localidad de Oxxutzcab (20°14'40.46''N y 89° 32'49.50''O) en una huerta de limón persa de 18 meses de edad injertada sobre patrón Volkameriana. La huerta está compuesta de 137 árboles de limón persa plantada a distancias de 7 x 7 metros y en esta se intercala el cultivo de calabaza. El sistema de riego es por goteo. El segundo experimento se estableció en el rancho San Francisco (20°13' 53.38' N y 89° 31' 34.08'' O) del municipio de Oxxutzcab, el cual cuenta con una plantación de limón persa de 21 años de edad injertada sobre naranjo agrio y fue plantada a distancias de 7 metros entre hileras y 4.5 metros entre árboles. El tercer experimento se estableció en el mismo rancho San Francisco en un lote de toronja de 5 años de edad sobre patrón C-35.

1. Evaluación de productos y dosis para el control de gomosis en niveles iniciales de infección.

El presente trabajo consistió en la evaluación de nueve tratamientos: (1) Ridomil (25 ml/L); (2) Fosfito Mg (3) Fosfito P + K 20 ml/L, (4) Ness (Azufre) 200 ml/L, (5) Sulfato de cobre pentahidratado + cal (1kg + 1 kg + agua) (6) Permanganato de Potasio al 2%, (7) Fuego con soplete, (8) Aliette (20 gramos por árbol) (9) Testigo sin aplicación.

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con nueve tratamientos y cinco repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol por repetición.

2. Evaluación de productos y dosis para el control de gomosis en niveles intermedios de infección.

El trabajo consistió en la evaluación de nueve tratamientos: (1) Ridomil (25 ml/L); (2) Fosfito Mg (3) Fosfito P + K 20 ml/L, (4) Ness (Azufre) 200 ml/L, (5) Sulfato de cobre pentahidratado + cal (1kg + 1 kg + agua) (6) Permanganato de Potasio al 2%, (7) Fuego con soplete, (8) Aliette (20 gramos por árbol) (9) Testigo sin aplicación. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con 9 tratamientos y 10 repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol por repetición. El cultivo fue limón persa de 21 años de edad.

3. Evaluación de productos y dosis aplicados en Drench para el control de la gomosis a niveles de alta severidad.

El trabajo consistió en la evaluación de cinco productos aplicados en forma de Drench. El trabajo se realizó en un lote de 15 hectáreas de toronja de 5 años de edad variedad Flame injertada sobre Citrange C-35. Durante el mes de mayo del 2017, se realizó la identificación de árboles enfermos, su ubicación y determinación del nivel de infección. En la figura 1, se presenta el croquis del mapeo del huerto y la distribución de los árboles enfermos. El nivel de incidencia de la gomosis en este lote fue de 9.17%. La aplicación de los tratamientos se realizó en 1 de junio del 2017. El trabajo consistió en la evaluación de cinco tratamientos: (1) Anibac en dosis de 50 ml por árbol, (2) Skud a 100 ml/árbol, (3) Ridomil a 50 ml/árbol, (4) Ness en dosis de 100 ml por árbol, (5) Aliette y un testigo sin aplicación. A cada árbol se aplicó la dosis dispuesta en 18 litros de agua por árbol. El diseño experimental usado fue el completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones y la unidad experimental consiste en un árbol por repetición. Se evaluaron las variables de niveles de infección y niveles de control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los diferentes experimentos se presentan a continuación:

En el cuadro 1, se presentan los resultados del experimento1, estos nos indican la longitud de las lesiones por gomosis previo a la aplicación de los tratamientos y la longitud de las lesiones a los 40 días después de la aplicación.

Cuadro 1. Evaluación de la infección por gomosis preaplicación de tratamientos.

Tratamientos		Longitud de las lesiones (mm)	
No.	i.a.	Pre-aplicación	Post-aplicación
1	Metalaxil	57.2	28.0
2	Fosfito Mg	23.5	32.0
3	Fosfito P+K	46.6	53.0
4	Azufre y micros	32.3	32.0
5	CuSO ₄ +Cal	58.7	24.0
6	Permanganato de potasio	43.3	39.0
7	Soplete	36.2	60.0
8	Fosetil Al	28.9	25.0
9	Testigo	28.2	30.0

Los tratamientos 1, 4, 5, 6 y 8, tuvieron una menor longitud de las lesiones, lo cual nos muestra el efecto favorable de estos tratamientos frenando el desarrollo de la infección e incluso inhibiéndola. De los anteriores tratamientos el metalaxil y el fosetil-Al son los agroquímicos comerciales recomendados para esta enfermedad, mientras que el Ness, Pasta bordelesa y Permanganato de potasio representan una buena opción de control para sistemas de producción orgánica. El soplete y los fosfitos no tuvieron los resultados esperados ya que se indica que ejercen control sobre la enfermedad, lo cual no resultó así.

La razón de que los fosfitos no tuvieran ningún control se debe tal vez a que hay que elegir una buena formulación de fosfitos para tener un mejor control. La aplicación de calor es muy riesgosa para evitar quemaduras a la hora de aplicar el calor y no causar daños por quemaduras, que pueden resultar en mayores niveles de daño que los que se pretende evitar. Quizás se deba tener una mayor habilidad en el manejo de estos artefactos para proporcionar el tratamiento adecuado en la dosis adecuada sin causar daños y tener una verdadera referencia del método.

En el experimento 2 los resultados no mostraron grandes diferencias entre los tratamientos, aunque se puede observar que hay una detención en la evolución de la enfermedad que al final es lo que se pretende (cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluación de la infección por gomosis pre y post aplicacvión de tratamientos.

Tratamientos		Longitud de las lesiones (cm)	
No.	i.a.	Pre-aplicación	Post-aplicación
1	Metalaxil	3.7	3.6
2	Fosfito Mg	3.4	3.4
3	Fosfito P+K	3.1	2.9
4	Azufre y micros	3.9	3.9
5	CuSO4+Cal	4.0	3.9
6	Permanganato de potasio	5.3	5.2
7	Soplete	3.8	3.8
8	Fosetil Al	5.5	5.4
9	Testigo	7.7	7.9

En el experimento 3, se realizó la evaluación del efecto de los productos a los 30 días después de la aplicación. Los mejores tratamientos bajo la condición de Drench fueron el Ness y el Anibac, seguidos del Aliette y el Ridomil, aunque los resultados son similares para los cuatro tratamientos. Se pudo observar que todos los tratamientos tienen un buen efecto, pero cuando el árbol presenta un nivel alto de infección, la emisión de goma es más temprana en estos árboles, mientras que en los árboles con una baja infección permanecieron sin emisión de goma a los 30 días después del tratamiento. La aplicación de segundos tratamiento para mantener el nivel de control deben hacerse a partir de los 30 días después de cada aplicación.

Cuadro 3. Evaluación de diferentes productos en **Drench**, para el control de la gomosis.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis producto comercial	Repeticiones	Control A: Alto M: Medio B: Bajo	Calificación
1. Anibac	Cuaternario de amonio	50 ml/árbol.	10	Alto	3.0
2. Skud	Sulfato de cobre carboxílico	100 ml/árbol.	10	Medio a bajo	1.9
3. Ridomil	Mefexonam	50 ml/árbol	10	Medio a alto	2.5
4. Ness	Azufre y nutrientes	100 ml/árbol	10	Alto	3.0
5. Aliette	Fosetil-Al	50 g/árbol	10	Alto	2.9

CONCLUSIONES

Los tratamientos de Caldo Bordelés, Anibac y Ness constituyen una alternativa para el manejo de la gomosis, ya que tuvieron un efecto favorable sobre la enfermedad, en la que detuvieron el avance de la enfermedad y redujeron la longitud de las heridas.

El control de la enfermedad se da a niveles bajos de severidad y a medida que la severidad se incrementa, el control requiere de un mayor número de aplicaciones para lograr el control total.

Los árboles responden de manera diferente al control de la enfermedad, árboles con niveles similares de infección tardan diferente tiempo en alcanzar el control total.

La severidad de la enfermedad muestra niveles elevados de variabilidad en los árboles de una huerta, ya que en la primera infección y para una misma época de infección la severidad va desde niveles 1 de infección hasta niveles 3 los más elevados.

BIBLIOGRAFÍA

- Cheema GS, Bhat SS, Naik KC. Commercial fruits of India. Macmillan and Co., Bombay, India; 1954.
- Feichtenberger E. 1990. Control of phytophthora gummosis of citrus with systemic fungicides in Brazil. OEPP/EPPO Bulletin. 20:139-148.
- Feichtenberger E. 1997. Effect of systemic fungicide applications on growth responses and fruit yields of sweet orange trees in Phytophthora infested soil. Proc Int Soc Citrus Nurserymen. 5: 267-279.
- Feichtenberger E. 2000. Manejo integrado das principais doenças dos citros no Brasil. Fitopatol Bras. 25 Suppl:288-295.
- Feichtenberger E, Bassanezi RB, Spósito MB, Belasque J Jr. 2005. Doenças dos citros. In: Kimati H, Amorim L, Filho AB, Camargo LEA, Rezende JAM, editors. Manual de fitopatologia. 4th ed. São Paulo (BR): Editora Agronômica Ceres. p. 239-269. (Doenças das plantas cultivadas; vol. 2).
- Govindarao P. Citrus diseases and their control in Andhra Pradesh. Andhra Agric J. 1954; 187-192.
- Graham JH, Dewdney MM, Timmer LW. 2011. Phytophthora foot rot and root rot. In: Rogers ME, Dewdney MM, Spann TM, editors. Citrus pest management guide. Lake Alfred (FL): University of Florida IFAS. p. 87-92.
- Graham JH, Timmer LW. Phytophthora diseases of Citrus. In: Kumar J, Chaube HS, Singh US, Mukhopadhyay AN, editors. Plant diseases of international importance. New Jersey, Prentice-Hall Inc.; 1992. p. 250-69.
- Graham JH, Menge JA. 1999. Root health: Fungal diseases. In: Timmer LW, Duncan LW, editors. Citrus health management. St. Paul (MN): APS Press. p. 126-135.
- Lele VC, Kapoor JN. Phytophthora on Citrus in central and peninsular India. Indian Phytopathol. 1982; 35: 407-10.
- Naqvi SAMH. 2000a. Managing Phytophthora diseases of Citrus. Indian Hort. 44(4): 5-9.
- Naqvi SAMH. 2000b. Recent trends in disease management in citrus. In: Singh S, Ghosh, SP, editors. Proceeding of Hi-Tech Citrus management-Int. Symp. Citriculture, Nagpur, India ; p. 785-99.
- Ristaino JB, Gimpertz ML. New frontiers in the study of dispersal and spatial analysis of epidemics caused by species of genus phytophthora. Ann Rev Phytopathology. 2000; 38: 541-76.
- Savita, G. S. V.; A. Nagpal. 2012. Citrus diseases caused by *Phytophthora* species. GEF Bulletin of Biosciences 3(1): 18-27.

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS COMERCIALES DEL ESTADO DE YUCATÁN

Jasso Argumedo¹ Juan, Wilson Avilés Baeza¹, Raúl Díaz Plaza¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental "Mocochá. Km. 25, Carr. Mérida-Motul. Mocochá, Yucatán, México. CP. 97454. jasso.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La gomosis o pudrición del pie causada por *Phytophthora*, es la enfermedad más importante de los cítricos en las diferentes regiones citrícolas de México y del mundo (Orozco, 1995; Graham y Feichtenberger, 2015; Savita et al., 2012). En 1836, una destrucción a gran escala de plantas de cítricos debido a una infección por *Phytophthora* fue registrada en las Islas Azores, mucho antes que la hambruna por Papa de Irlanda en 1845 y después de 31 años de la hambruna Anton de Bary descubrió el hongo *Phytophthora* que significa "destructor de plantas". La primera aparición de la epidemia por *Phytophthora* de cítricos, fue reportada en las islas Azores durante 1832-1836 (Bonawia, 1988). Posteriormente, epidemias en cítricos causadas por *Phytophthora* fueron reportadas en 1841 en Francia, 1845 en Portugal, 1855-1889 en Italia, 1860-1879 en Australia, en 1871 en España, 1875 en California, 1876 en Florida, 1869-1880 en Grecia, 1906 en Cuba, 1911 en Paraguay, 1917 en Brasil, 1920 en Mexico y 1935 en Trinidad (Fawcett, 1936).

La enfermedad más importante y más ampliamente distribuida en las huertas es la pudrición radicular y la pudrición del pie o gomosis causada por *Phytophthora* spp., de las cuales las más importantes son *P. Nicotianae* Breda de Haan (sinónimo de *P. Parasítica* Dast.) y *P. citrophthora* (sm. & sm.) Leonian (Feichtenberger 2001; Graham y Menge, 2000, Alvarez et al., 2008, Muniz et al., 2004); *P. inundata* además de *P. citrophthora* (Vial, et al., 2006). En México predomina el hongo *P. parasitica* Dastur en Colima (Vidales-Fernández, 1982), en Nuevo León (Silva-Vara, 1984) y en Tabasco a *P. nicotianae* var. *parasitica* (Acosta-Pérez et al., 2012); sin embargo, en Sinaloa y Michoacán se reporta a *P. citrophthora* Leonian, y en Tamaulipas a *D. natalensis* (Orozco-Santos, 1995).

La especie *P. Nicotianae* es la especie mas común en las areas subtropicales del mundo y causa pudrición del pie y pudrición radicular, pero usualmente no infecta partes altas del árbol. La especie *P. Palmivora* es altamente patogénica en raíces bajo ciertas condiciones de estrés en los tropicos y subtropicos y además es la causante de las epidemias de pudrición café del fruto en la Florida USA (Graham et al., 1998; Zitko y Timmer 1994). La especie *P. Citrophthora* causa tanto pudrición de raíces como gomosis en tronco y parte aerea en las ramas principales.

Es la causa mas comun de pudrición café en Brasil (Feichtenberger, 2001). En Brasil, *P. nicotianae* y *P. citrophthora* son las especies de *Phytophthora* asociadas a la gomosis en los huertos de cítricos en el estado de Paraná (Pereira, et al., 2013). En la India, *P. nicotianae* fue la especie predominante, seguida de *P. palmivora* y *P. citrophthora* en un muestreo realizado en 28 viveros y 174 huertas en los cinco principales estados productores de cítricos (Das et al., 2015).

Los daños causados por *Phytophthora* son de importancia económica en todas las regiones citricolas, sin embargo, es difícil precisar con exactitud los daños (Feichtenberger 2001; Graham y Menge 1999), ya que no hay una relación directa entre la pudrición radicular y el rendimiento (Graham y Kosola 2000). En Florida, las pérdidas en producción por la pudrición radicular y la pudrición del pie se ha estimado entre un 3 y un 6% por año, o de 30 a 60 millones de dólares en comparación con tratamientos sin control (Graham y Menge, 1999). En California las pérdidas oscilan entre los 12.9 millones de dólares anualmente debido a este patógeno (Menge 1993). En Turquía, *P. citrophthora* causa pérdidas anuales de fruta del orden del 15% (Bicici y Cinar, 1990).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la zona citrícola al sur del estado de Yucatán. La evaluación de la incidencia de la enfermedad se llevó a cabo mediante recorridos por las huertas citricolas. En total se muestrearon 144 unidades citricolas de un total aproximado de 800. En cada unidad de riego se seleccionó una huerta representativa. Las huertas tienen un tamaño aproximado de 1.5 a 2.0 hectáreas, para una población de árboles de 200 a 270 por hectárea. El muestreo se realizó al azar. La identificación de los árboles enfermos se realizó en forma visual. El número de árboles muestreados por hectárea fue de 25 en promedio. La distribución de la enfermedad dentro de la huerta se realizó en tres huertas (naranja, toronja y limón persa). Se realizaron observaciones sobre algunos de los factores influyentes en la presencia de la enfermedad como la posición del microaspersor y la poda de chupones, poda de formación y poda de mantenimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se muestrearon 144 unidades citricolas en las cuales la gomosis estuvo presente en el 94% de las huertas mientras que la incidencia de la enfermedad dentro de la huerta varió de cero al 80% de árboles enfermos (gráfica 1). La distribución de la incidencia de la enfermedad dentro de la huerta es la siguiente: el 24 % de las huertas presenta un porcentaje de árboles enfermos que varía del 1 al 10%; el 59% de las huertas con una incidencia del 11 al 40% de

árboles enfermos y en el 11% de las huertas la incidencia de árboles enfermos fue muy elevada con una variación del 41 al 80%. La incidencia de la gomosis en Yucatán es similar a la que se presenta en la India en mandarina Kinow, en mandarina Nagpur, en naranja dulce (Thind y Sharma, 1996; Sandler, et al., 1989; Naqvi, 2000; Naqvi, 2002a; Naqvi, 2002b,), así como en Turquía en el cultivo del limón (Bicici y Cinar, 1990); en España (Alvarez et al., 2008). Por el contrario, la incidencia en Yucatán es superior a la encontrada en huertas jóvenes de cítricos de la Florida con 10% (Sandler et al., 1989).

Según las observaciones realizadas al momento del muestreo, la incidencia de la enfermedad está probablemente relacionada con el portainjerto utilizado, la edad y el manejo de los huertos. Las huertas con los porcentajes más elevados de árboles enfermos estaban sobre patrón Volkameriana en tanto que las huertas con incidencias del 1 al 10% de árboles enfermos corresponde a las huertas más jóvenes (en desarrollo o en sus primeros años de producción). La poda tiene una gran influencia en la presencia de la enfermedad. En árboles con poda de formación y/o eliminación de chupones realizados en la época de lluvias, presentaron infección por gomosis en los puntos de corte (figura 2).

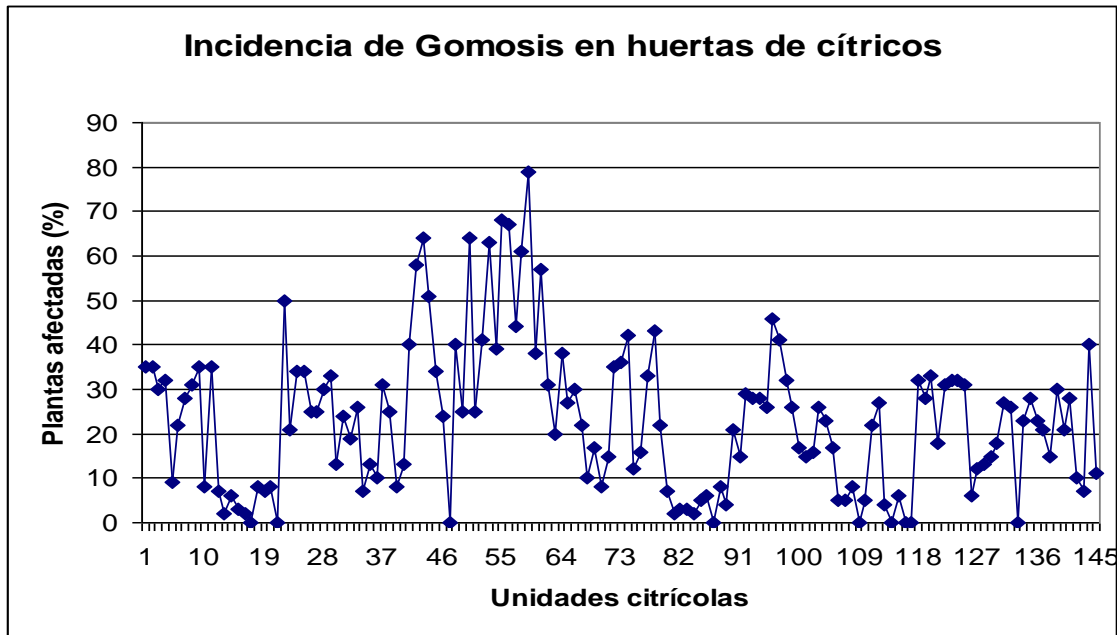


Figura 1. Incidencia de la gomosis en huertas comerciales de cítricos del estado de Yucatán.



Figura 2. Presencia de goma en los puntos de corte realizados por la poda.

La distribución de la gomosis dentro de las huertas se puede apreciar en la figura 3. La presencia de la enfermedad es completamente aleatoria, no muestra ningún patrón de agrupamiento. Los factores que influenciaron la presencia de la enfermedad fueron la poda realizada a la huerta en plena temporada de lluvias, en conjunto con la presencia del hongo.

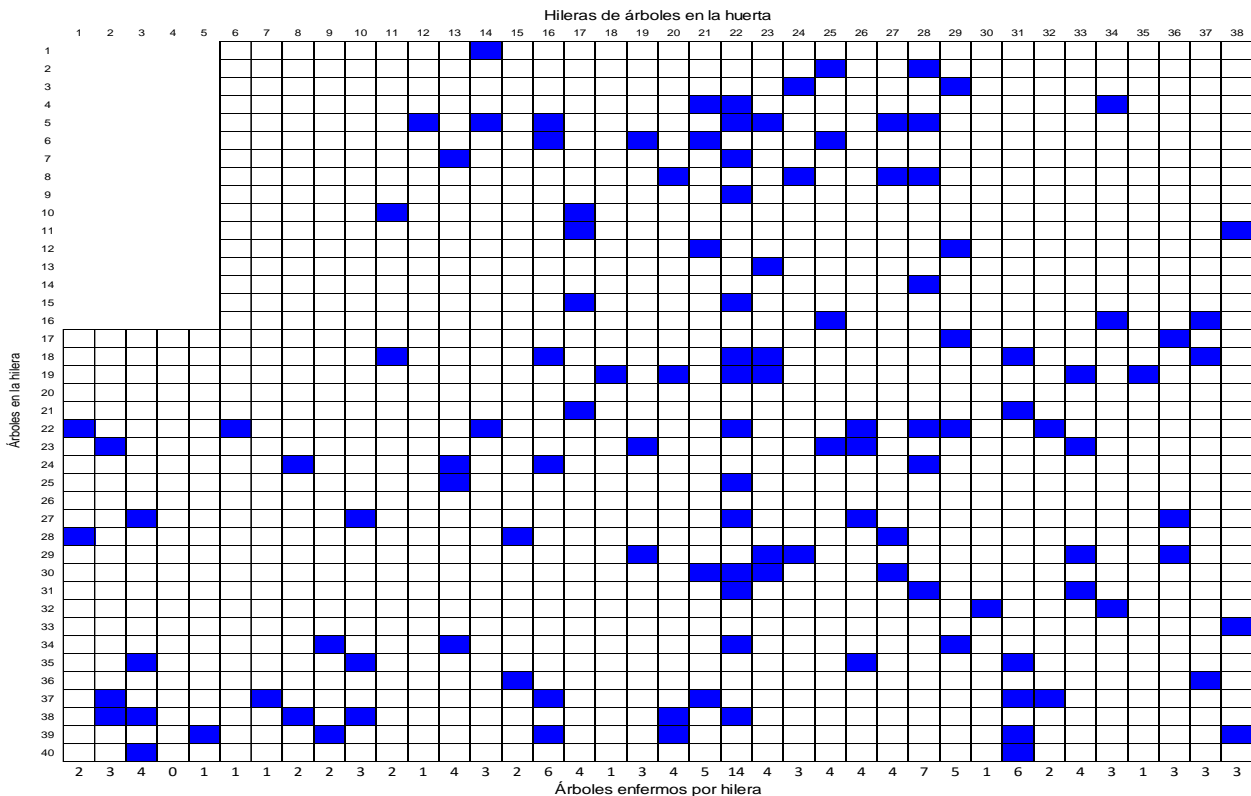


Figura 3. Distribución de la gomosis en toronja de 5 años de edad sobre C-35.

Con respecto a la ubicación de las lesiones, se encontró que las lesiones se distribuyen en todos los lados de la planta, aunque el mayor porcentaje de plantas presenta las lesiones en el

lado sur del árbol (35%) seguido por el lado poniente (27%) y después el lado norte (23%); mientras que el lado oriente presenta el menor número de lesiones con solo un 15% de árboles. Un elevado porcentaje de árboles presento niveles de infección muy elevados con una distribución de la enfermedad en toda la parte baja de las ramas principales.

CONCLUSIONES

El porcentaje de huertas afectadas por la gomosis de los cítricos es muy elevada en el estado de Yucatán.

El manejo tiene una gran influencia en la presencia tan elevada de esta enfermedad en las huertas citrícolas.

El mal manejo de las huertas reduce y/o elimina el efecto benéfico de la utilización de portainjertos tolerantes a esta enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Pérez, J.A.; C.F. Ortíz-García, J.M. Saldivar-Cruz, M. Rodríguez-Cuevas, C.C. Bautista-Muñoz, C. De la Cruz Castillo-Aguilar. 2012. Identificación del agente causal e importancia de la gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México. Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo. 28 (3): 245-258.
- Alvarez LA, Vicent A, De la Roca E, Bascón J, Abad-Campos P, Armengol J. Branch cankers on citrus trees in Spain caused by *Phytophthora citrophthora*. Plant Pathol. 2008; 57: 84–91.
- Bicici M. and A. Cinar. 1990. A review of *Phytophthora* diseases of different Mediterranean crops in Turkey. Bulletin OEPP/EPPO. Bulletin 20, 101-105.
- Bonawia E. Cultivated oranges and lemons etc. Of India and Ceylon with researches into their origin and derivation of their names, and other important information London Atlas. (reprinted by M/s Bishen Singh Mahendra Pal Singh and M/s Periodical Experts New Delhi Appendix 32; 1988. p. 276-77.
- Caixeta, M. P.; Nunes, W. M. C.; Santos, A. F.; Tessmann, D. J.; Vida, J. B. Espécies de *Phytophthora* asociadas à gomose em pomares de citros no Estado do Paraná, Brasil. Summa Phytopathologica, v.39, n.4, p.242-247, 2013.
- Das, A.K., S. Nerkar, A. Kumar, S. Bawage. 2015. Detection, identification and characterization of *Phytophthora* spp. infecting citrus in India. Journal of Plant Pathology. 98 (1) 55-69.
- Fawcett HS. Citrus diseases and their control. Mac-Graw Hill Book Co. New York and London; 1936. p. 656.
- Feichtenberger E. 2001. Doenças incitadas por *Phytophthora* em citros. In: Luz EDMN, Matsuoka K, Santos AF, Bezerra JL, editors. Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil. Campinas. Livraria Rural. p. 283-342.
- Graham JH, Timmer LW, Drouillard DL, Peever TL. 1998. Characterization of *Phytophthora* spp. causing outbreaks of citrus brown rot in Florida. Phytopathology. 88:724-729.
- Graham JH, Menge JA. 1999. Root health: Fungal diseases. In: Timmer LW, Duncan LW, editors. Citrus health management. St. Paul (MN): APS Press. p.126-135.
- Graham JH, Menge JA. 2000. *Phytophthora*-induced diseases. In: Timmer LW, Garnsey SM, Graham JH, editors. Compendium of citrus diseases. St. Paul (MN): APS Press. p. 12-1
- Graham J, Feichtenberger E. 2015. Citrus *phytophthora* diseases: Management challenges and successes. J Cit Pathol. iocv_journal citrus pathology_27203.

- Menge JA. 1993. Improved root rot control with mulches. California Citrograph. 79: 16-17.
- Muniz, M.F.S., Queiroz, F.M., & Menezes, M. 2004. Caracterizacáo de isolados de *Phytophthora* patogenicos a citrus sinensis no estado de alagoas. Fitopatologia Brasileira 29: 201-204.
- Naqvi SAMH. 2000. Distribution of *Phytophthora* spp. And mating types pathogenic to citrus in Vidarbha and marathwada region of Maharashtra and Northeastern states of India. In: Singh S, Gosh SP, editors. Proceeding of the "Hi-Tech Citrus management- Int. Symposium, citriculture, Nagpur india". p. 1073-80.
- Naqvi SAMH. 2002a. *Phytophthora* diseases of Citrus in India and their integrated management. National symposium on Perspectives in integrated palnt disease management organized by Indian Soc. of plant pathologists, Ludhiana NRC for Citrus, Nagpur and CICR, Nagpur at NRC for Citrus, Nagpur. 13-14th Feb. 2002 (Abstract). p. 21-22.
- Naqvi SAMH. 2002b. Fungal diseases of citrus-Diagnosis and management. Technical Bulletin 5, NRC for citrus Nagpur, India; p. 61.
- Orozco-Santos, M. 1995. Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México. Universidad Autonoma Chapingo. 150 p.
- Sandler HA, Timmer LW, Graham JH, Zitko SE. 1989. Effect of fungicide applications on populations of *Phytophthora parasitica* and on feeder root densities and fruit yields of citrus trees. Plant Dis. 73:902-906.
- Savita, G. S. V.; A. Nagpal. 2012. Citrus diseases caused by *Phytophthora* species. GERF Bulletin of Biosciences 3(1): 18-27.
- Silva-Vara, S. 1984. Identificación de la especie predominante de *Phytophthora* de cítricos de Nuevo León y uso de metodología in vitro para seleccionar resistencia. Tesis de Biólogo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, Mexico. 44 p.
- Thind S. K. J. N. Sharma. 1996. Incidence and control of citrus gummosis in kinow mandarin. Indian Journal of Horticulture. 53:2. P. 118-120.
- Vial, A.; B.A. Latorre; J. Ortúzar. 2006. Characterization of *Phytophthora citrophthora* and *P. inundata* associated to foot and root rot of citrus trees in Chile. Cien. Inv. Agr. 33 (3): 205-216.
- Vidales, F.J.A. 1979. Principales enfermedades del limonero en el valle de Tecomán, Colima. In: Memorias del primer simposium sobre el cultivo del limón en el estado de Colima. Becerra, R.S., Valdeéz, V. J. Y Medina-U., V. M. (editores). SARH, INIA, CAETECO.Tecomán, Colima, México. P. 115-124.
- Zitko SE, Timmer LW. 1994. Competitive parasitic abilities of *Phytophthora parasitica* and *P. palmivora* on fibrous roots of citrus. Phytopathology. 84:1000-1004.

REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (ALTERNARIA SPP.) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2014-2015

Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Luis Félix-Fuentes, Miguel Alfonso Camacho-Casas y Gabriela Chávez-Villalba

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: fuentes.davila@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Más de 100 especies de hongos se pueden aislar de la semilla de trigo recién cosechada, incluyendo especies de los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Helminthosporium*, los cuales son importantes en áreas con alta humedad relativa pudiendo causar infección en la semilla cuando la humedad relativa del medio ambiente es superior al 90% y el de la semilla al 20%. Durante la maduración de la semilla, la presencia de lluvia así como la alta humedad que puede prevalecer durante los días previos a las cosecha favorecen el desarrollo de la enfermedad conocida como punta negra (Prescott *et al.*, 1986; Watkins, 2013). La semilla en desarrollo expandiéndose es la más susceptible. La semilla que presenta senescencia prematura también es más propensa a desarrollar punta negra ya que muchos de los agentes causales son saprófitos (Wiese, 1987). Generalmente *Alternaria alternata* y *Bipolaris sorokiniana* son considerados como agentes primarios causantes de esta enfermedad (Mathur y Cunfer, 1993). Aunque las espigas infectadas pueden tener una apariencia normal, en el interior de las glumas se pueden presentar lesiones elípticas de color café a negras. La enfermedad es más pronunciada en áreas con un color café oscuro a negro, usualmente alrededor del embrión de la semilla (Fig. 1); las infecciones severas causan decoloración y chupado de la semilla. (Mathur y Cunfer, 1993). La punta negra es una enfermedad endémica de trigo cristalino o duro y de trigo harinero en el sur de Sonora, aunque su incidencia varía de un año a otro; esta enfermedad también afecta al triticale (Fuentes-Dávila *et al.*, 2014). En los programas de mejoramiento de trigo durante la evaluación de la semilla de las poblaciones segregantes, se descartan aquéllas que presentan punta negra o alguna otra enfermedad; sin embargo, no existe un programa diseñado y financiado específicamente para evaluar la punta negra en Sonora, tanto en introducciones, poblaciones segregantes y/o líneas avanzadas. Con el fin de contribuir en los trabajos de monitoreo de esta enfermedad, el objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción de un grupo selecto de líneas avanzadas elite de trigo harinero a la punta negra bajo infección natural, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2014-2015.



Fig. 1. Manchado del grano de trigo característico de la punta negra.

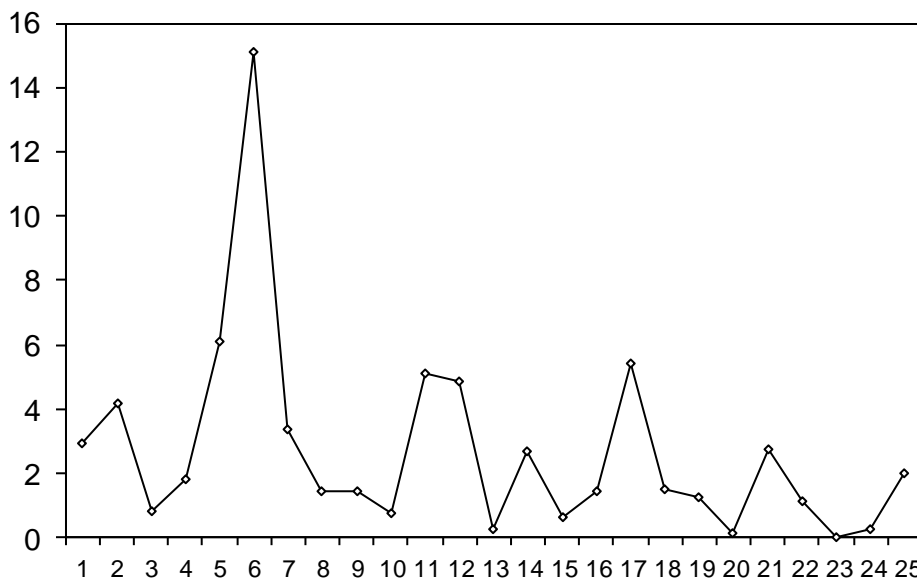
MATERIALES Y MÉTODOS

Veinte líneas avanzadas de trigo harinero y las variedades comerciales Borlaug 100, Ónavas F2009, Roelfs F2007, Tepahui F2009 y Villa Juárez F2009 se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2014-2015 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 27°22'3.01" N y 109°55'40.22" W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron noviembre 19 y 28, 2014, usando aproximadamente 8 g de semilla para un surco de 0.7 m de largo en cama de dos hileras sin repeticiones. La fertilización consistió en 150 kg/ha de urea antes de la siembra. Se aplicó un riego de germinación y tres riegos de auxilio durante el ciclo y al momento del primer riego de auxilio se aplicaron 100 kg/ha de urea. Treinta días después de la siembra, se aplicó el herbicida Situi® xl (metsulfuron metil) a dosis de 25 g/ha de producto comercial. La cosecha se hizo a mano y la evaluación mediante inspección visual contando el número de granos sanos e infectados en 10 espigas por línea, sin tomar en consideración el tamaño de las lesiones. De esta forma se calculó el porcentaje de infección. Las líneas avanzadas que se probaron se originaron del programa colaborativo CIMMYT-INIFAP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 10.8%, con un promedio de 2.1; siete líneas y Ónavas F2009 no presentaron granos infectados, nueve y Villa Juárez F2009, Tepahui F2009 y Roelfs F2007 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, tres y Borlagu 100 entre 5.1-10% y una entre 10.1-30%. El rango de infección para la segunda fue de 0 a 22.6%, con un promedio de 3.3%; una línea y Borlaug 100 línea no presentaron granos infectados, once y Tepahui F2009 y Roelfs F2007 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, cinco entre 2.6-5, dos y Villa Juárez F2009 y Ónavas F2009 entre 5.1-10% y una entre 10.1-30%. El promedio de infección de cada línea y variedad en las dos fechas se muestra en la Figura 2 y las líneas que presentaron un porcentaje de infección menor a 1 se presentan en el Cuadro 1. Cabe destacar que la línea BECARD #1/CIRNO C 2008 fue la única que no presentó granos infectados en ninguna de las fechas. Las líneas que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra fueron: SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX con 15.1%, PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA con 6.1, WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBL1/4/2*WAXWING*2/KRONSTAD F2004 con 5.4 y T. DICOCCON CI 9309/AE. SQUARROSA (409)//MUTUS/3/2*MUTUS con 5.1%. Dentro de las categorías de infección en base al promedio de los datos de las dos fechas, catorce líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, siete en la de 2.6-5.0%, dos en la de 5.1-10.0% y una en la de 10.1-30% (Fig. 3). El promedio general de infección del grupo de líneas y variedades fue de 2.7% con un rango de 0 a 15.1%, aunque algunas líneas presentaron porcentajes más altos de infección en las diferentes fechas como SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX que presentó un máximo de 22.6% y PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA con 10.8%. Fuentes-Dávila *et al.* (2013) reportaron que la línea de trigo cristalino SOMAT_4/INTER_8/4/GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/THKNEE_11/5/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN presentó un porcentaje de infección de 50.66% bajo condiciones naturales de infección en el ciclo agrícola 2009-2010, y que las variedades comerciales CIRNO C2008, Samayoa C2004, Patronato Oro C2008 y Sávali Oro C2008 tuvieron 13.93, 12.13, 6.03 y 5.85%, respectivamente. Por otro lado, la línea de trigo harinero BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000 presentó 30.87% de grano infectado. Estos niveles de infección afectan la calidad del grano con la consecuente baja en el precio de venta. Fuentes-Dávila *et al.* (2016) reportaron que las líneas de trigo harinero que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de dos fechas de siembra fueron: SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX con 31.46%, KISKADEE#1/CHYAK con 31.40, PFAU/SERI.1B//AMAD

Infección (%)



Líneas avanzadas y variedades de trigo harinero

Figura 2. Porcentaje promedio de infección de dos fechas con punta negra, de 20 líneas avanzadas y 5 variedades comerciales de trigo harinero, evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo 2014-2015, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. 1= Villa Juárez F2009, 2= Ónavas F2009, 3= Tepahui F2009, 4= Roelfs F2007, 7= Borlaug 100.

Cuadro 1. Líneas avanzadas de trigo harinero evaluadas en campo bajo inoculación natural con punta negra (*Alternaria* spp.) en dos fechas de siembra, durante el ciclo agrícola 2014-2015, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, que presentaron porcentaje de infección menor a 1%.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETO F2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ CMSS07B00525T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-1WGY-0B
2	PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07/4/BERKUT//PBW343*2/KUKUNA CMSS08B00475S-099M-099Y-17M-0WGY
3	DANPHE/2*BAJ #1 CMSS09Y00703T-099TOPM-099Y-099M-099Y-21WGY-0B
4	PRL/2*PASTOR//KACHU CMSS09B00260S-099M-099Y-7WGY-0B
5	BECARD #1/CIRNO C2008 CMSS10Y00589S-099Y-099M-29WGY-0B
6	GRACK*2/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ*2/5/BOW/URES//2*WEAV ER/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)//PGO CMSS10Y01107T-099TOPM-099Y-099M-9WGY-0B

Frecuencia

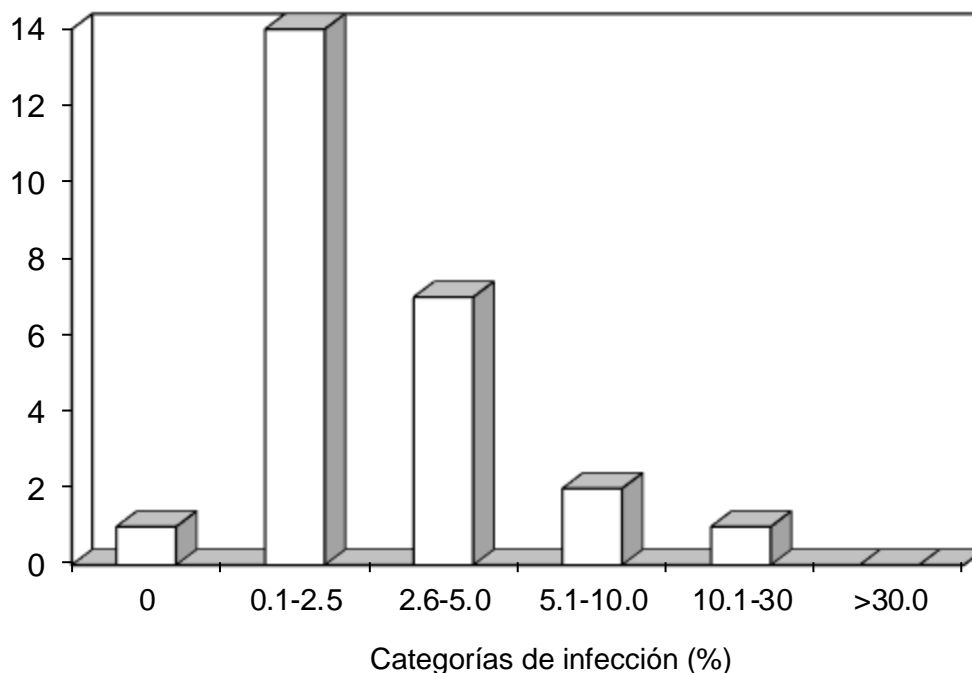


Figura 3. Categorías de infección (%) por punta negra, de líneas avanzadas y variedades comerciales de trigo harinero evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo 2014-2015, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

/3/WAXWING/4/WBLL1*2/BRAMBLING con 17.45 y KACHU/3/T.DICOCCONPI94624/AE. SQUARROSA(409)//BCN/4/2*KACHU con 17.26%. La línea experimental de trigo harinero PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/4/ VILLA JUAREZ F2009 presentó un promedio de 0.73% de grano infectado con punta negra, y CHIBIA//PRLII/CM65531/3/SKAUZ/BAV92/4/MUNAL#1 y ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ presentaron 3.9 y 4.4%, respectivamente. Aunque el promedio de infección del grupo de líneas evaluado en nuestro trabajo fue relativamente bajo (2.7%), algunas presentaron porcentajes de infección alto en alguna de las fechas de siembra, por lo que es importante se continúen las evaluaciones para asegurar niveles aceptables de resistencia y/o tolerancia a la punta negra en los nuevos materiales promisorios de trigo harinero, para producir un cultivo comercialmente viable para los productores del estado de Sonora y que satisfaga los requerimientos de la industria.

CONCLUSIONES

La línea experimental de trigo harinero BECARD #1/CIRNO C 2008 no presentó granos infectados con punta negra en ninguna de las dos fechas de siembra.

Las líneas ATTLA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ, PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07/4/BERKUT//PBW343*2/KUKUNA, DANPHE/2*BAJ#1, PRL/2*PASTOR//KACHU y GRACK*2/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ*2/5/BOW/URES//2*WEAVER/3/CROC_1/AE.SQUARROSA(213)//PGO presentaron un promedio de infección con punta negra menor al 1%.

BIBLIOGRAFÍA

- Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G., and Ortiz-Ávalos, A.A. 2013. Reaction of selected cultivars and lines of durum and bread wheat to black point. Annual Wheat Newsletter 59:48-52.
- Fuentes Dávila Guillermo, Ammar Karim, Figueroa López Pedro, Camacho Casas Miguel Alfonso, Félix Valencia Pedro, Cortés Jiménez Juan Manuel, Félix Fuentes José Luis, Chávez Villalba Gabriela y Ortiz Ávalos Alma Angélica. 2014. Reacción a la punta negra de líneas avanzadas de triticale durante el ciclo agrícola 2011-2012. pp. 345-350. Memorias del XVII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Octubre 9 y 10, 2014. Mexicali, Baja California, México. 622 p. ISBN: 978-0-9908236-1-290000>9780990823612.
- Fuentes-Dávila, G., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Valencia, P., Figueroa-López, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G. y Rosas-Jáuregui, I.A. 2016. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2013-2014. pp. 817-823. Memorias del XIX Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Octubre 27 y 28, 2016. 980 p.
- Mathur, S.B., and Cunfer, B.M. 1993. Seed-borne Diseases and Seed Health Testing of Wheat. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Hellerup, Denmark. 168 p.
- Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E., Ramsom, J., Bowman, J., de Milliano, W., Singh, R.P., and Bekele, G. 1986. Wheat Diseases and Pests: A guide for field identification. CIMMYT. Mexico, D.F. 135 p.
- Watkins, J.E. 2013. Black point disease of wheat. University of Nebraska-Lincoln. http://baylor.agrilife.org/files/2011/06/blackpointnebguide_2.pdf. Consultado el 23 de Marzo, 2014.
- Wiese, M.V. 1987. Compendium of Wheat Diseases. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 112 p.

EFFECTO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE PEPINO (*Cucumis sativus*; L.) CON MANEJO ORGÁNICO EN MALLA SOMBRA

Luis Gerardo Espinoza Barajas¹, David Ovalle Ríos¹, Homero Sánchez Galván², Jorge Sáenz Mata², Alejandro Espinoza Barajas¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango, ²Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.

e-mail: lgeb-fazujed1993@outlook.es

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de pepino es muy importante, pues es el principal exportador con un 80% de exportaciones, dirigidas a los Estados Unidos por vía terrestre (Green *et al.*, 2012). Además según cifras del (SIAP, 2014), muestran, que el principal estado productor fue Sinaloa, con una producción de 305,327 toneladas; seguido por Michoacán con una producción de 95,102 toneladas y por Sonora con 74,777 toneladas.

En cuanto a la producción de pepino, una de las alternativas es la malla sombra; que según (Moreno *et al.*, 2013), ayuda principalmente a los frutos de pepino a mantener la humedad (cerca de un 8% más que frutos establecidos sin malla sombra), además, los frutos de pepino que se sometieron a condiciones de cubierta plástica perdieron menos humedad y tuvieron las mejores características en sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, etc. Todos estos, determinantes importantes en la degustación del producto.

El uso de Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal ha sido un tema muy mencionado en diversos reportes, y mucho se ha descrito la asociación benéfica entre plantas y estos microorganismos; en la que bacterias aplicados a la semilla, al suelo o a la planta, colonizan la raíz, la rizosfera o ambos, y promueven el crecimiento de las plantas e incrementan la absorción y disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos microorganismos son conocidos como promotores del crecimiento vegetal (Kloepper y Schroth, 1978). Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal en pepino, actúan incrementando la altura, área foliar, la concentración de nutrientes y el rendimiento, esto según una investigación de (Pérez *et al.*, 2012).

Como se vio anteriormente, las bacterias han sido usadas ampliamente en la agricultura actual, pues aumentan la producción y calidad de algunas hortalizas. En esta investigación se tuvo como objetivo evaluar la calidad y cantidad de frutos de plantas de pepino (*Cucumis sativus*; L) con la utilización de estas bacterias: LBEndo1 (*Bacillus spp.*), NFbEndo2 (*Acinetobacter guillouiae*), KBEndo3 (*Aeromonas caviae*), y KBecto4 (*Pseudomonas lini*) (Palacios *et al.*,

2016). Los cuatro tipos de bacterias promotoras del crecimiento ya mencionadas, fueron aisladas y purificadas en la Facultad de Biología de la UJED, Gómez Palacio Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el campo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED), cuyas las coordenadas geográficas son 25° 46' 02'' de latitud y 103° 21' 02'' de longitud; con una altura sobre el nivel del mar de 1110 metros. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: T1: LBEndo1, T2: NFbEndo2, T3: KBEndo3, T4: KBecto4, T5: TESTIGO.

Siembra. Se realizó el 11 de febrero del 2016 en charolas de unisel de 200 cavidades usando sustrato peat mos (lambert®), y el híbrido de pepino Modan en seguida de eso la semilla fue tapada con vermiculita, inmediatamente después se dio un riego ligero de germinación, después las charolas fueron apiladas y tapadas con plástico negro durante 72 hrs. Una vez que germinaron fueron extendidas las charolas para iniciar el proceso de crecimiento y desarrollo vegetativo, hasta obtener la planta ideal para llevar a campo, mismo que se logró en un tiempo de 22 días.

Plantación. El cultivo se trasplantó directamente en el suelo el día 6 de marzo del 2016 procurando que el cepellón estuviera completo, se utilizó una distancia entre plantas de 0.25 m y 1.60 m entre surcos a hilera sencilla, para tener una densidad de 25, 000 plantas por hectárea; lo anterior utilizando el híbrido Modán. Previo al establecimiento del experimento al suelo se le realizó un análisis físico-químico en el laboratorio de la Facultad de Agricultura y Zootecnia observándose una conductividad eléctrica de 3.69 mS.cm⁻¹, 13.68% arena, 22.36% limo y 63.96% de arcilla; proporción que indica que trata de un suelo arcilloso. En cuanto al análisis químico mostro que el suelo contenía 30 meq.L⁻¹ de calcio (Ca), 26.8 meq.L⁻¹ magnesio (Mg), un pH de 7.37 y 0.111 ml.L⁻¹ y 1.18% de materia orgánica (M.O.), lo que lo clasifica como un suelo pobre.

Inoculación. Se realizaron dos inoculaciones, la primera en estado de plántula y la segunda inoculación de las bacterias se realizó el día 20 de marzo de manera directa en el suelo con una mochila aspersora, a los 14 días después de la plantación y las concentraciones utilizadas fueron de 1 x 10⁸

Riego y fertilización. El método de riego utilizado fue por cintilla, se aplicaron 500 litros diarios de agua, durante el primer mes donde en el agua de riego se aplicó: lixiviado de Lombricomposta 1 litro, Ácidos húmicos 2 litros y Sal Epsom 1 litro, esto disuelto en un tinaco con capacidad de 1000 litros de agua. A partir del segundo mes se incrementó el riego a 1000 litros diarios y se cambió la dosis de fertilización en el agua de riego de la siguiente manera: lixiviado de Lombricomposta 1 litro, Ácidos húmicos 2 litros y Sal Epsom 1 litro, esto disuelto en un tinaco con capacidad de 1000 litros de agua.

Manejo cultural. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo con hilo rafia, realizando actividades culturales recomendadas como: desbrote, enrede y deshoje.

Cosecha. La primer cosecha se realizó a los 65 días después del trasplante, el día 10 de mayo del 2016, en total se realizaron 10 cosechas y la última de estas se realizó el día 10 de junio del 2016. El ciclo del cultivo fue de 119 días.

Manejo fitosanitario. Para la defensa del cultivo contra plagas como trips y mosquita blanca se aplicó extracto de ajo y orégano los días 6, 7 y 8 de mayo 2016.

Análisis estadístico. El diseño utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones y los datos fueron analizados con un ANOVA y comparación de medias con la prueba estadística de Tukey ($P < 0.05$), utilizando un paquete estadístico llamado: "Diseños Experimentales FAUANL, 2014".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento. De acuerdo con los análisis obtenidos en cuanto a rendimiento, los Tratamientos: LBEndo1 con una producción 42.20 t ha^{-1} y KBEndo3 con una producción 42.10 t ha^{-1} , fueron superiores a los demás tratamientos. Véase Figura 1.

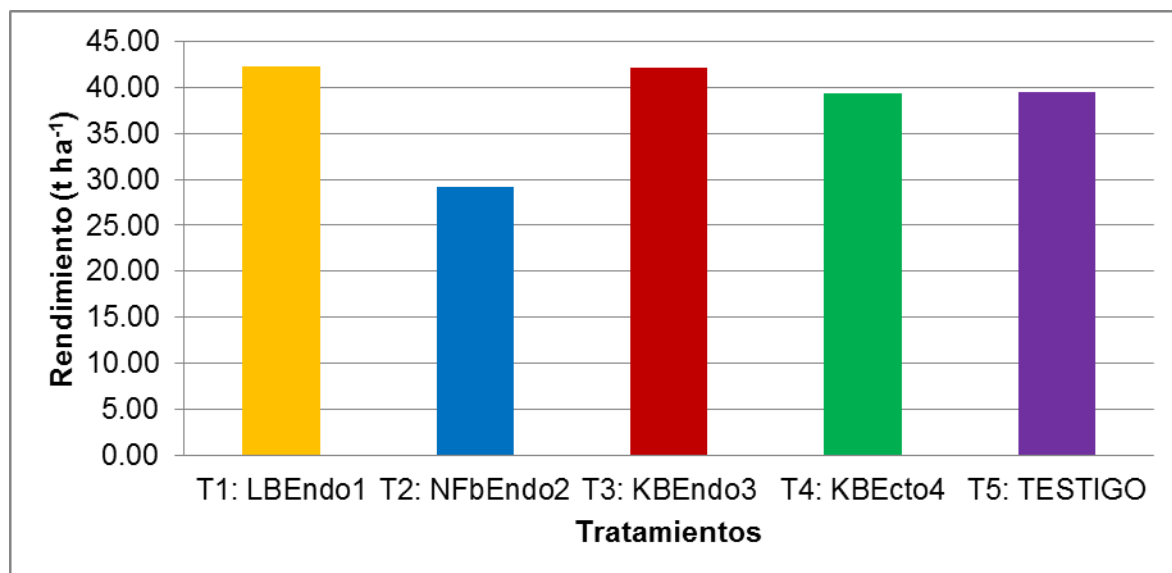
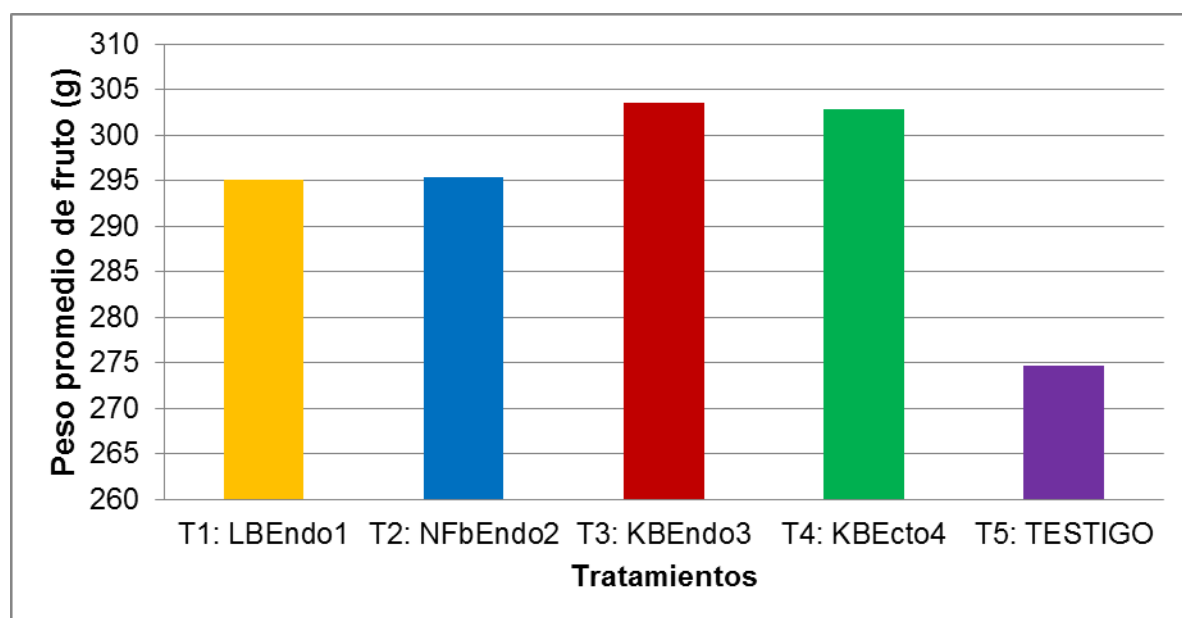


Figura 1. Rendimiento estimado en kilogramos por hectárea de los frutos de pepino evaluados, FAZ-UJED 2016.

Peso de fruto. El peso promedio de los pepinos (Figura 2.) del tratamiento testigo fue de 274.70.5 gramos, mismo que está por debajo de la norma de (USDA, 1997) para la calidad de pepino americano calidad Fancy, que indica un peso entre los 300 a 400 g. Además, en esta variable, el mejor de los tratamientos según el análisis estadístico fue KBEndo3 con un peso de 303 gramos promedio por fruto (Tukey $\alpha= 0.5$), pero fue seguido por el tratamiento KBecto4 con un peso promedio de 302.8 gramos por pepino (Cuadro1).



Figur

a 2. Peso promedio en gramos de los fruto de pepino evaluados, FAZ-UJED 2016.

Cuadro 1. Comparación de medias de Frutos por planta, Peso de fruto (g), Rendimiento por planta (g), Rendimiento (t ha⁻¹), % de Calidad: Primera, Segunda y Rezaga, de los tratamientos en pepino, bajo condiciones de malla-sombra, FAZ-UJED, 2016.

Tratamiento	Frutos por planta	Peso de fruto (g)	Rendimiento o por planta (g)	Rendimiento t ha ⁻¹	Primera	Segunda	Rezaga
T1: LBEndo1	5.72 a	295.10 b	1687.95 a	42.20 a	74.25 c	26.00 a	0.00 c
T2: NFbEndo2	3.95 c	295.00 b	1166.92 c	29.20 b	87.25 a	11.25 c	1.35 a
T3: KBEndo3	5.55 a	303.00 a	1684.40 a	42.10 a	82.00 b	18.25 b	0.00 c
T4: KBecto4	5.20 a	302.80 a	1574.80 b	39.40 a	74.25 c	25.25 a	0.96 b
T5: Testigo	5.75 a	274.70 c	1579.60 b	39.50 a	70.50 c	28.50 a	0.87 b

Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$

Número de frutos. En este caso, el testigo fue el segundo que mayor cantidad de frutos produjo en 10 muestreos, donde se muestrearon 20 plantas. Sin embargo, los promedios en el peso de fruto fueron de los más bajos con 274.70 g.

Calidad. En cuanto a la calidad (Figura 3) se observó que el tratamiento 2 NFbEndo2 tuvo la mejor calidad según los estándares del USDA para la calidad en pepino, por lo tanto se puede decir que NFbEndo2 (*Acinetobacter guillouiae*) tiene efectos positivos en la calidad de los pepinos en condiciones de malla sombra en la Región Lagunera.

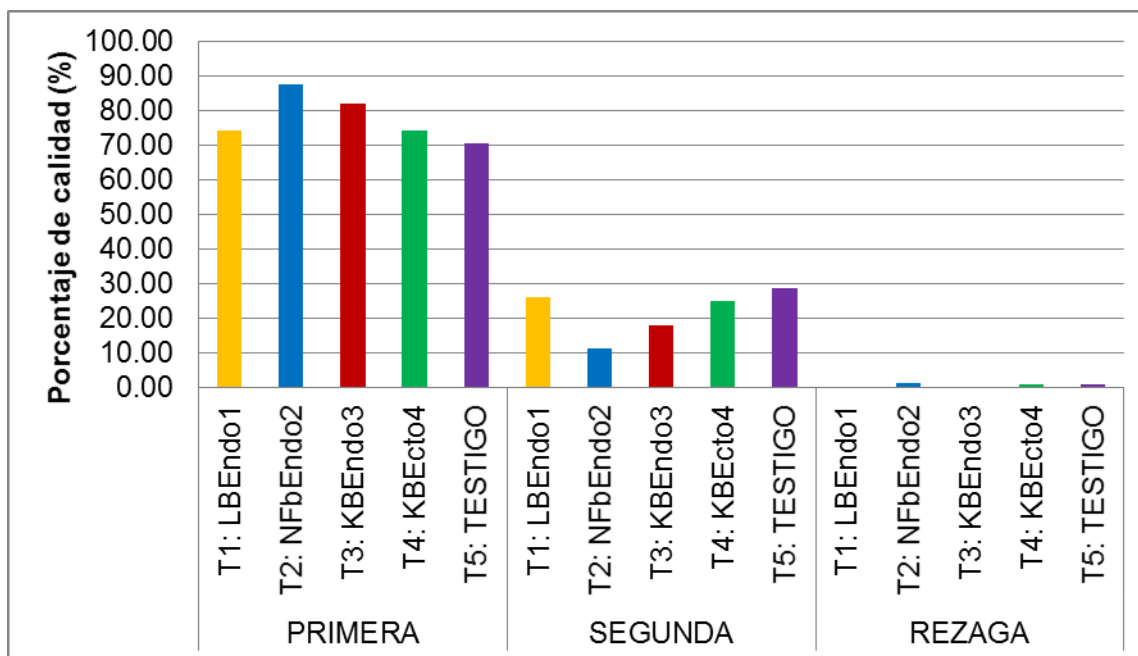


Figura 3. Porcentaje de calidad de primera de frutos de pepinos evaluados, FAZ-UJED 2016.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se determinaron las siguientes conclusiones:

Los tratamientos LBEndo1 y KBEndo3 obtuvieron los mejores rendimientos por hectárea con 42.20 y 42.10 respectivamente.

El tratamiento 2, NFbEndo2, fue el que mostro una mayor calidad de frutos y el testigo fue el de menor calidad.

La utilización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en la agricultura orgánica debe seguir estudiándose debido a los múltiples beneficios que estas ofrecen al cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP). 1999. Sistemas de información del medio físico y la productividad de los cultivos forrajeros. Gómez Palacio, Durango, México.
- Kloepper J W, M N Schroth. 1978. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In Proc. of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. G Clarey (ed). Station de pathologie vegetale et phyto-bacteriologie. Angers, France. pp:879-882.
- M.J. Green., J. M. L. Flores., C. S. Verdugo. SAGARPA-CONACYT. 2012. Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. Primera edición, 2012.
- Moreno V. D., W. R. Cruz., E. G Lara., A. M. Ibáñez., J.M.B. Díaz., B.B. Díaz. 2013. Cambios fisicoquímicos a postcosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm.6. 27 de septiembre, 2013 p. 909-920. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263128354007>
- Palacios R. R., Coria A. J. L., López B. J., Sánchez S. J. Muro P. G., Castañeda G. G., Sáenz M. J. 2016. Halophilic rhizobacteria from *Distichlis spicata* promote growth and improve salt tolerance in heterologous plant hosts. *Springer Science+Business Media Dordrecht*, 2017. 13 pág.
- Pérez R. E., O. G. Juárez., A. Alarcón., A. A. Coronado. 2012. Inoculación de bacterias promotoras del crecimiento en pepino (*Cucumis sativus*; L.). Colegio de Posgraduados., Campus Montecillo. México, Texcoco, Estado de México.
- SIAP. 2014. (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. [Consultado el 15 de agosto del 2016]
- USDA. 1997. United States Standards for grades of cucumbers. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Division. Fresh Products Branch. P. 7.

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE LECHUGA TIPO BOLA, ADICIONANDO COMPOSTA TIPO BOCASHI Y MICORRIZA *Glomus intraradices*

Maihualy Martínez Fernández^{1*}, Homero Sarmiento López¹, Marco Antonio Vázquez Mendoza², Saúl Santana Espinoza¹, Sergio Rosales Mata¹

1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2. Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. *martinez.maihualy@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos activan una serie de microorganismos promotores del crecimiento de las plantas y de bio-protección. No exige inversiones económicas muy altas para su elaboración y empleo, Los materiales con los que se elaboran, la mayoría de las veces son fácil y económicos de conseguir. La disponibilidad de los materiales, así como los diferentes usos es muy variable, haciendo a la composta un material apropiado para diferentes actividades agrícolas, lo cual puede encausar la conversión de la realización tradicional de los procesos agrícolas, lo que la mayoría de las veces, representa una limitante al estar fuera de las posibilidades económicas para mejorar su condición social (FAO, 2011).

La aplicación de residuos orgánicos se recomienda para mejorar la fertilidad y propiedades físicas del suelo (Muñoz, 2013) El mejoramiento de las propiedades físicas y químicas se logra a través de la promoción e incremento de la actividad microbiana beneficiando la agregación, aireación y capacidad de retención de agua ((Doran *et al.*, 1998; Stamatiadis *et al.*, 1999) citado por Muñoz, 2013)

Tradicionalmente la elaboración de almácigos de hortalizas bajo invernadero se lleva a cabo con materiales que al localizarlos en el mercado presentan costos elevados, y aunque algunos de los principales beneficios con que cuentan estos materiales es incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de las plantas, muchas de las veces el poder de adquisitivo de los productores de bajos estratos sociales, no es el suficiente para obtenerlos.

La elaboración del almácigo de lechuga bajo invernadero, se realiza con materiales de la mayor calidad, debido a que la semilla de este tipo de cultivo es muy chica. La calidad de los materiales es necesaria debido al tamaño de partícula en el caso de los sustratos que se emplean para el adecuado desarrollo de cada plántula, característica que implica el uso de materiales de alto costo, además de que son materiales inertes que más allá de brindar soporte para el adecuado crecimiento y desarrollo no brindan ningún tipo de nutrición.

El objetivo del presente trabajo, es evaluar el uso de composta tipo bocashi como alternativa de sustrato para el desarrollo de un almácigo de lechuga *Lactuca sativa* L., con la finalidad de

ofrecer a productores de diferentes estratos sociales, una alternativa que permita disminuir los costos de producción de almácigos bajo invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero de producción de plántula del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango.

Se estableció un almacigo de lechuga tipo bola de la marca Hortaflo® en charola de unicel de 100 cavidades, en condiciones de invernadero. Se establecieron 8 tratamientos los cuales se conformaron de la siguiente manera: T1: 100% Peat moss (PM); T2: 70% Peat moss + 30%composta(PM+C 70-30); T3: 70% Peat moss + 30% de compostas + Micorriza (PM+C+M 70-30); T4: 50% Peat moss + 50%Composta + Micorriza (PM+C`M 50-50); T5: 100% Peat moss + Micorriza (PM+M); T6: 50% Peat moss + 50% composta (PM+C 50-50); T7: 100% composta (C); T8: 100% composta + Micorriza (C+M).

A dicho almacigo se le aplicaron 1 o 2 riegos por día durante 70 días de producción en esta etapa, se le aplicó una fertilización a base de 1.5 g de MAP + 1.12 de sulfato de amonio + 0.64g de sulfato de potasio más 1.5ml de ácido fosfórico, por cada 5 litros de agua rociados fosfonitrato, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, ácido fosfórico y nitrato de calcio, con la dosificación acorde a la etapa del almacigo a partir de la aparición del tercer par de hojas verdaderas

Para la evaluación del comportamiento del almacigo se tomaron en cuenta las variables: altura, diámetro de tallo, número de hojas formadas, peso fresco foliar, longitud de raíz, peso fresco raíz, peso seco foliar y peso seco raíz

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza realizado para la variable altura, mostró que existían diferencias significativas Tabla 1 , por lo que se procedió a realizar la prueba de medias (Tabla 2) donde se observó que para esta variable el mejor tratamiento es el 4 y 6 (peat moss + c + m 50 – 50 peat moss, composta 50 - 50) donde la media fue de 51.81. A diferencia del tratamiento donde se obtuvo la media más baja, el 8 (composta + micorriza), por lo que se puede decir que para la elaboración de almácigos con peat moss más la composta en proporciones de 50 – 50%, se estimula un mejor desarrollo del cultivo , fomentando una mejor estructura de las plantas, sean o no inoculadas con micorriza.

Tabla 1. Análisis de varianza de la variable altura.

Variable	Tratamiento	Medias	p
Altura	C	43.55	<0.0001
	C+M	31.95	
	PM	51.29	
	PM+C 50-50	54.33	
	PM+C 70-30	46.86	
	PM+C+M 50-50	51.81	
	PM+C+M 70-30	46.25	
	PM	49.41	

Tabla 2. Prueba de medias de la variable altura.

Tratamiento	Ranks
C+M	16.3 A
C	42.4 B
PM+C+M 70-30	56.4 B C
PM+C 70-30	58.93 B C D
PM+M	69.13 C D
PM	75.7 C D
PM+C 50-50	81.83 D
PM+C+M 50-50	83.3 D

Para la variable diámetro, igualmente el anova nos indicó existencia de diferencias significativas (Tabla 3) y al realizar la prueba de medias se observó que los mejor resultados se obtuvieron en los tratamientos donde se utilizó composta más micorriza para realizar el almacigo (Tabla 4), mismo material que estimula un mejor desarrollo y crecimiento en las plántulas.

Tabla 3. Análisis de varianza de la variable diámetro.

Variable	Tratamiento	Medias	p
DIAMETRO	C	3.49	<0.0001
	C+M	2.11	
	PM	2.31	
	PM+C 50-50	3.43	
	PM+C 70-30	2.82	
	PM+C+M 50-50	3.29	
	PM+C+M 70-30	2.85	
	PM+M	2.33	

Tabla 4. Prueba de medias de la variable diámetro.

Tratamiento	Ranks
C+M	29.17 A
PM	30.07 A
PM+M	33.07 A
PM+C 70-30	60.70 B
PM+C+M 70-30	64.00 B
PM+C+M 50-50	85.13 B C
PM+C 50-50	90.47 C
C	91.40 C

En el número de hojas formadas de la misma manera, se encontraron diferencias significativas (Tabla 5) por lo que al realizar la comparación de medias (Tabla 6) se observó que el tratamiento con el mejor comportamiento fue el tratamiento 7, el cual fue solamente de composta, lo nos puede decir que dicho material estimula el vigor de planta al proporcionar los nutrientes necesarios para incrementar el desarrollo de la estructura foliar de las plántulas de este cultivo.

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable número de hojas formadas.

Variable	Tratamiento	Medias	p
HOJAS FORMADAS	C	6.00	<0.0001
	C+M	3.60	
	PM	5.40	
	PM+C 50-50	5.07	
	PM+C 70-30	5.20	
	PM+C+M 50-50	5.73	
	PM+C+M 70-30	5.33	
	PM+M	5.00	

Tabla 6. Prueba de medias de la variable número de hojas formadas.

Tratamiento	Ranks
C+M	24.30 A
PM+M	51.70 B
PM+C 50-50	53.87 B C
PM+C 70-30	58.20 B C
PM+C+M 70-30	64.93 B C D
PM	67.90 B C D
PM+C+M 50-50	78.53 C D
C	84.57 D

En el peso fresco foliar, el mejor comportamiento se vio influenciado por la presencia de composta en la elaboración de los tratamientos, aun en diferentes proporciones, tal es el caso de los tratamientos 4, 7 y 6 donde los valores de las medias se encontraron en los valores de las medias entre 2.25 y 2.20 (Tabla 7). De igual manera para el peso seco foliar, el mejor comportamiento se encontró en el tratamiento 4, 6 y 7, lo cual indica que el comportamiento continuó siendo igual, aun ante la pérdida de agua.

Tabla 7. Prueba de medias de la variable peso fresco foliar.

Tratamiento	Ranks
C+M	16.33 A
PM	34.97 A B
PM+M	52.70 B
PM+C+M 70-30	56.93 B
PM+C 70-30	58.33 B
PM+C 50-50	84.60 C
C	85.93 C
PM+C+M 50-50	94.20 C

Para la variable longitud de raíz, existieron diferencias significativas (Tabla 8) se puede observar que durante los tratamientos donde se utilizó en una proporción 70% peat moss + 30% composta la elongación (comportamiento del crecimiento de la raíz, en los tratamientos 3 y 2) fue similar, aunque en los resultados se observó que hubo mejor estimulación en el tratamiento en el que se adiciono micorriza (Tabla 9).

Tabla 8. Prueba de medias de la variable longitud de raíz.

Variable	Tratamiento	Medias	p
LONGITUD RAIZ	C	70.33	0.0064
	C+M	71.18	
	PM	70.39	
	PM+C 50-50	75.47	
	PM+C 70-30	81.50	
	PM+C+M 50-50	74.61	
	PM+C+M 70-30	80.81	
	PM+M	75.86	

Tabla 9. Prueba de medias de la variable longitud de raíz.

Tratamiento	Ranks
C	35.07 A
C+M	45.27 A B
PM+C+M 50-50	54.67 A B C
PM+M	60.27 B C D
PM+C 50-50	65.33 B C D
PM	71.13 C D
PM+C 70-30	71.27 C D
PM+C+M 70-30	81.00 D

En el peso fresco y seco de raíz se puede observar (Tabla 10), que el comportamiento de la variable fue similar, encontrándose el mejor comportamiento en el tratamiento 4, donde el tratamiento se preparó con 50% de peat moss, + 50% de compostas + inoculación con micorriza. Dicho comportamiento muestra que ante la presencia de composta y micorriza el comportamiento de la raíz mostro un mejor desarrollo, se observó un mejor afianzamiento de la planta, así como un mejor desarrollo radicular.

Tabla 10. Prueba de medias para las variables peso fresco y peso seco en raíz.

Tratamiento	Ranks peso fresco	Ranks peso seco
C+M	19.23 A	27.33 A
PM+M	46.10 B	43.50 A B
PM	50.83 B	49.93 A B C
PM+C 70-30	52.93 B	54.40 B C D
PM+C+M 70-30	65.53 B C	62.23 B C D
C	70.23 B C	72.23 C D
PM+C 50-50	81.33 C D	76.20 D E
PM+C+M 50-50	97.80 D	98.17 E

CONCLUSIONES

Ante la respuesta del cultivo en etapa de almácigo mediante la conformación de los tratamientos añadiendo composta y micorriza, se recomienda repetir el experimento y llevarlo hasta la etapa de trasplante y desarrollo del cultivo establecido. El hecho de enriquecer el sustrato en el que se desarrollaron las plántulas de lechuga, con composta tipo bocashi + micorriza, retardo la aplicación de fertilizante, paralelo a ello, se disminuyeron los riegos aplicados aun cuando la experimento se realizó en primavera – verano.

BIBLIOGRAFÍA

- Doran, J. W.; Elliott, E. T.; Paustian, K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil & Tillage Resear*, 49, 3-18.
- FAO. 2011. Folleto: Elaboración y uso del bocashi. Programa especial para la seguridad alimentaria pesa en El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería – GCP / ELS /007/ SPA. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- Muñoz, V. J. A; Velásquez, V. M. A; Osuna, C. E. S; Macías, R. H. El Uso de Abonos Orgánicos en la Producción de Hortalizas bajo condiciones de Invernadero. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. doi: 10.5154/r.rchsza. 2012.06.022. Aceptado 30 de agosto de 2013
- .

VIRUS EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN LA REGIÓN LAGUNERA

Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia*, Arturo Gaytán-Mascorro y José Alfredo Samaniego-Gaxiola

INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440. Matamoros, Coah. Correo: *chew.yazmin@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En la Región Lagunera, los sistemas de producción de melón han tenido algunas modificaciones debido principalmente a circunstancias de mercado, y la disposición del agua; en relación a época de siembra, óptima para el cultivo de melón es del 15 de marzo al 15 de abril (CAELALA, 1984); sin embargo, éste componente se ha modificado, por lo que se tienen siembras desde febrero hasta junio (Espinoza *et al.*, 2003), por lo que prácticamente se tiene el cultivo todo el año, con el consecuente incremento de plagas, entre los que se incluyen los vectores de virus.

En México, las pérdidas por daños directos ocasionados por pulgones en cucurbitáceas, van del 60% al 100% por transmisión de virus (Peña y Bujanos, 1999). En algunas regiones del país (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán), las áreas dedicadas a las hortalizas se han reducido drásticamente o incluso han desaparecido debido a los daños por virosis (Urias y Alejandre, 1999). Los pulgones *Aphis gossypii* y *Myzus persicae* han sido tradicionalmente los insectos de mayor prevalencia a través de los años, sin embargo recientemente han sido desplazados por la mosquita blanca (*Bemisia* sp), un insecto que tiene un amplio rango de hospederos cultivados y silvestres de fácil adaptación y eficiente multiplicación en una gran variabilidad de medios ambientes y que anteriormente se le considerara como plaga secundaria y que se transformó en una plaga importante a nivel mundial principalmente en cultivos como algodón (*Gossypium hirsutum* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), chile (*Capsicum annuum* L.), berenjena (*Solanum melongena*), calabacita (*Cucurbita pepo* L.) y otras hortalizas. Además de los daños directos al cultivo, este insecto es un vector eficiente de virus del grupo de los *Geminivirus*, *Closterovirus* y *Carlavirus*, los cuales se han constituido como un factor limitante en el establecimiento y desarrollo de cultivos en regiones agrícolas como el sur de Tamaulipas, El Bajío, Apatzingán, Morelos, Península de Yucatán, Guerrero, la Región de la Huasteca, entre otros (Dittrich *et al.*, 1985; Ortega, 1998; Urias y Alejandre, 1999).

En la Comarca Lagunera, las enfermedades virales causadas principalmente por pulgones, se reportaron por primera vez en 1985 y a partir de esa fecha se han incrementado tanto en

incidencia y severidad como en número de virus detectados, ocasionando pérdidas en rendimiento hasta de 60.0% e incluso pérdidas totales en algunas huertas (Chew y Jiménez, 2002). A partir de 1995 la mosquita blanca, se convirtió en una de las principales limitantes de la producción de hortalizas, especialmente para cosechas de finales de junio en adelante, ya que las poblaciones más altas de éste insecto coinciden con la etapa susceptible de los cultivos y por consiguiente estos son seriamente dañados (Nava, 1996; Sánchez *et. al.*, 1996). En el cultivo de melón, además de ser una plaga es el vector del Virus del Amarillamiento y Achaparramiento de las Cucurbitáceas (CYDSV) (Cano *et. al.*, 1999; Jiménez *et al.*, 2000).

Debido a la importancia del cultivo en la región, tanto económica como social, y al daño asociado a enfermedades virales, el objetivo de este trabajo fue determinar los virus presentes en el cultivo de melón bajo las condiciones la Región Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

En huertas comerciales de melón en el área agrícola de Matamoros, Coah., se realizaron muestreos de plantas con síntomas asociados a virosis como mosaicos, amarillamiento, deformación del follaje, decoloración intervenal, abolsamientos, entre otros. De las plantas con esos síntomas, se tomó tejido (hojas) de la parte apical, se colocó en bolsas de plástico, se etiquetaron y se transportaron en una hielera hasta el Laboratorio de Fitopatología del INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Las muestras se analizaron con la técnica ELISA (Inmunoensayo con enzimas conjugadas) siguiendo el protocolo de Agdia.

Los antisueros utilizados fueron: Virus mosaico del pepino (Cucumber mosaic virus-CMV), Virus mosaico de la sandía variante 2 (Watermelon mosaic virus type-2-WMV-2), Virus mosaico amarillo del zucchini (Zucchini Yellow Mosaic Virus-ZYMV), Virus mosaico de la calabaza (Squash Mosaic Virus-SqMV), Virus mancha anular del papayo variante sandía (Papaya Ringspot Virus type-Watermelon-PRSV-W), y Virus mosaico del tabaco (Tobacco Mosaic Virus-TMV).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los muestreos realizados en las huertas de melón, se colectaron 17 muestras con mosaicos, deformación de hojas, decoloración intervenal asociados principalmente a virus transmitidos por pulgones. De las 17 muestras analizadas, 13 fueron positivas para alguno de los antisueros utilizados (76.47%) y cinco muestras fueron positivas para dos virus (29.41%). El virus mas frecuente fue el virus mosaico de la sandía variante 2 (WMV-2) en 10 muestras (58.82%), ya

sea como único virus o asociado a otro virus, después el virus mosaico del pepino (CMV) en cinco muestras (29.41%), el virus amarillo del zucchini (ZYMV) en dos (11.76%) y el virus mancha anular del papayo variante sandía en una muestra (5.88%). El virus mosaico de la sandía-2 es de los virus más importantes en las cucurbitáceas y es transmitido por aproximadamente 40 especies de pulgones, entre los que destacan *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis citricola* (Conti *et al.*, 2000). De las cinco muestras con dos virus, dos fueron con WMV-2+CMV, una con WMV-2+PRSMV-w, y la otra con CMV+ZYMV. Esto indica que en la naturaleza es factible encontrar una planta infectada con uno o más virus, esto debido a que las plantas están expuestas a vectores con diferentes virus dependiendo de la maleza y cultivos aledaños que sirven como fuente de inóculo. Se reporta también que las infecciones mixtas de virus en un huésped, incrementan los síntomas y daños comparados con infecciones por solamente un virus (Conti *et al.*, 2000).

De los virus que fueron positivos, el virus mosaico del pepino (CMV) se puede transmitir por semilla hasta en un 80% dependiendo del cultivo y en algunas especies de maleza, la transmisión por semilla del CMV puede ser del 75%, de ahí la importancia de la maleza y de la calidad y procedencia de la semilla del cultivo de importancia en la epidemiología de éste virus (Conti *et al.*, 2000; Subramanya, 2013).

Los virus transmitidos por pulgones se detectaron principalmente en las fechas de siembra de melón intermedias (abril-junio).

Otro de los síntomas que se observaron en los muestreos fue amarillamiento parcial o total de la planta, plantas menos desarrolladas que concuerda con el virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (Cucumber Yellow Stunting Disorder Virus-CYSDV) transmitido por la mosquita blanca *Bemisia argentifolii* y que su incidencia se incrementa en las fechas tardías (junio a agosto), tal y como se comprobó en este estudio. y concuerda con lo reportado por Chew *et al.* 2008 y por Urías *et al.*, 2005 en cultivos de melón en Jalisco, en donde las fechas de siembra más afectadas por la mosquita blanca y virosis fueron las fechas tardías. El CYSDV se detectó en la Región Lagunera a partir de 1999 (Cano *et al.*, 1999) y se confirmó su identificación por medios moleculares (PCR-Reacción en cadena de la polimerasa) en 2008 (Álvarez *et al.*, 2008). A partir de esa fecha y hasta la actualidad, la mosquita blanca y el CYSDV, son uno de los principales factores limitantes en la producción y calidad del melón en la Comarca Lagunera.

El daño que provocan los virus en los cultivos (aborto de flores y frutos, menor desarrollo de la planta, menor producción, frutos deformes, muerte de la planta) dependen de la edad en la cual la planta es infectada. El virus mosaico del zucchini redujo en 94 y 76% la producción de fruto

comercial cuando las plantas fueron inoculadas con el virus en la etapa vegetativa y al inicio de la floración, respectivamente; pero cuando fueron inoculadas cuando los frutos estaban formados, la producción de frutos fue igual a una planta sana. Este virus también afectó negativamente el tamaño del fruto y la cantidad de sólidos solubles (°Brix) (Blua y Perring, 1989). Es por esto que es importante proteger a la planta de los vectores desde su establecimiento para aminorar los daños. Dentro de las prácticas que se sugieren esta el uso de barreras vegetales principalmente para el control de virus transmitidos por pulgones, aunque se deben tener ciertas consideraciones como la especie del cultivo barrera, el cual no debe ser susceptible al virus ni ser hospedero del vector o del cultivo de importancia, el tiempo en que se debe de sembrar la barrera, la altura, además que las barreras ocupan cierto espacio dentro del terreno del cultivo comercial, ya que entre más extensa sea la barrera, mejor serán los resultados, pero eso implica menor espacio para el cultivo de interés, aún así en algunos casos se ha registrado menor incidencia de virus en algunos cultivos cuando se utilizan barrera vegetales (Feres, 2000). Damicone *et al.*, (2007) indican que intercalar sorgo con sandía redujo la incidencia de virus transmitidos por pulgones, en un 43-93% y al intercalar soya y cacahuate con la sandía se redujo en un 27 a 60%; intercalar el sorgo fue más efectivo que utilizarlo alrededor del cultivo de sandía; sin embargo, intercalar el sorgo, redujo la producción de sandía en un 50% debido a la competencia y al espacio ocupado por el sorgo. Otra barrera física es el uso de cubiertas flotantes mas acochado transparente para el control de la mosquita blanca, áfidos y minador. Esta combinación excluyó a estos insectos mientras estaban cubiertas las plantas de melón y retardó la aparición de virus en dos semanas además de incrementar el rendimiento cuatro veces en relación al testigo sin acolchar y sin las cubiertas (Orozco *et al.*, 1995).

Debido a la complejidad de las enfermedades de origen viral que involucra a insectos vectores, virus, genotipos, maleza, traslape de fechas de siembra es necesario conjuntar una serie de prácticas para su manejo, entre los que se encuentran barreras vegetales o físicas (túneles o microtuneles), acolchados, control químico, biológico y cultural para disminuir los daños por virus. Por lo que se requiere continuar investigando medidas alternativas para el manejo de las enfermedades virales en melón y otras hortalizas.

CONCLUSIONES

Los virus que se detectaron en el cultivo de melón en fechas de siembra intermedias (abril-mayo) fueron: virus mosaico de la sandía variante 2 (WMV-2), virus mosaico del pepino (CMV), virus amarillo del zucchini (ZYMV) y el virus mancha anular del papayo variante sandía (PRSV-

W), transmitidos por pulgones. El WMV-2 fue el virus más frecuente, encontrándose también en infecciones mixtas que incrementan el daño en la planta.

En fechas de siembra tardías de melón (julio-agosto), predomina el virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV) transmitido por la mosquita blanca *Bemisia argentifolii*.

Este trabajo es parte de los resultados de la línea de investigación del programa de hortalizas de INIFAP-CELALA para generar nuevos sistemas de producción de hortalizas e involucra varios proyectos de investigación incluyendo el de "Tecnologías para la Producción Rentable y Sustentable de Melón y Sandía en Fecha Tardía".

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Ojeda, M.G., C.E. Guerrero-Gómez, A. Morales-Loredo, Y I. Chew-Madinaveitia, H. Gutierrez-Mauleón y O. Alvarado-Gómez. 2012. Detección por RT-PCR del virus del amarillamiento y enanismo en cucurbitáceas (CYSDV) del Centro-Norte de México. Nota Científica. Rev. Fitotecnia Mexicana Vol. 35 (Núm. Especial 5):43-47.
- Blua, M.J. and T.M. Perring. 1989. Effect of zucchini yellow mosaic virus on development and yield of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). Plant Disease 73:317-320.
- CAELALA (Campo Agrícola Experimental La Laguna). 1984. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola en la Laguna. INIA-SARH. Matamoros, Coah.
- Cano, R.P., Y.I. Chew M., F. Chávez G., F. Jiménez D., U. Nava C., E. López R., R. Ávila G., y A. Castro I. 1999. El amarillamiento del melón (*Cucumis melo* L.) en el Norte-centro de México. Posibles causas y estrategias de control. SAGAR. Junta Local de Sanidad Vegetal de la Región Lagunera de Coahuila y Durango. 13 p.
- Chew, M.Y.I. y F. Jiménez D. 2002. Enfermedades del melón. pp. 161-195. *In*: El melón: Tecnología de producción y comercialización. SAGARPA-INIFAP-CELALA. Matamoros, Coah.
- Chew-Madinaveitia, Y.I., A. Vega-Piña., M. Palomo-Rodríguez y F. Jiménez-Díaz. 2008. Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra. Revista Chapingo. Serie Zonas Áridas 7(2):133-138.
- Conti, M., D. Gallitelli., V. Lisa., O. Lovisolo., G.P. Martelli., A. Ragozizino., G.L. Rana., y C. Volvas. 2000. Principales virus de las plantas hortícolas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 93-103; 137-140.
- Damicone, J.P., J.V. Edelson., J.L. Sherwood., L.D. Myers., and J.E. Motes. 2007. Effects of border crops and intercrops on control of cucurbit virus diseases. Plant Disease 91:509-516.
- Dittrich, V., Hassan, S. O. and Ernst. G. H. 1985. Sudanese cotton and the whitefly: A case study of the emergence of a new primary pest. Crop Prot. 4(2): 161-176.
- Espinoza, A.J.J., I. Orona C., y P. Cano R. 2003. El cultivo de melón en la Comarca Lagunera: Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización. Pp.1-12. *En*: Técnicas actualizadas para producir melón. 5° Día del Melonero. Publicación Especial N0. 49. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coah.
- Ferres, A. 2000. Barriers crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne virus. Virus Research 71:221-231.
- Jiménez, D. F., Chew, M. Y. I., Cano, R. P. y Nava, C. U. 2000. Etiología del Amarillamiento del Melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera. *En*: Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Tecomán, Colima, México. pp. 23.
- Nava, C.U. 1996. Bionomics of *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring on cotton, cantaloupe and pepper. Tesis doctoral. Texas A&M University. 212 p.
- Orozco-Santos, M., O. Pérez-Zamora and O. López-Ariaga. 1995. Floating row covers and transparent mulch to reduce insect population, virus disease and increase yield in cantaloupe. Florida Entomologist 788(3):493-501.

- Ortega A. L. D. 1998. Susceptibilidad a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West) (Homóptera: Aleyrodidae) de Tepoztlán, Morelos. México. Agrocencia. 32 (3): 249-254.
- Peña, M. R. y R. Bujanos, M. 1999. Especies de áfidos (Homoptera: Aphididae) que dañan hortalizas. Pp: 188-218. *In* Hortalizas. Plagas y enfermedades. Editorial Trillas. México D. F.
- Sánchez, G. H., Cano, R. P., De Ávila, D. G. y Rodríguez, L. G. 1996. Informe de actividades. Campaña contra la mosquita blanca de la hoja plateada, *B. argentifolii* B. & P., en la Región Lagunera. *Comité Coordinador de la Campaña contra la Mosquita Blanca*, SAGAR. Torreón, Coah., México 24 p.
- Subramanya, S.K. 2013. Seed-borne plant virus diseases. Springer India. 327 p.
- Urías, M. C. y Alejandre, A. T. 1999. Los virus y su impacto en la producción agrícola. *En*: Hortalizas, plagas y enfermedades. Anaya, R. S., Romero, N. J., *et al.* (eds.). Editorial Trillas. México, D. F. pp. 92-109.
- Urías-López, M. A., Byerly-Murphy, K. F., Osuna-García, J. A., García-Berber, A. 2005. Incidencia de mosquita blanca (Hemiptera: Aleyrodidae), áfidos (Hemiptera: Aphididae) y virosis en melón de Jalisco, México. *Folia Entomol. Mex.* 44(3):321-337.

EFFECTO DE SEIS SISTEMAS DE PROTECCIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL FRUTO EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MELÓN EN FECHA TARDÍA EN LA COMARCA LAGUNERA

Arturo Gaytán-Mascorro^{1*}, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia¹, David G. Reta-Sánchez¹, y José Alfredo Samaniego-Gaxiola¹

¹CELALA-CIRNOC, INIFAP. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 Pte. Col. Centro. Matamoros, Coahuila. C.P. 27440. *Correo gaytan.arturo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es la región de mayor importancia para la producción de melón a nivel nacional. Durante 2016, fueron sembradas en México 19,884 hectáreas, de las cuales el 25% fueron establecidas en la Comarca Lagunera. En esta región, los productores de melón realizan las siembras en diferentes fechas o etapas. De acuerdo a estadísticas del SIAP, durante 2016 la superficie de siembra de melón en la Laguna fue de la siguiente manera: fechas tempranas (enero, febrero, marzo) 990 hectáreas; en fechas intermedias (abril, mayo, junio) fueron sembradas 2401 hectáreas; y en fechas tardías (julio, agosto) fueron sembradas 1611 hectáreas. En base a información registrada durante varios ciclos de producción, los rendimientos de melón han tenido los siguientes rangos de producción: Fecha temprana, 50-60 ton ha⁻¹; fecha intermedia, 35-40; fecha tardía, 12-20. En el año 2009 el INIFAP-CELALA inició con una línea de investigación para producir hortalizas fuera de temporada bajo condiciones protegidas o a campo abierto. Entre otros productos de esa línea de investigación, ha sido generada tecnología para producir melón y sandía fuera de temporada en fecha temprana con el uso de microtúneles de agrípon (polipropileno) que, junto con otros componentes de manejo como son el uso de acolchados y fertirriego, han mejorado la productividad de estos cultivos. La investigación para producir melón y sandía fuera de temporada en fecha tardía es limitada y no es concluyente. Las diferencias en productividad a través de fechas de siembra se deben a factores de clima y problemas de plagas y enfermedades principalmente cenicilla *Podospaera xanthii* y el amarillamiento (Virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas-CYSDV transmitido por la mosquita blanca *Bemisia argentifolii* (Nava *et al.*, 2007; Chew *et al.*, 2008; Chew *et al.*, 2009) por lo cual, en siembras tardías se tiene baja productividad, incluyendo rendimientos bajos y poca calidad del fruto, expresada ésta principalmente en el contenido de sólidos solubles totales. El factor que determina las épocas de producción en melón es el precio alto que tiene cuando son cosechados a partir del 16-20 de abril (\$6-8.0, incluso \$10.0 por kg en melón) y hasta el 12 de mayo en fecha temprana; y la cosecha de otoño-invierno (tardía) a

partir de 22-26 octubre (\$8-10.0 por kg de melón), noviembre, o fecha posterior. En la Laguna también se produce melón durante los meses de mayo y junio; sin embargo, los problemas de producción y el costo de cultivo no lo hacen tan rentable como en fechas tempranas y en fechas tardías. Debido a que la información generada para producir melón y sandía en fecha temprana, no es aplicable para producir en fecha tardía, se continúa con la generación de tecnología para producir en esta época, encontrándose como una opción los beneficios que ofrece el uso de plásticos en la agricultura que incluyen el uso solo o combinado de acolchados, túneles bajos o microtúneles y túneles altos.

El uso de acolchados incrementa la productividad de cultivos por efecto de incrementos de temperatura en el suelo a nivel de la zona de la raíz (Ibarra et al.,2001), sin embargo, no se tiene el mismo efecto en la temperatura a nivel del dosel de la planta. Se reporta que los túneles altos pueden incrementar la temperatura de la misma manera que los túneles bajos y que pueden tener los mismos beneficios en rendimiento. No obstante, a lo anterior, con acolchado más microtúnel, se pueden tener temperaturas sub óptimas que pueden dañar plantas de pepino y de tomate, en éste último, una temperatura del aire superior a 35 °C, ha causado daño en los bordes de las hojas (Ibarra y de la Rosa, 2004). Vercera y Nelson (2016) indican que en túneles altos se han tenido altos rendimientos debido a incrementos en densidad de población y no por un mayor rendimiento por planta; sin embargo, los rendimientos no fueron suficientes para amortiguar los costos de producción, sugiriendo que puede ser debido a que los genotipos utilizados no han sido generados para un sistema de producción de túneles altos. Por el contrario, con túneles bajos, un incremento en rendimiento del 15% es suficiente para cubrir los costos de producción y tienen potencial para incrementar la productividad de melón. De acuerdo al sistema de producción y al híbrido, estos mismos autores reportan tamaños de frutos desde 0.3 kg, hasta 1.8 kg.

En la Comarca Lagunera no hay estudios para producir melón y sandía en fecha tardía (siembras de septiembre-octubre) con el uso de microtúneles o túneles altos. El objetivo de este estudio fue comparar diferentes sistemas de protección en híbridos comerciales de melón en fecha tardía bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo fue realizado durante el ciclo otoño-invierno de 2013 en terrenos del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, en un suelo franco arcilloso. El diseño experimental fue un factorial 6 x 6 con arreglo combinatorio, distribuido en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los niveles del factor A fueron los sistemas de protección y los niveles del factor B

fueron los híbridos. Los Niveles del factor A fueron seis sistemas de protección: T1 Túnel bajo o microtúnel de plástico (polietileno) de 60 cm de alto y 86-90 cm de ancho, color transparente con perforaciones para permitir la circulación de aire; T2 Túnel alto de 2 m y 4 m de ancho, de plástico blanco lechoso, calibre 720 (180 micras), y 25 % de sombreo; T3 Túnel bajo de 2m de alto y 4 m de ancho, de agribón (polipropileno), color blanco de 17 gr m⁻² con 3% UV, y 85% transmisión de luz; T4 Túnel alto doble de 2.7 m, y 8 m de ancho, de agribón (polipropileno), color blanco de 17 gr m⁻² con 3% UV y 85% transmisión de luz; T5 Túnel alto doble de 2.7 m y 8 m de ancho, de plástico (polietileno), color blanco lechoso, calibre 720 (180 micras), y 25% de sombreo; T6 Túnel bajo o microtúnel de agribón (polipropileno) de 60 cm de alto y 86-90 cm de ancho, color blanco, de 17 gr m⁻² con 3% UV y 85% transmisión de luz. Los niveles del factor B fueron seis híbridos de melón: SME 0713, Cruiser, Expedition, Winter dew, Origami, Honey gold. Cada tratamiento constó de tres repeticiones. La producción de plantas fue en invernadero y realizada con anticipación (septiembre), a la fecha de trasplante que fue el 14 de octubre. La instalación de los sistemas de protección T1 y T6 fue al momento del establecimiento y fueron retirados 32 días después del trasplante; el resto de tratamientos no fueron retirados. No hubo restricciones para la aplicación de riego y nutrientes. El manejo de plagas y enfermedades fue mediante control químico. El tamaño de la parcela experimental fue de dos bordos de 1.8 m de ancho y 5 m de longitud (18 m²), y la parcela útil fue de un bordo o cama de 1.8 m de ancho y 4 m de longitud (7.2 m²). Fueron registrados datos de temperatura y de humedad relativa durante el periodo de crecimiento del cultivo (datos no presentados). La cosecha fue del 22 de diciembre de 2013 al 6 de enero de 2014. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) para las variables de estudio propósito de esta publicación y que fueron el tamaño individual del fruto y el porcentaje de fruto por tamaño cosechado por m². Para determinar el tamaño individual del fruto fue cosechado el total de la parcela útil, consecuentemente el promedio del tamaño de fruto es resultado de diferente número de frutos. La clasificación del tamaño del fruto de melón cosechado en fecha tardía fue realizada de manera arbitraria agrupando los tamaños de la siguiente manera: fruto de tamaño chico, peso de 120–350 g; fruto tamaño mediano, peso de 350-790 g; fruto tamaño grande, peso de 790- 1500 g. El porcentaje de fruto cosechado por tamaño fue determinado a partir de los kg de fruto cosechado por m².

RESULTADOS Y DISCUSION

Los sistemas de producción e híbridos afectaron significativamente el tamaño individual del fruto y el porcentaje de fruto cosechado por tamaño por m². En estas dos variables, el análisis de varianza mostró diferencias significativas para la interacción sistemas de protección–híbridos (Tabla1). Durante el mes de noviembre, los días 28-30; hubo temperaturas menores o iguales a 0°C, afectando las plantas de los tratamientos T1 y T6 (microtúneles de plástico y microtúneles de agribón respectivamente), pues éstos habían sido retirados el 14-16 de noviembre para permitir la actividad de los insectos polinizadores; por lo tanto, el 100% de las plantas fueron dañadas por baja temperatura.

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA) para el tamaño de fruto y porcentaje de frutos cosechados por tamaño por m², en melón cosechado fuera de temporada en fecha tardía en la Comarca Lagunera. INIFAP-CELALA ciclo otoño-invierno 2013.

FV	% frutos por tamaño por m ²			Tamaño fruto		
	Chico	Mediano	Grande	Chico	Mediano	Grande
A	**	**	**	**	**	**
B	**	*	**	**	**	**
A X B	**	**	**	**	*	**

En la categoría de tamaño chico, los híbridos que mostraron mayor variación a través de sistemas de protección fueron el híbrido Winter dew y Honey dew. Dentro de cada sistema de protección, las diferencias entre híbridos fueron registradas en los túneles altos de 2m de plástico; túnel alto de 2.7 m de alto de agribón y túnel de 2.7m de alto de plástico (Cuadro1). Aunque el tamaño de estos frutos no es comercial, la significancia de la interacción sistemas de protección X híbrido estuvo determinada en mayor medida por el genotipo Origami. La respuesta a dicha interacción para los tratamientos de protección.

De la misma manera que con el tamaño de fruto chico (130-350 g), la interacción Sistemas de protección X híbrido, fue determinada por el híbrido Origami, y los sistemas túnel alto de 2m de plástico, y túnel alto doble de 2.7m de plástico (Cuadro 2). No hubo diferencia estadística en túnel alto de 2.7m de agribón en ningún híbrido, ni sistema de protección, excepto las ya indicadas para los tratamientos T1 y T6, consecuencia del ambiente. El mayor peso de fruto de tamaño mediano fue de 752 g.

Cuadro 1. Interacción Sistemas de Protección X Híbridos para tamaño de fruto chico de melón evaluado Fuera de Temporada en Fecha Tardía en la Comarca Lagunera. INIFAP-CELALA ciclo otoño-invierno 2013.

	Tamaño de fruto chico					
	Cv1	Cv2	Cv3	Cv4	Cv5	Cv6
Microtúnel plástico	0.0 B a	0.0 B a	0.0 C a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a
Túnel 2m agribón	.223 A a	.200 A a	.270 A a	.192 A a	.253 A a	.187 B a
Túnel 2m plástico	.216 A b	.200 A b	.228 AB ab	.209 A b	.317 A a	.254 A ab
Túnel 2.7m agribón	.209 A ab	.226 A ab	.217 AB ab	.185 A b	.293 A a	.209 A ab
Túnel 2.7m plástico	.216 A abc	.238 A ab	.190 B bc	.138 A c	.303 A a	.227 A abc
Microtúnel agribón	0.0 B a	0.0 B a	0.0 C a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a

Tamaño fruto chico = 130-350 g; fruto mediano = 350-790 g; fruto grande = 350-1500 g.

Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos. Entre columnas se comparan d cada híbrido en los diferentes sistemas de protección. Entre hileras se comparan híbridos en cada sistema de protección.

Genotipos: 1SME 0713, 2CRUISER, 3EXPEDITION, 4WINTER DEW, 5ORIGAMI, 6HONEY GOLD.

Cuadro 2. Interacción Sistemas de Protección X Híbridos para tamaño de fruto mediano de melón evaluado Fuera de Temporada en Fecha Tardía en la Comarca Lagunera. INIFAP-CELALA ciclo otoño-invierno 2013.

	Tamaño de fruto mediano					
	Cv1	Cv2	Cv3	Cv4	Cv5	Cv6
Microtúnel plástico	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a
Túnel 2m agribón	.767 A a	.414 A a	.648 A a	.705 A a	.691 A a	.644 A a
Túnel 2m plástico	.627 A ab	.527 A b	.655 A ab	.569 A b	.752 A a	.643 A ab
Túnel 2.7m agribón	.605 A a	.598 A a	.745 A a	.602 A a	.742 A a	.604 A a
Túnel 2.7m plástico	.613 A ab	.679 A ab	.711 A ab	.622 A ab	.784 A a	.453 A b
Microtúnel agribón	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a

Tamaño fruto chico = 130-350 g; fruto mediano = 350-790 g; fruto grande = 350-1500 g.

Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos. Entre columnas se comparan d cada híbrido en los diferentes sistemas de protección. Entre hileras se comparan híbridos en cada sistema de protección.

Genotipos: 1SME 0713, 2CRUISER, 3EXPEDITION, 4WINTER DEW, 5ORIGAMI, 6HONEY GOLD.

La cosecha de fruto de tamaño grande se tuvo en túnel alto de 2 m de plástico con Expedition y Origami; en túnel alto doble de 2.7m de plástico con Expedition y Origami; y con túnel alto doble de 2.7m de agribón con Origami (Cuadro 3). Esta interacción indica que éstos híbridos pueden representar una opción para cosecha de melón tardío fuera de temporada en la Comarca Lagunera. Los microtúneles de agribón cuando son manejados como sistemas de protección

temporal pueden ser una desventaja debido a la probabilidad de bajas temperaturas que se tienen a partir del mes de noviembre; sin embargo, si se manejan como sistemas de protección semipermanente pueden representar una opción con posibilidades para producir no solo melón en fecha tardía sino otros cultivos entre los que se encuentra la sandía.

Cuadro 3. Interacción Sistemas de Protección X Híbridos para tamaño de fruto grande de melón evaluado Fuera de Temporada en Fecha Tardía en la Comarca Lagunera. INIFAP-CELALA ciclo otoño-invierno 2013.

	Tamaño de fruto grande					
	Cv1	Cv2	Cv3	Cv4	Cv5	Cv6
Microtunel plástico	0.0 A a	0.0 A a	0.0 B a	0.0 A a	0.0 C a	0.0 A a
Tunel 2m agribon	0.0 A a	0.0 A a	0.0 B a	0.0 A a	0.0 C a	0.0 A a
Tunel 2m plástico	0.0 A ab	0.0 A b	1.08 A ab	0.0 A ab	1.189 AB a	0.0 A ab
Tunel 2.7m agribon	0.0 A b	0.0 A b	0.0 B ab	0.0 A ab	1.258 A a	0.0 A b
Tunel 2.7m plástico	0.0 A a	0.0 A a	1.130 A a	0.0 A a	1.213 A a	0.0 A a
Microtunel agribon	0.0 A a	0.0 A a	0.0 B a	0.0 A a	0.0 C a	0.0 A a

Tamaño fruto chico = 130-350 gr; fruto mediano = 350-790 gr; fruto grande = 350-1500 gr.

Letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos. Entre columnas se comparan d cada híbrido en los diferentes sistemas de protección. Entre hileras se comparan híbridos en cada sistema de protección.

Genotipos: 1SME 0713, 2CRUISER, 3EXPEDITION, 4WINTER DEW, 5ORIGAMI, 6HONEY GOLD.

Al analizar los datos como porcentaje de frutos cosechados por tamaño por m², ha sido observado que los híbridos con mayor porcentaje de frutos de tamaño chico fueron SME 0713, Criuser, Winter Dew, y Honey Dew, con 70%, 69%, y 67% en túneles altos de 2m de agribón para los dos primeros y en túneles dobles de 2.7 m de plástico, respectivamente. Los sistemas de producción con túneles dobles de 2.7 m de plástico, y túneles dobles de 2.7 m de agribón fueron los que produjeron mayor porcentaje de frutos grandes por m² con el híbrido Origami. Los porcentajes de fruto de tamaño grande en estos tratamientos fueron de 45% y 35%, respectivamente. Los altos porcentajes de fruto cosechado de tamaño pequeño en los híbridos evaluados en este estudio han sido generados para condiciones a campo abierto y no para túneles altos, tal y como ha ocurrido en otros estudios para genotipos de melón cantaloupe americano (Vercera y Nelson 2016). Los túneles altos y túneles bajos pueden ofrecer ventajas con respecto a los sistemas de producción convencionales o a campo abierto, protegen de lluvia, vientos, baja temperatura, pueden significar barrera física contra plagas, incrementan temperatura en suelo y atmosfera dentro del túnel, y se han tenido mejoras en productividad de

cultivos. En la Comarca Lagunera ya se utilizan los microtúneles de agribón en fecha temprana, y el uso de éstos sistemas de protección o de túneles altos estará determinada por los resultados de investigación que vayan justificando su uso. Un aspecto importante a considerar será el costo de esta tecnología; sin embargo, se prevé, que será a mediano y largo plazo.

La situación anterior indica que es posible la producción de melón fuera de temporada en fecha tardía con el uso de sistemas de protección permanentes o semipermanentes. En la Laguna las fechas de siembra más tardías por lo regular se realizan hasta el 18-20 de agosto, y algunas a principios del mes de septiembre, pero ha sido algo excepcional. Los melones sembrados en agosto y cosechados a finales de octubre y durante el mes de noviembre son de baja calidad y de tamaño pequeño, con frutos desuniformes en color de cáscara, forma, firmeza, y otros atributos entre los que se encuentra la textura y color de la pulpa. De esta manera, los frutos de tamaño intermedio y de tamaño grande cosechados en este estudio, son similares a los que se cosechan a nivel comercial. No obstante, hay que considerar la fecha de establecimiento de este ensayo. No hay antecedentes previos de cosechar melón durante el mes de diciembre y enero, significando este estudio el primero en reportar esta posibilidad en la Comarca Lagunera.

CONCLUSIONES

Es posible producir melón y sandía fuera de temporada en fecha tardía. El tamaño de fruto de melón depende del sistema de protección y del híbrido que se utilice en siembras tardías. Bajo ciertas condiciones, el uso de túneles altos pueden ser una opción para la producción intensiva de cultivos hortícolas. Los resultados de este estudio indican que se requiere mayor información del comportamiento varietal para la producción de melón en fechas tardías; estudios que involucren otras tecnologías para reducir riesgos de producción, y mejorar la calidad del fruto.

Esta publicación es parte de los resultados de investigación del programa de hortalizas del INIFAP-CELALA para el diseño de nuevos sistemas de producción de hortalizas bajo condiciones protegidas o a cielo abierto en la Comarca lagunera que incluye varios proyectos de investigación entre los que se encuentra en proyecto: "Tecnologías para la Producción Rentable y Sustentable de Melón y Sandía en Fecha Tardía".

BIBLIOGRAFIA

- Chew M.Y.I., A. Gaytan M., C. Serrano G., y U. Nava C. 2009. Manejo del virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV) en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 8(2):105-108.
- Chew, M.Y.I., A. Vega P., M. Palomo R., y F. Jiménez D. 2008. Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra en la Región Lagunera. México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 7(2):133-138.
- Nava, C.U., Y.I. Chew M., y P. Cano R. 2007. Etiología, epidemiología y manejo del amarillamiento del melón en la Comarca Lagunera. Pp. 10-28. En: L.A. Maldonado N. y G.A. Fieros L. (eds.).

- Estrategias de manejo integrado de mosquita blanca y virosis en cucurbitáceas. Memoria Técnica 26. SAGARPA-INIFAP-CIRNE-CE Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
- Ibarra-Jiménez L., M. R. Quezada-MartínA and M. de la Rosa-Ibarra. 2004. The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber B Australian Journal of Experimental Agriculture. 44:91–94 CSIRO PUBLISHING www.publish.csiro.au/journals/ajea
- Ibarra-Jiménez, L; M. de la Rosa Ibarra. 1999. Comparación entre microtúneles con cubiertas de polietileno y polipropileno en pepino y pimiento con acolchado plástico. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 133-139, 2004.
- Lamont, Jr., W.J. 2009. Overview of the use of high tunnels worldwide. HortTechnology 19:25–29.
- Waterer, D.R. 2003. Yields and economics of high tunnels for production of warm-season vegetable crops. HortTechnology 13:339–343.
- Mina Vescera and Rebecca Nelson Brown^{1,2}. 2016. Effects of Three Production Systems on Muskmelon Yield and Quality in New England. HORTSCIENCE 51(5):510–517. 2016. Department of Plant Sciences and Entomology, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881.

REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*Tilletia indica*) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2014-2015

Guillermo Fuentes-Dávila*, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Luis Félix-Fuentes, Miguel Alfonso Camacho-Casas y Gabriela Chávez-Villalba

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *Correo: fuentes.davila@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El carbón parcial causado por el hongo *Tilletia indica* Mitra [sin. *Neovossia indica* (Mitra) Mundkur] ocurre en forma natural en trigo harinero (*Triticum aestivum*; Mitra 1931), trigo duro (*T. turgidum*), y triticale (*X Triticosecale*; Agarwal *et al.*, 1977). Los granos infectados generalmente se afectan de manera parcial, y no es muy común encontrar granos completamente afectados (Figura 1) (Mitra, 1935; Bedi *et al.*, 1949; Chona *et al.*, 1961).

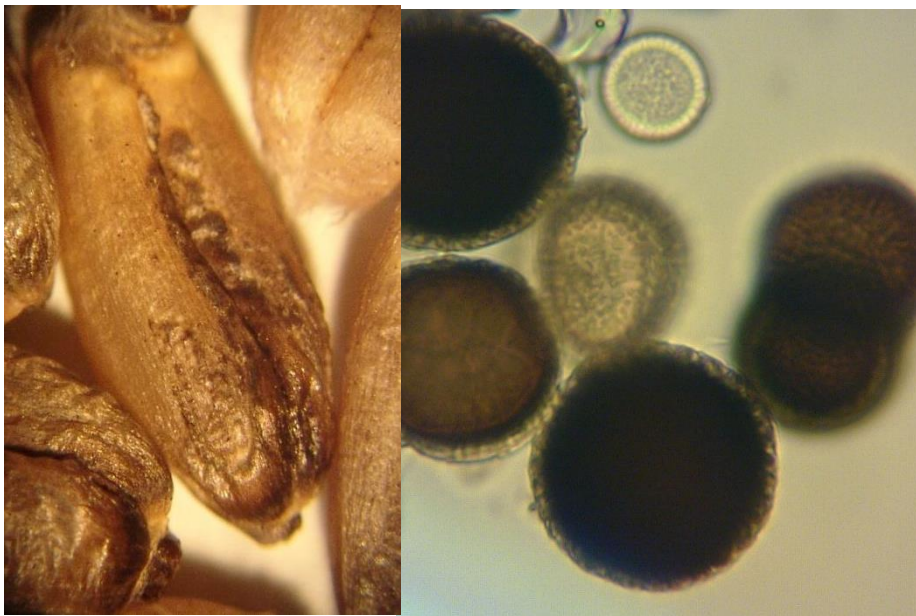


Figura 1. Síntomas del carbón parcial en el grano del trigo y teliosporas del hongo *Tilletia indica*.

Esta enfermedad se reportó por primera vez en la India (Mitra, 1931); luego en México (Duran, 1972), Pakistán (Munjal, 1975), Nepal (Singh *et al.*, 1989), Los Estados Unidos (APHIS, 1996) y África del Sur (Crous *et al.*, 2001). El control de este organismo es difícil debido a que las teliosporas son resistentes a factores físicos y químicos (Smilanick *et al.*, 1988). El control químico se puede llevar a cabo mediante aplicación de fungicidas durante el período de

floración (Salazar-Huerta *et al.*, 1997; Fuentes-Dávila *et al.*, 2005); sin embargo, cuando las regulaciones cuarentenarias estipulan que no hay nivel de tolerancia para la producción de semilla (SARH, 1987), esta medida no es económicamente redituable para aplicación comercial. El uso de variedades de trigo resistentes a la enfermedad es la medida de control más adecuada; además, el uso de tales variedades reduciría las posibilidades de introducir la enfermedad a áreas libres. Desde 1940's varias especies de *Triticum* han sido evaluadas para resistencia al carbón parcial (Bedi *et al.*, 1949; Singh *et al.*, 1988). El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción a *Tilletia indica* en inoculaciones artificiales en campo, de veintitrés líneas avanzadas de trigo cristalino y dos variedades comerciales en uso en el noroeste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Veintitrés líneas avanzadas de trigo cristalino y las variedades CIRNO C2008 y Quetchehueca Oro C2013 se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2014-2015 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 27°22'3.01" N y 109°55'40.22" W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron noviembre 19 y 28, 2014, usando aproximadamente 8 g de semilla para un surco de 0.7 m de largo en cama de dos hileras sin repeticiones. Para preparar el inóculo (Fuentes-Dávila *et al.*, 1993), las teliosporas se obtuvieron de granos de trigo infectados, los cuales se agitaron en una solución de tween 20 + agua en tubos de ensaye, se cribaron en malla de 60 µm y se dejaron reposar en agua durante 24 h. Luego, las teliosporas se colocaron en hipoclorito de sodio al 0.6% durante aprox. 2 min mientras se centrifugaban a 3,000 rpm, se decantaron y se agregó agua destilada estéril para remover el exceso de cloro mientras se centrifugaba nuevamente a 3,000 rpm, repitiendo esta última operación. Las teliosporas se sembraron en agar-agua al 2% bajo condiciones asépticas, utilizando una jeringa o pipeta estéril, se incubaron a 18-22°C hasta detectar germinación. Pedazos de agar-agua donde se detectaron teliosporas germinando, se colocaron invertidos en tapas de cajas Petri con papa-dextrosa-agar con el fin de estimular la producción de esporidios secundarios. Después de 9 días de crecimiento, se agregó agua esterilizada a las cajas Petri con colonias del hongo en desarrollo, se rasparon con una espátula esterilizada a la llama y la suspensión se transfirió a otras cajas Petri con PDA para incrementar el inóculo. Una vez que las cajas Petri estuvieron cubiertas con el hongo, cuadros de agar-agua-hongo se colocaron invertidas en tapas de cajas Petri de vidrio esterilizadas, en el fondo de las cuales se colocó agua esterilizada y la colecta de esporidios secundarios se realizó diariamente con el fin de cuantificar usando un

hematocímetro y ajustar la concentración a 10,000 por mL. Las inoculaciones se hicieron inyectando 1 mL de una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL) con una jeringa hipodérmica durante el embuche (estadío 49, Zadoks *et al.*, 1974) en 10 espigas por línea. Se utilizó un sistema de microaspersión automatizada cinco veces por día durante 20 min en cada ocasión, con el fin de proveer un ambiente húmedo en el área experimental. La cosecha y trilla de las espigas inoculadas se hizo manualmente, y el conteo de granos infectados y sanos y la evaluación se realizaron mediante inspección visual. Las líneas que se evaluaron fueron originadas del programa colaborativo entre el CIMMYT y el INIFAP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 33.6%, con un promedio de 9.4; tres líneas no presentaron granos infectados. El rango de infección para la segunda fue de 0 a 23.8%, con un promedio de 4.7, dos líneas no presentaron granos infectados. La línea 1A.1D5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/CF4-JS40//SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/9/CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL. ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/S no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas. La media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible fue de 98.6%. Presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra las líneas SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/3/GUANAY/5/NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRON_1/6/LILE/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/7/AJAIA/LOTUS_4/3/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4 con 25.5, CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/4/JUPARE C 2001/5/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/6/RISSA/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA*2/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 con 21.7 y WDRAIL_1/TOSKA_26//PLATA_6/GREEN_17/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/4/SORA/2*PLATA_12//RASCON_37/6/YAV79/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/GREEN_19 con 21.2% (Figura 2). Cuatro líneas estuvieron en la categoría de infección 0.1-2.5%; la línea con el menor promedio de infección fue RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/ AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNO C 2008 con 0.80%. En la categoría de infección 2.6-5.0% hubo nueve líneas, en la categoría 5.1-10.0% hubo cuatro líneas y las variedades CIRNO C2008 y Quetchehueca Oro C2013 y cinco líneas en la categoría 10.1-30.0%.

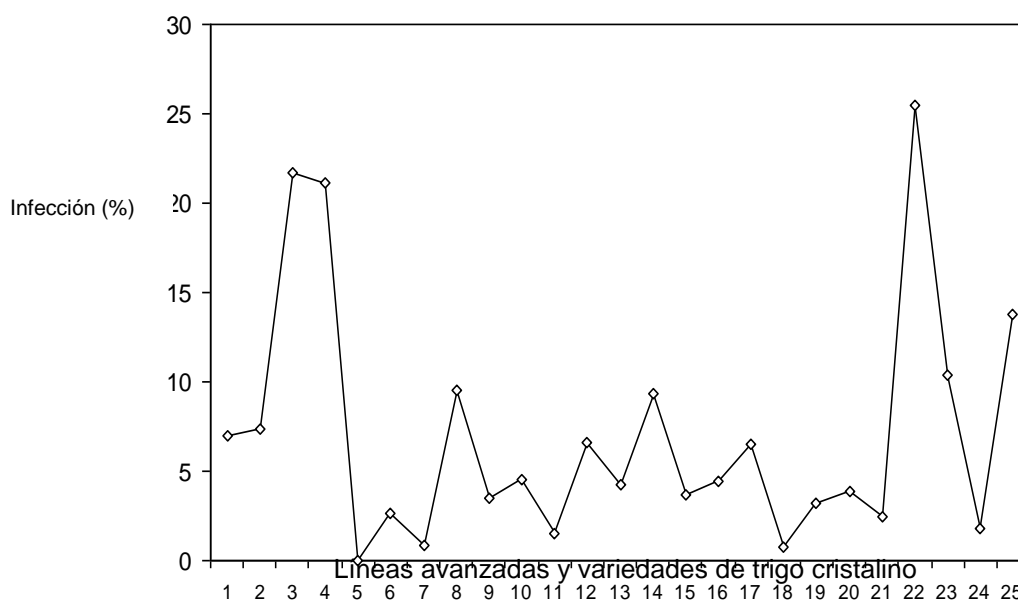


Figura 2. Porcentaje promedio de infección con carbón parcial en dos fechas, de 23 líneas avanzadas y 2 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2014-2015, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= CIRNO C2008, 2= Quetchehueca Oro C2013.

Las líneas dentro de la categoría de infección 0.1-5.0% (Cuadro 1) se consideran como resistentes (Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994) y poseen un alto potencial para ser usadas en mejoramiento como progenitores donadores del carácter de resistencia a la enfermedad. Las variedades de trigo harinero y cristalino que se han generado y liberado en la última década, ha sido en base a su resistencia a la roya de la hoja, roya amarilla, rendimiento, calidad y resistencia al carbón parcial. Aunque la susceptibilidad predominante al carbón parcial se presenta en los trigos harineros, es importante que las progenies de mayor interés y líneas avanzadas de trigos cristalinos se evalúen en forma continua para asegurar que los bajos niveles de infección se deban a la resistencia genética y no a escapes a la enfermedad. También se requiere que los esfuerzos conjuntos entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Norman E. Borlaug y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, continúen para asegurar niveles aceptables de resistencia al carbón parcial en los nuevos materiales promisorios de trigo cristalino, para producir un cultivo comercialmente viable para los productores del estado de Sonora y que satisfaga los requerimientos de la industria.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	1A.1D 5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/CF4-JS 40//SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/9/CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/ F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/S CDSS07B00576T-0TOPY-099Y-014M-11Y-4M-0Y
2	AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/GERARDOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI// CIT71/CII/9/CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR_84/4/AJAIA_2/5/ KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON _37//WODUCK/CHAM_3 CDSS07B00431S-099Y-010M-11Y-2M-0Y
3	GUAYACANINIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4/3/SNITAN/7/ CAMAYO//HYDRANASSA30/SILVER_5/3/SOOTY_9/RASCON_37/5/DUKEM_15/3/BISU _1/PLATA_16//RISSA/4/SOOTY_9/RASCON_37/6/SOOTY_9/RASCON_37//TILO_1/LOT US_4 CDSS09Y00259S-099Y-016M-1Y-0M-04Y-0B
4	DAKTER/5/GUAYACANINIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4/3/ SNITAN CDSS09B00083S-099Y-030M-7Y-4M-06Y
5	ALTAR84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/GREEN_14//YAV_10/AUK/5/SOMAT_4/ INTER_8/6/HUBE//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/SOOTY_9/RA SCON_37/5/SOOTY_9/RASCON_37/7/ALTAR_84/BINTEPE_85/3/STOT//ALTAR84/ALD /4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRIKSE_12/SNITAN/6/SO CDSS09B00323T-099Y-020M-14Y-3M-06Y
6	GERUFTEL-1//GUAYACANINIA/2*SNITAN CDSS10Y00291S-099Y-044M-8Y-4M-06Y
7	GUAYACANINIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_7/7/CAMAYO//HYDRANASSA30/ SILVER_5/3/SOOTY_9/RASCON_37/5/DUKEM_15/3/BISU_1/PLATA_16//RISSA/4/SOO TY_9/RASCON_37/6/SOOTY_9/RASCON_37//TILO_1/LOTUS_4/8/ALTAR_84/BINTEPE 85/3/STOT//ALTAR_84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRI CDSS10Y00504T-099Y-037M-13Y-4M-06Y
8	GUAYACANINIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_7/3/VANRRIKSE_12/SNITAN/7/ MOHAWK/6/RASCON_37/2*TARRO_2/4/ROK/FGO//STIL/3/BISU_1/5/MALMUK_1/SERR ATOR_1/8/STOT//ALTAR84/ALD/3/THB/CEP7780//2*MUSK_4/6/ECO/CMH76A.722// BIT/3/ALTAR_84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/RASCON_37/2 CDSS10Y00517T-099Y-055M-12Y-4M-06Y
9	ALTAR84/BINTEPE85//CAMAYO/4/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/3/ SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/6/ALTAR84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/ GREEN_14//YAV_10/AUK/5/SOMAT_4/INTER_8 CDSS10Y00533T-099Y-050M-10Y-3M-06Y
10	RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAK I_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNO C 2008 CDSS09B00170S-099Y-011M-6Y-3M-06Y
11	RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAK I_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)// PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHA CDSS09B00171S-099Y-041M-6Y-4M-06Y
12	ARTICO/AJAIA_3//HUALITA/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA- D/5/AVO/HUI/7/PLATA_13/8/THKNEE_11/9/CHEN/ALTAR84/3/HUI/POC//BUB/RUFO /4/FNFOOT/11/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/ KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85) CDSS09B00255T-099Y-054M-16Y-1M-06Y
13	STORLOM/3/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/4/D00003A/5/1A.1D5+1-06/3* MOJO/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/6/SOOTY_9/RASCON_37

Cuadro 1. Variedades y líneas avanzadas de trigo cristalino evaluadas en campo bajo inoculación artificial con carbón parcial (*Tilletia indica*) en dos fechas de siembra, durante el

ciclo agrícola 2014-2015, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, que presentaron un promedio menor al 5% de infección.

CONCLUSIONES

La línea 1A.1D5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/CF4-JS40// SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/9/CBC 509 CHILE/6/ ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL (SEL. ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/S no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas.

la línea con el menor promedio de infección fue RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/ AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNO C 2008 con 0.80%.

Cuatro líneas estuvieron en la categoría de infección 0.1-2.5% y en la categoría de infección 2.6-5.0% hubo nueve líneas,

BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, V.K., Verma, H.S., and Khetarpal, R.K. 1977. Occurrence of partial bunt on triticale. Plant Protection Bulletin 25:210-211.
- APHIS. 1996. Karnal bunt: situation report update (March 29). USDA-APAHIS, Plant Protection and Quarantine (<http://www.aphis.usda.gov/oa/bunt>).
- Bedi, S.K.S., Sikka, M.R., and Mundkur, B.B. 1949. Transmission of wheat bunt due to *Neovossia indica* (Mitra) Mundkur. Indian Phytopathology 2:20-26.
- Chona, B.L., Munjal, R.L., and Adlakha, K.L. 1961. A method for screening wheat plants for resistance to *Neovossia indica*. Indian Phytopathol. 14:99-101.
- Crous, P.W., Van Jaarsveld, A.B., Castlebury, L.A., Carris, L.M., Frederick, R.D., and Pretorius, Z.A. 2001. Karnal bunt of wheat newly reported from the African continent. Plant Disease 85:561.
- Durán, R. 1972. Further aspects of teliospore germination in North American smut fungi. II. Can. J. Bot. 50:2569-2573.
- Fuentes-Davila G, Rajaram S, Pfeiffer WH, Abdalla O, Van-Ginkel M, Mujeeb-Kazi A y Rodríguez-Ramos R. 1993. Resultados de inoculaciones artificiales del 5o. vivero de selección para resistencia a *Tilletia indica* Mitra. Rev. Mex. Mic. 9:57-65.
- Fuentes-Davila, G., and Rajaram, S. 1994. Sources of resistance to *Tilletia indica* in wheat. Crop Protection 13:20-24.
- Fuentes-Dávila G, Tapia-Ramos E, Toledo-Martínez JA y Figueroa-López P. 2005. Evaluación de efectividad biológica de folicur 250 EW (Tebuconazol) para el control del carbón parcial (*Tilletia indica*) del trigo (*Triticum aestivum*), en el valle del Yaqui, Sonora, México, durante el ciclo de cultivo 2003-2004. Resúmenes, XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología, III Taller de la Asociación Argentina de Fitopatólogos. 19-22 de Abril, 2005. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Resumen HC-29, página 271. 640 p.
- Mitra, M. 1931. A new bunt of wheat in India. Annals of Applied Biology 18:178-179.
- Mitra, M. 1935. Stinking smut (bunt) of wheat with a special reference to *Tilletia indica* Mitra. Indian J. Agric. Sci. 5:1-24.
- Munjal, R.L. 1975. Status of Karnal bunt (*Neovossia indica*) of wheat in Northern India during 1968-1969 and 1969-1970. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology 5(2):185-187.

- Salazar-Huerta, F.J., Figueroa-Lopez, P., Smilanick, J.L., and Fuentes-Davila, G. 1997. Evaluation of foliar fungicides for control of Karnal bunt of wheat during 1986-1989 in northwestern Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 15:73-80.
- SARH. 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.
- Singh, D.V., Agarwal, R., Shrestha, K.J., Thapa, R.B., and Dubin, H.J. 1989. First report of *Tilletia indica* on wheat in Nepal. *Plant Disease* 73:273.
- Singh, D.V., Dhaliwal, H.S., and Metzger, R.J. 1988. Inoculum and time for screening against Karnal bunt disease of wheat. *Indian Phytopathology* 41(4):632-633.
- Smilanick, J.L., Hoffmann, J.A., Secret, L.R., and Wiese, K. 1988. Evaluation of chemical and physical treatment to prevent germination of *Tilletia indica* teliospores. *Plant Disease* 72:46-51.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.

PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE NOPAL FERMENTADO CON *Kluyveromyces marxianus*

¹Esperanza Herrera Torres, ²Gerardo Pámanes Carrasco, ¹Oswaldo Reyes Estrada,
¹Manuel Murillo Ortiz

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al mezquital km 11.5 Durango, Dgo. ²ISIMA-UJED. *Autor responsable: muom8@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La acacia y otras plantas se han utilizado para mitigar la desertificación, la sequía, lixiviación del suelo, y restauración de la vegetación y la rehabilitación de los pastizales (Amber *et al.*, 2010). Para los productores de las zonas áridas, el nopal es una posible solución a los problemas causados por las recurrentes sequías. El nopal se puede adaptar para su cultivo en las regiones semiáridas (Stintzing y Carle, 2005). Las pencas del nopal pueden ser empleadas en la alimentación del ganado, sin embargo, tiene un bajo contenido de proteína cruda de aproximadamente 40 g kg⁻¹ de MS, aun así son consideradas como una fuente de energía (Akanni *et al.*, 2015). El valor nutritivo del nopal puede ser mejorado por la producción de proteína celular. La fermentación en estado sólido (FES) es una biotecnología que puede ser empleada para incrementar la calidad nutritiva del nopal, ya que esta tecnología es capaz de producir biomasa a partir de los carbohidratos presentes en el nopal (Peláez *et al.*, 2011). Actualmente, existen levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y algunas especies de *Kluyveromyces* que son utilizadas en la FES (Van Markis *et al.*, 2006). Por otro lado, es necesario evaluar el valor nutritivo del nopal. Existen diversos métodos *in vitro* que se han empleado para evaluar la calidad nutricional de los forrajes. Actualmente, la producción de gas *in vitro* es un método ampliamente utilizado para evaluar la calidad nutricional de los forrajes (Makkar *et al.*, 1999), productos agro-industriales (Krishna y Günther, 1987) and pastizales (Murillo *et al.*, 2011). Existe poca información acerca de los parámetros de producción de gas *in vitro* del nopal fermentado con *Kluyveromyces marxianus*. Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros de producción de gas *in vitro* del nopal durante la fermentación en estado sólido empleando *Kluyveromyces marxianus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de posgrado del Instituto Tecnológico y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez, ambas instituciones del Estado de Durango. Las muestras de nopal forrajero (variedad AV6) se obtuvieron en una nopalera perteneciente al rancho Santa Cruz del Aguaje ubicado en el km 17.5 de la Carretera Durango Mezquital a 24° 28 N, 104° 40 W, y 1890 msnm con temperatura media anual de 17.5 °C y precipitación media de 550 mm (INEGI, 2012). La composición química promedio n = 5) de las muestras de nopal evaluadas en el presente estudio se muestra en la Tabla 1.

Activación de la levadura *K. marxianus*

Se inoculó *K. marxianus* en caldo de GPY (dextrosa y peptona 2 %, extracto de levadura 1%) a un pH de 4.8 a 28 °C por 12 h y 120 rpm en un incubadora con agitación (Frazier y Westhon, 1993) para el crecimiento favorable de la levadura. Enseguida se leyó el número de levaduras por mililitro en el caldo mediante la cámara de new bawer. Finalmente se calculó la cantidad de ml del inóculo necesaria para iniciar la fermentación de 250 g de nopal (1 x 10⁸ células de *K. marxianus*, cantidad adecuada para iniciar una fermentación).

Fermentación

Se utilizaron 250 g de nopal forrajero picado en pequeños trozos con un molino de cuchillas para alimentos y se introdujeron en matraces de 500 ml, enseguida se añadieron 13 ml de una suspensión de levaduras equivalente a una concentración de 1 x 10⁸ células de *K. marxianus* (por triplicado por tiempo de fermentación). Inmediatamente el contenido de los matraces se mezclaron para homogenizar el sustrato y la levadura dentro de cada matraz. Los matraces se colocaron en una estufa incubadora con temperatura controlada a 28°C (temperatura de incubación para *K. marxianus*) por 24, 48, 72 y 96 h. Al concluir cada periodo de tiempo, las muestras extraídas de la estufa incubadora se secaron a 55°C por 24 h en una estufa de aire forzado.

Producción de gas *in vitro*

La producción de gas *in vitro* gase llevó a cabo de acuerdo a la metodología propuesta por Menke y Steingass (1988). Aproximadamente, 200 mg de muestras fermentadas sin y con *K. marxianus*, fueron molidas a 1 mm y colocadas por triplicado en módulos del sistema de ANKOM. Soluciones buffer y mineral fueron añadidas en una relación 2:1 al líquido ruminal colectado de cuatro novillos fistulados de rumen los cuales fueron alimentados con heno de

alfalfa. Cuarenta ml de esta mezcla fueron introducidos en cada módulo para su incubación. El volumen de gas fue registrado a las, 0, 3, 6, 9, 15, 24, 36, 48, 72, y 96 h de incubación.

Modelo y cálculos

Para estimar los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* (PG), se utilizaron los procedimientos del SAS (2003), de acuerdo a France *et al.* (2000):

$$A = b * (1 - e^{-c(t-L)})$$

Donde: A es el volumen de PG (ml) al tiempo *t*; b es la asíntota de la PG (mlg⁻¹ DM); c es la tasa de PG (mlh⁻¹) y L (h) es la fase de retardo de la PG.

Análisis estadístico

Los datos de la producción de gas fueron analizados con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 × 6 de acuerdo a los procedimientos GLM (SAS, 2003). Los factores evaluados fueron el nopal fermentado sin y con levadura y los diferentes tiempos de fermentación (0, 24, 48, 72, 96 and 120 h). El modelo incluyó los efectos de levadura, tiempo de fermentación y la interacción entre ambos factores. La diferencia entre las medias se realizó con la prueba Student de Newman-Keuls.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de la producción de gas *in vitro* del nopal fermentado sin y con *K. marxianus* se presentan en la Tabla 2. La interacción levadura x tiempo de fermentación fue significativa (P<0.05) en el parámetro **b**. Sin embargo, en **c** y en la fase **lag** no se presentó interacción (P>0.05).

La máxima producción de gas **b** y la tasa de producción de gas **c** se incrementaron con la adición de levadura a través del tiempo de fermentación. A las 120 h de fermentación también se obtuvieron los valores más altos de **c** con levadura. Actualmente, existe poca información acerca de estas variables en el nopal fermentado con *K. marxianus*. Sin embargo, los valores de **c** observados en el nopal fermentado son similares a los reportados por Cerrillo y Juárez (2004) en pencas de nopal. Así que, el incremento en **b** y en **c** en presencia de *K. marxianus* podría atribuirse a un incremento en la disponibilidad de los nutrientes para la microbiota ruminal especialmente nitrógeno (Calabro *et al.*, 2012). Cuando hay un alto contenido de nitrógeno y hay disponible suficiente energía de los carbohidratos, mayor cantidad de aminoácidos son utilizados por las bacterias, lo que permite mayor crecimiento microbiano y consecuentemente, mayor actividad en la fermentación y por ende en la producción de gas.

Table 1. Parámetros de producción de gas *in vitro* del nopal fermentado sin y

con <i>Kluyveromyces marxianus</i>		B	c	Lag
		MI	mlh ⁻¹	H
- <i>K. marxianus</i>	Tiempo, h			
	0	6.3 ^e	3.2 ^b	0.85 ^b
	24	5.6 ^e	3.0 ^b	0.78 ^c
	48	10.2 ^d	3.8 ^a	0.84 ^b
	72	14.7 ^c	4.1 ^a	0.92 ^a
	96	22.1 ^b	4.2 ^a	0.55 ^d
	120	29.8 ^a	4.2 ^a	0.83 ^b
+ <i>K. marxianus</i>				
	0	12.4 ^e	4.8 ^c	0.55 ^c
	24	11.8 ^e	3.7 ^d	0.78 ^a
	48	24.2 ^d	5.0 ^c	0.51 ^c
	72	31.7 ^c	5.4 ^b	0.66 ^b
	96	39.6 ^b	5.4 ^b	0.66 ^b
	120	46.3 ^a	5.8 ^a	0.80 ^a
EEM		3.3	0.74	0.31
Efectos		P<		
	levadura (L)	***	*	NS
	Tiempo (T)	**	*	NS
	L*T	*	NS	NS

^{abcde}Medias con diferentes letras dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05); *K. marxianus*('-' sin; '+' con); EEM= error estándar de la media; *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001; NS= no significativo.

CONCLUSIONES

Este estudio confirma que la FES con *K. marxianus* mejora los valores de producción de gas del nopal, lo cual indica un incremento en la calidad nutritiva de este forraje lo cual puede promover un buen desempeño del animal. El nopal fermentado obtenido en este estudio representa una alternativa de alimento no convencional para el ganado. Sin embargo se recomiendan realizar más estudios en los cuales se examinen otros factores que puedan mejorar la FES del nopal con *K. marxianus*. Además, escalar estos estudios a procesos comerciales con la finalidad de que el producto esté disponible para los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Akanni GB, du Preez JC, Steyn L, Stephanus GK. 2015. Protein enrichment of an *Opuntia ficus-indica* cladode hydrolysate by cultivation of *Candida utilis* and *Kluyveromyces marxianus*. *J. Sci. Food Agric.*, 95:1094-1102.
- Amber SG, Hasan EA, Aziz AAE. 2010. Utilization of *Opuntia ficus indica* waste for production of *Phanerochaete chrysosporium* bioprotein. *J. Amer. Sci.*, 6:208-216.
- ANKOM Technology. Procedures for fiber and *in vitro* analysis. 2008. www.ankom.com. Accessed November 2013
- Calabro S, Guglielmelli A, Jannaccone F, Daniels PP, Tudisco R, Ruggiero C, Piccolo G, Cutrignelli, M. I., Infasceli, F. 2012. Fermentation kinetics of sainfoin hay with and without PEG. *J. Physiol. Anim. Nutr.* 96:749-842

- Cerrillo MA, Juárez AS. 2004. *In vitro* gas production parameters in cacti and tree species commonly consumed by grazing goats in a semiarid region of North México. Liv. Res Rural. Dev.16(4).[on line] <http://www.cipav.org.col/lrrd>.
- France J, Dijkstra J, Dhanoa MS, Lopez S, Bannink A. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro derivation of models and other mathematical considerations. Brit. J. Nutr., 83:143-150.
- Frazier WC and Westhoff DC. 1998. Food Microbiology. 4th Ed. Tata McGraw Hill Inc. New York
- Krishna G, and K. Günther KD. 1987. The usability of Hohenheim gas test for evaluating in vitro matter digestibility and protein degradability at rumen level of some agro-industrial by-products. Landwirtschafliche Forschung., 40:281-286.
- Menke KH and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev., 28:7-55.
- Murillo OM, Herrera E, Reyes O, Gurrola JN, Gutiérrez E. 2011. Use *in vitro* gas production technique for assessment of nutritional quality of diets by range steers. Afr. J. Agric.Res., 6:2522-2526.
- Murillo OM, Mellado M, Herrera E, Reyes O, Carrete FO. 2014. Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahuan desert rangeland. Liv. Sci., 165:61-65.
- Páez LJB, Arias GA, Rutiaga QOM, Barrio E, Soto ONC. 2013. Yeasts isolated from the alcoholic fermentation of *Agave duranguensis* during mezcal production. Food Biot., 27:342-356.
- Pelaez AA, Meneses MM, Miranda RLA, Ayala MM, Crosby GMM, Loera CO, Megías RDM. 2011. Enzimas fibrolíticas producidas por fermentación en estado sólido para mejorar los ensilajes de caña de azúcar. Rev. Agric., 45:1405-1422.
- SAS.Institute Inc. 2003. SAS user's guide: Version 9.1. Cary, North Carolina, USA.
- Stintzing FC and Carle R. 2005. Cactus stems (*Opuntiaspp.*): a review on their chemistry, technology, and uses. Mol. Nutr. Food Res., 49:175-194.
- Van Markis AJA, Abbott DA, Bellissimi E. 2006. Alcoholic fermentation of carbon sources in biomass hydrolysates by *Saccharomyces cerevisiae*: Current Status. Antonie van Leeuwenhoek., 90:391-418.

IDENTIFICACIÓN DE BEGOMOVIRUS EN CUCURBITACEAS Y MALEZAS EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA Y DURANGO, MÉXICO

**Perla Belén Torres Trujillo, Omar Guadalupe Alvarado Gómez,
Verónica Ávila Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, María del Carmen Ojeda-Zacarias.
perbtt@hotmail.com**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Av. Universidad s/n Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México C.P. 66455.

Universidad Juárez del Estado de Durango- Facultad de Ciencias Biológicas. Av., Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México.

Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango. Biociencia S.A. Agustín Melgar, Monterrey, N.L. México.

INTRODUCCIÓN

En la Región Lagunera que comprende los estados de Coahuila y Durango, se sembraron en el año 2014 aproximadamente 7, 600 ha de especies de la familia cucurbitácea entre las cuales sobresalen melón (*Cucumis melo* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) (SIAP, 2014). Estos cultivos se ven afectados por diversas enfermedades que son el principal factor limitante de la producción causando pérdidas económicas. La mayoría de las enfermedades transmitidas por virus, requieren de un vector que los disemine en hospederos susceptibles ya que se les considera patógenos obligados (Garzón *et al.*, 2007). El Comité Internacional de Taxonomía de Virus, ICTV (por sus siglas en inglés) reportó la existencia de 288 especies del género begomovirus de las cuales 8 son hospedadas en plantas cucurbitáceas (ICTV, 2015). El principal vector de los begomovirus es la mosquita blanca *Bemisia tabaci* (Navas *et al.*, 2011).

Actualmente existen reportes de diferentes especies de begomovirus en México, por ejemplo en los estados de Sonora en 1990 y en Sinaloa en 1992 se presentó el virus del enrollamiento foliar de la calabaza (squash leaf curl virus, SLCV), afectando a calabaza (Morales, 2011), y el virus del arrugamiento de la hoja de las cucurbitáceas (Cucurbit Leaf Crumple Virus, CuLCrV) en Coahuila, México (Brown *et al.*, 2002). Si a la problemática anterior, agregamos que también se han encontrado como fuente significativa de inóculo primario de diferentes agentes virales especies vegetales silvestres, el problema se vuelve más complicado de resolver. En Sinaloa se reportó una gama de virus presentes en pepino espinoso (*Cucumis dipsaseus*), melón silvestre (*Cucurbita foetidissima*), pepino amargo (*Momordica charantia*) y tabaco silvestre (*Nicotiana glauca*) (Félix *et al.*, 2007) mientras que en el estado de Baja California Sur, Holguín *et al.* (2004) encontraron como hospederos alternos del virus del mosaico dorado del chile (Pepper Golden Mosaic Virus, PepGMV) al toloache (*Datura discolor*) y la manzanita del Perú (*Nicandra*

physaloides). Las técnicas moleculares basadas en la amplificación de regiones conservadas de los componentes de los geminivirus, han permitido diseñar nuevos oligonucleótidos que sirven para utilizarse como método de diagnóstico en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que permiten la detección cualitativa y semicuantitativa de bajas concentraciones de geminivirus.

La importancia de estos patógenos en México y debido al papel que representan las malezas como hospederos alternos participando en la propagación del agente viral, así como la escasa información disponible llevaron al presente trabajo con el objetivo de determinar la presencia de begomovirus en cultivos de la familia cucurbitácea y en malezas intercaladas y circundantes tanto a cielo abierto como en casa sombra en la Región Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó material vegetal de especies de cucurbitáceas en cultivos establecidos a cielo abierto y malla sombra así como malezas intercaladas y circundantes durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015 en los meses de agosto y septiembre, y se analizaron las muestras en los laboratorios de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en Biociencia, S.A., éste último localizado en la ciudad de Monterrey, N.L.

Se seleccionaron y se colectaron plantas con síntomas y sin síntomas de virosis consistentes en mosaicos, clorosis, decoloración intervenal, enrollamiento de hojas, deformación de frutos y achaparramiento. Las colectas se realizaron en varias localidades de los municipios de Matamoros Coahuila, Tlahualilo y Lerdo en el estado de Durango. En total se analizaron 66 muestras de cucurbitáceas y 17 muestras de malezas incluidas las familias Solanaceae, Malvaceae, Cucurbitaceae, Amaranthaceae, Asteraceae y Portulacaceae (Cuadro 1). La extracción de DNA se utilizó el kit DNAzol ES^{MR} (MRC) siguiendo las instrucciones del fabricante con ligeras modificaciones. La cantidad y calidad del DNA se estimó por espectrofotometría con un equipo Take 3^{MR} (BioTec).

Cuadro 1. Malezas colectadas en localidades de Coahuila y Durango en el año 2015.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	Quelite
Asteráceae	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	hierba amargosa
Asteráceae	<i>Xanthium strumarium</i> L	Cadillo
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i> H. B. K.	calabacilla loca
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L	Malva

Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i> Cav. D. Don	hierba del negro
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	verdolaga
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	trompillo

Para la detección de begomovirus en el tejido vegetal de las muestras (malezas y cucurbitáceas) se llevó a cabo la amplificación por PCR a partir de dos muestras representativas de cada cultivo con un total de once muestras, se empleó una combinación de primers descritos por Wyatt y Brown (1996) y Zhang *et al.* (2008), mediante la amplificación del DNA que codifica para la proteína de la cápside con los primers degenerados prV324 5'GCCYATRTAYAGRAAGCCMAG-3' y CoPR 5'-GANGSATGHGTRCADGCCATATA-3' utilizando un programa con una temperatura inicial de 94 °C durante 4 min, seguido por 35 ciclos de 94 °C 60 seg, 50 °C 45 seg y 72 °C 45 seg; con extensión final a 72 °C por 6 min, la talla esperada del producto es de 576 pb.

Para la amplificación del DNA se utilizó un termociclador MiniCycler™ (MJ Research) y la visualización de los productos amplificados se hizo mediante electroforesis en geles de agarosa al 1% después de una corrida a 62 volts por 5 minutos seguido de 100 volts por 40 minutos. Los geles fueron observados en un transiluminador de luz UV^{MR} (Labnet) realizando una comparación en la talla de los fragmentos obtenidos con el marcador de peso molecular ladder-100^{MR} de Axygen Biosciences. Los productos de amplificación fueron enviados para su secuenciación a la compañía Macrogen (E.E.U.U.). Las secuencias obtenidas fueron analizadas con el programa FintchTV y con el algoritmo BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) del National Center for Biotechnology Information (NCBI), para establecer la identidad de las secuencias de las muestras positivas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuantificación del DNA alcanzó niveles significativos con cantidades que oscilaron de los 13 a 200 ng μL^{-1} con una buena calidad al estar en el intervalo entre 1.8-2.0 de la relación de absorbancias a longitudes de onda 260/280 nm (datos no mostrados). En la primera etapa se extrajo DNA de 24 muestras representativas, donde siete fueron positivas a begomovirus en las que se encontraban melón, pepino y sandía así como una especie de calabaza silvestre, obteniéndose fragmentos de aproximadamente 575 pb (fig. 1). En una segunda colecta se trabajaron 59 muestras entre cucurbitáceas y malezas, y se analizaron por PCR seis especies de malezas dando reacción positiva la calabaza silvestre, trompillo, malva y verdolaga. De las especies colectadas de malezas no hubo amplificación para begomovirus en hierba amargosa,

hierba del negro, cadillo y quelite. Una vez secuenciados los productos de la amplificación de los begomovirus presentes en tejido vegetal y comparando las secuencias obtenidas con el GenBank se encontró una similitud del 98% con CLCrV correspondiendo al aislado de Arizona con clave de acceso AF256200.4 (www.ncbi.nlm.nih.gov). También se encontraron los begomovirus PepGMV en verdolaga de la localidad El Pilar, Coah., y en trompillo de Tlahualilo, Dgo., con un 91-92% de similitud comparado con la accesión KJ634237.1, mientras que en malva se detectó el virus del amarillamiento y enrollamiento de la hoja de tomate (TYLCV) mostrando una similitud de 98% con la accesión KM506955.1 (cuadro 2).

Cuadro 2. *Begomovirus* detectados en el ciclo agrícola primavera-verano 2015 en especies de cucurbitáceas y malezas de localidades productoras de la Región Lagunera.

Especie de virus	Planta hospedante	Sitio de colecta
CLCrV	Melón	Matamoros, Coah.
	Sandía	Tlahualilo, Dgo.
	Pepino	El Pilar, Coah.
	Calabacilla loca	
PepGMV	Trompillo	Tlahualilo, Dgo.
	Verdolaga	El Pilar, Coah.
TYLCV	Malva	El Pilar, Coah.

Varias muestras de cucurbitáceas y malezas colectadas en zonas productoras de los estados de Durango y Coahuila, dieron positivas al virus CLCrV. Estas muestras positivas fueron de sandía, melón, pepino, y calabacilla loca (maleza) ubicada en áreas circundantes a los cultivos de interés, lo anterior coincide con los estudios realizados por Brown *et al.* (2002) en Arizona y Texas en E.E.U.U. y en Coahuila, México quienes aislaron al virus de diferentes especies de cucurbitáceas incluidos los ya mencionados en esta investigación.

El papel de las malezas en la epidemiología de las enfermedades causadas por begomovirus es bien conocido porque es el puente para la transferencia de estos virus mediante vectores a los cultivos provocando brotes todo el año (Khan *et al.*, 2012). En este trabajo se logró identificar en las malezas de trompillo, verdolaga y malva tanto en localidades del estado de Coahuila como en Durango lo cual apoya a lo que Jones (2003) reportó a la malva como reservorio de TYLCV.

La presencia de virus fue mayor en cultivos establecidos en siembras tardías, ya que durante la colecta se observó el establecimiento de mosquita blanca, considerada principal vector de begomovirus (Verbeek *et al.*, 2013). Se detectaron más especies de virus y una alta

población de mosquita blanca en comparación con la siembra temprana (datos no mostrados), por lo que los resultados encontrados se relacionan con el establecimiento del insecto. *B. tabaci* es considerada una de las 100 especies invasivas a nivel mundial por su capacidad de atacar a más de 900 plantas hospederas (McKenzie *et al.*, 2012).

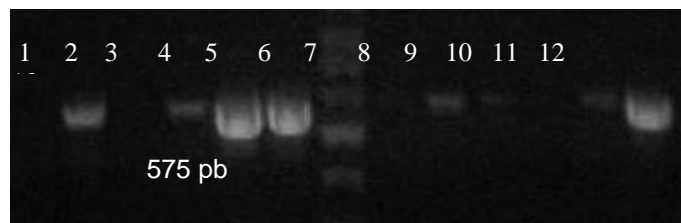


Figura 1. Amplificación por PCR de begomovirus en cucurbitáceas usando los primers prC889/CoPR visualizados en un gel de agarosa al 1%. Carriles 1-2 calabaza, 3-4 calabaza silvestre, 5-6 melón, 7 marcador de peso molecular escalera-100 (AxygenMR), 8 pepino asintomático, 9-10 pepino sintomático, 11-12 sandía y 13 control positivo.

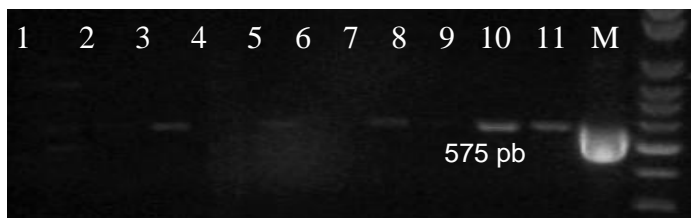


Figura 2. Amplificación por PCR de begomovirus en malezas colectadas en diferentes localidades y visualizado en un gel de agarosa al 1%. Carriles 1 trompillo, 2 verdolaga, 3 malva, 4 hierba amargosa (colectadas en el Ej. El Pilar, Coah.), 5 trompillo, 6 hierba del negro (colectada en Tlahualilo, Dgo.), 7-8 pool de 5 moscas blancas (MB), 9-10 ninfas de MB, 11 control positivo, M marcador de peso molecular escalera-100 (Axygen^{MR}).

CONCLUSIÓN

Mediante la técnica de PCR convencional se detectó la presencia de begomovirus en muestras de plantas de cucurbitáceas y malezas con y sin síntomas en las zonas productoras de la Región Lagunera, durante el ciclo agrícola 2015. Los begomovirus identificados fueron CLCrV, PepGMV y TYLCV.

BIBLIOGRAFÍA

- Brown, J. K., A. M. Idris, C. Alteri, and D. C. Stenger. 2002. Emergence of a new cucurbit-infecting *begomovirus* species capable of forming viable reassortants with related viruses in the Squash leaf curl *virus* cluster. *Phytopathology* 92:734-742.
- Garzón, J. A., T. J. Celis Aramburo, S. Velarde Félix, O. G. Cárdenas Valenzuela, M. C. Aviléz González, C. Reyes Moreno, y J. L. Martínez Carrillo. 2007. Maleza hospedante de geminivirus. *Memorias del XXVIII Congreso nacional de la ciencia de las malezas* 263.
- Félix-Gastélum, R., M. A. Magallanes-Tapia, J. Méndez-Lozano, H. Huet, J. A. Trigueros-Salmerón y R. M. Longoria-Espinoza. 2007. Detección del virus mosaico amarillo de la calabaza zucchini (ZYMV) y su coinfección con otros virus en Cucurbitáceas cultivadas y plantas silvestres en el Valle del Fuerte Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:95-101.
- Holguín, R. J., R. Vázquez Juárez, y R. F. Rivera Bustamante. 2004. Rango de hospedantes, incidencia y filogenia del virus del mosaico dorado del chile (PepGMV) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:206-215.
- International Comitee on Taxonomy of Virus. Recuperado Abril de 2015. <http://www.ictvonline.org/virusTaxonomy.asp>.
- Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109: 195-219.
- Khan, M. S., S. H. Ji, and S. C. Chun. 2012. *Begomovirus* and their emerging threats in South Korea: A review. *Plant Pathology Journal* 28:123-136.
- McKenzie, C. L., J. A. Bethke, F. J. Byrne, J. R. Chamberlin, T. J. Dennehy, A. M. Dickey, D. Gilrein, P. M. Hall, S. Ludwig, R. D. L. Oetting, S. Osborne, L. Schmale, and R. G. Shatters. 2012. Distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in North America after the Q invasion. *Journal of Economic Entomology* 105: 753-766.
- Morales, F. J. 2011. Interaction between *Bemisia tabaci*, begomoviruses, and plant species in Latin America and the Caribbean. *In: W. M. Thompson, The Whitefly, Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Interaction with Geminivirus-Infected Host Plants. Springer. Netherlands. pp. 15-49.
- National Center for Biotechnology Information. Recuperado en mayo de 2015, de National Center for Biotechnology Information: www.ncbi.nlm.nih.gov/
- Navas-Castillo, J., E. Fiallo Olivé, and C. S. Sánchez. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Reviews Phytopathology* 49:219-248.
- SIAP. 2014. Secretaria de Agricultura Ganadería y Pesca SAGARPA. Recuperado el 29 de Octubre de 2015 <http://www.sagarpa.com.mx>.
- Verbeek M., Van Bekkum, P. J., Dullemans, A. M., and Van der Vlugt, R. A. 2013. Torradoviruses are transmitted in a semi-persistent and stylet-borne manner by three whitefly vector. *Virus Research* 186: 55–60.
- Wyatt, S. D. and J. K. Brown. 1996. Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate and polymerase chain reaction. *Phytopathology* 86:1288-1293.
- Zhang, Y. P., M. W. Zhu, H. M. Cui, Y. Qiu, K. Sha, Y. H. Wan, L. Y. Zhu, L. Yu, and Z. Hui. 2008. Molecular identification and the complete nucleotide sequence of TYLCV isolate from Shanghai of China. *Virus Gene* 36:547-5

SUSTENTABILIDAD Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

APLICACIÓN FOLIAR DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD FITOQUÍMICA DE PEPINO

Manuel Fortis Hernández^{*1}, Pablo Preciado Rangel¹, Radames Trejo Valencia², Ludy Y. Acosta Sánchez¹, Juan R. Esparza Rivera³

¹Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), Maestría en Ciencias en Suelos, Ejido Ana Carr. Torreón – San Pedro km 7.5. Torreón, Coahuila. México. C.P. 27190. Tel. 8717507199. ²Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Minatitlán (ITM), Blvd. Institutos Tecnológicos S/N, Col. Buena Vista Norte, Minatitlán, Ver. México. ³Facultad de Ciencias Químicas de la UJED. Gómez Palacio, Dgo.

*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas protegidas se encuentra entre las principales actividades de exportación en México, ya que ocupa el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente americano. Los principales cultivos que se producen son tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%) (SAGARPA, 2015). La producción de estas hortalizas se localiza principalmente en el noroeste (72%) y centro del país (19%). En relación al pepino este es de gran demanda en los Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU), ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos años. Su importación creció de 394 107 toneladas en 2002 a 459 242 en 2012. De este volumen de importación 80% proceden de México, siendo el principal país exportador hacia los EE. UU. Bajo condiciones de agricultura protegida, la producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas constituyéndose una alternativa en este tipo de sistemas. La nutrición de este cultivo es un factor importante para maximizar su producción. En muchas regiones hacen un uso indiscriminado de agroquímicos, además las prácticas culturales excesivas han traído consecuencias graves al ambiente. Por otro lado, los altos costos que los fertilizantes adquieren los hacen quedar fuera del alcance de los productores, teniendo como resultados bajos rendimientos y bajos ingresos y alimentos de mala calidad nutricional. Aunado a lo anterior, en los grandes mercados importadores de hortalizas hay una tendencia del consumidor hacia la aceptación de productos «innovadores, diferentes», productos idóneos y que contribuyan a una alimentación cada vez más sana y con menor impacto ambiental sobre los recursos naturales. Hoy existen alternativas a través del uso de extractos de algas marinas (EAM), ya que no sólo contienen nitrógeno, fósforo y potasio, sino que estos productos presentan moléculas con una muy amplia gama de estructuras, pueden estar compuestos por fitohormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos y ácidos orgánicos. Sathya *et al.* (2013), mencionan que los extractos de algas marinas contienen una

amplia variedad de sustancias promotoras del crecimiento de plantas tales como auxinas, citoquininas, betainas, giberelinas y sustancias orgánicas como aminoácidos, macronutrientes y oligoelementos que mejoran el rendimiento y calidad de los cultivos. Por lo anterior y debido a la importancia que tiene la creciente horticultura protegida en la Comarca Lagunera, el objetivo de la presente investigación es mejorar el rendimiento y calidad fitoquímica del pepino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en malla sombra en el ciclo agrícola otoño – invierno, en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en el km 7.5 de la antigua carretera Torreón – San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila. La malla es un modelo Agro Sombra de 250 m², con resistencia máxima al viento de 120 km/h, capacidad de carga mayor a 35 m². Malla de 16x10 hilos de monofilamento estabilizado de tejido plano al 50% sombra. La estructura está fabricada con materiales conforme a la norma mexicana de diseño y construcción de Invernaderos. Los tratamientos evaluados fueron cinco biofertilizantes a base de extractos de algas marinas: T1 = *Macrocystis pyrifera*, T2 = *Bryothamnion triquetrum*, T3 = *Ascophyllum nodosum*, T4 = *Grammatophora sp.*, T5 = *Macrocystis pyrifera P.* Se compararon con un tratamiento testigo (T6) con Solución Steiner (SS). Las características químicas de las algas se presentan en el Cuadro 1. El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos y seis repeticiones. Dando como resultado 36 unidades experimentales; se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el programa estadístico SAS ver. 6.03.

Forma de aplicación de los extractos: Se hicieron aplicaciones foliares de acuerdo a la recomendación técnica para cultivos hortícolas a razón de 2 L ha⁻¹ o 200 cc/100 L de agua. Se empezaron a realizar las aplicaciones ocho días después del trasplante y posteriormente cada 15 días hasta que el cultivo cumplió 80 días después del trasplante (dds). El sustrato utilizado fue 80% arena + 20% vermicompost (v/v). Para el tratamiento testigo se utilizó un sustrato hidropónico formulado con arena de río desinfectada y esterilizada y perlita en una proporción de 80:20 (v/v). Tanto los tratamientos a base de algas como el testigo fueron establecidos en contenedores de polietileno color negro calibre 600 de 18 kg de capacidad.

Cuadro 1. Composición química de los extractos de algas evaluadas en la producción de pepino.

Compuesto	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Bryothamnion triquetrum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Grammatophorera sp.</i>	<i>Macrocystis pyrifera P.</i>
----- % P/V -----					
*Mat. Org.	3.49000	4.15000	n.d	3.50000	2.94400
Nitrógeno	0.14700	1.45000	3.00000	1.14500	0.02630
Fósforo	0.00800	1.36000	0.10000	0.02000	0.00540
Potasio	0.07700	1.48000	5.30000	2.00000	1.31000
Magnesio	0.01360	n.d	0.15000	0.02000	0.00236
Boro	0.00061	n.d	0.0003	n.d	0.00093
Zinc	0.00013	0.00075	n.d	0.00025	0.00126
Silicio	n.d*	0.00027	n.d	n.d	n.d

Fuente: Especificaciones técnicas del producto. *n.d = no disponible. *Materia orgánica.

Manejo agronómico del cultivo. La semilla de pepino fue la variedad Hisham 1110, la cual fue sembrada en charolas de polietileno de 200 cavidades usando como sustrato peat moss Premier Promix P6X, utilizando una semilla por cavidad. El trasplante a las macetas se efectuó cuando las plántulas presentaron de tres a cinco hojas verdaderas. Los riegos fueron realizados por la mañana proporcionando en promedio 0.750 L de agua por maceta por día. El tratamiento testigo (T1) se regó con solución nutritiva Steiner todos los días aplicando en promedio 0.750 L por maceta. Se diluyó la solución a razón de 30, 50, 75 y 100 % de concentración de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. **Variables evaluadas.** El rendimiento fue obtenido de todos los frutos cosechados de cada planta, considerando su madurez comercial. El resultado fue expresado en gramos por planta (g planta^{-1}) y kilogramos por metro cuadrado (kg m^{-2}), considerando cuatro plantas. **Calidad fitoquímica.** Los frutos cosechados fueron liofilizados durante 5 días; posteriormente el material seco fue pulverizado manualmente, almacenándose en tubos de plástico a -18°C hasta la obtención de los extractos. El contenido fenólico total se midió usando una modificación del método Folin-Ciocalteu. La capacidad antioxidante equivalente en Trolox se evaluó de acuerdo al método *in vitro* ABTS^{•+} publicado por Esparza-Rivera *et al.* (2006). **Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método DPPH^{•+}).** La capacidad antioxidante se evaluó de acuerdo al método *in vitro* DPPH^{•+} usando una modificación del método publicado por Brand-Williams. El contenido de vitamina C fue determinado usando una modificación del método cromatógrafo citado por Esparza-Rivera *et al.* (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento testigo con solución Steiner reporto el mayor rendimiento, siendo este mayor un 9 % respecto al mejor rendimiento obtenido con los extractos de algas. El tratamiento con el alga *Bryothamnion triquetrum* presento un rendimiento 42 % mayor con respecto al menor rendimiento obtenido con el alga *Macrocystis pyrifera* (Figura 1).

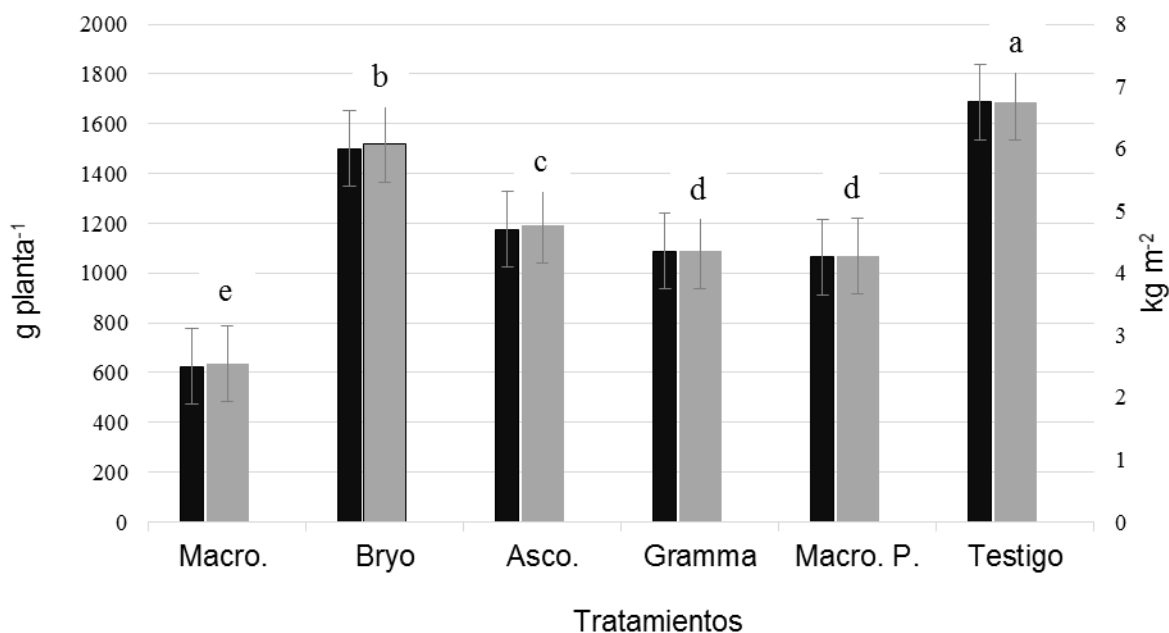


Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de extractos de algas marinas en el rendimiento de plantas de pepino establecidas en malla sombra. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey; $P \leq 0.05$).

El mayor rendimiento obtenido por *Bryothamnion triquetrum* puede ser debido a su mayor contenido nutricional. Al respecto, Youssef *et al.* (2010) señalan que la mayor producción de biomasa y rendimiento en plantas de pepino pudiera atribuirse a que las plantas inoculadas con biofertilizantes tienen una mayor capacidad de mantener una alta tasa de fotosíntesis neta y un mejor estatus nutricional (alta concentración de P, K, Mg, Fe, Zn y Mn), comparadas con plantas no inoculadas. Así mismo, las respuestas fisiológicas derivadas de la aplicación de algas marinas incluyen una mayor movilización de nutrientes, el desarrollo de un sistema radicular vigoroso, incremento en el contenido de clorofila, área foliar y retraso en la senescencia del fruto. En lo que respecta al rendimiento obtenido por metro cuadrado (kg m⁻²), se obtuvo que el tratamiento testigo (SS) presentó el mayor rendimiento. Los tratamientos con extractos de algas presentaron valores entre 2.54 y 6.079 kg m⁻² (Figura 1). Respecto al rendimiento en sistemas protegidos en México el rendimiento promedio de pepino es de 98 t·ha⁻¹ (9.8 kg m⁻²). Por ejemplo, en el estado de Baja California el rendimiento medio para este

cultivo en malla sombra es de 17.6 kg m⁻². Para el caso de la Comarca Lagunera, con tecnología de producción medianamente tecnificada en malla sombra y fertirriego, considerando seis plantas los rendimientos fluctúan entre 14 -17 kg m⁻².

Calidad fitoquímica. La calidad fitoquímica de los frutos (antioxidantes, fenoles y vitamina C) fue afectada por los extractos de algas ($P \leq 0.05$). Se obtuvo mayores valores con el alga *Macrocystis pyrifera* (Cuadro 1). Respecto a la capacidad antioxidante, en ambos métodos de determinación (ABTS⁺ y DPPH⁺), *Macrocystis pyrifera* mostró el mayor valor seguido de *Bryothamnion triquetrum*, ambos fueron estadísticamente diferentes entre sí y diferentes respecto al tratamiento testigo; superándolo en un 30% y 4%, respectivamente. Con el método DPPH⁺ el tratamiento con fertilización química presentó el menor valor.

Estos resultados pueden ser explicados a la deficiencia de nitrógeno en la planta; ya que las plantas producen mayores cantidades de azúcares y metabolitos secundarios cuando son sometidas a un déficit de nitrógeno fácilmente disponible. Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Santiago-López *et al.* (2016) ya que al utilizar fuentes orgánicas de fertilización en pepino encontró valores de 779.9 a 1391.1 μM equiv Trolox / 100 g BF⁻¹; y de Díaz-Méndez *et al.* (2014) quienes utilizando diferentes proporciones de vermicompost obtuvieron valores de capacidad antioxidante entre 749.9 a 1015.2. Investigaciones han demostrado que concentraciones altas de NaCl incrementan la actividad de las enzimas antioxidantes, lo cual ha sido atribuido a la síntesis de fenoles por las plantas como mecanismo de defensa para contrarrestar los efectos negativos del estrés oxidativo. Esto indica que los compuestos fenólicos son los principales impulsores de la actividad antioxidante.

En el Cuadro 2, se puede observar que el contenido fenólico para el alga *Macrocystis pyrifera* presentó el mayor valor (47.37) lo cual era de esperarse puesto que generó la mayor capacidad antioxidante. El pepino aporta una gran cantidad de vitamina C (mg/100 g base fresca), en este experimento los tratamientos que mayor contenido presentaron fue el alga *Macrocystis pyrifera* (5.07), *Macrocystis pyrifera* P. (4.23) y el tratamiento testigo (3.70). La micro alga *Grammthosfera* presentó el valor más bajo, siendo 40% menor respecto a *Macrocystis pyrifera*. Nagy and Pintér (2015), señalan que el efecto positivo del extracto de alga puede interpretarse en el alto contenido de proteínas de alta calidad, aminoácidos como la lisina y el triptófano, minerales esenciales, oligoelementos, vitaminas del complejo B y bio-constituyentes, especialmente citoquininas.

Cuadro 2. Capacidad antioxidante, contenido fenólico y de vitamina C de pepino producido en malla sobra bajo aplicación de diferentes soluciones nutritivas derivadas de algas.

Tratamientos	CAOX* (Método ABTS+) µM equiv Trolox/100 g base fresca	CAOX** (Método DPPH+)	CFT*** mg equiv de ácido gálico/100 g base fresca	CVITC **** mg/100 g base fresca
T1=Macro.	149.4 a	454.1 a	47.37 a	5.07 a
T2= Bryo.	110.4 b	373.9 bc	36.36 b	3.52 cd
T3=Ascopyhy.	90.6 c	295.9 d	30.52 c	3.12 cd
T4=Gamma.	77.0 d	278.4 d	27.33 c	2.98 d
T5=Macro. P.	120.4 b	403.5 b	43.73 a	4.23 b
Testigo	105.9 b	349.7 c	36.03 b	3.70 bc

*CAOX: Capacidad Antioxidante (método ABTS+). **CAOX: Capacidad Antioxidante (método DPPH+). ***CFT: Contenido de Fenólicos Totales. ****CVITC: Contenido de Vitamina C. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Con la fertilización química se obtuvo mayor rendimiento, sin embargo, con el extracto de alga *Macrocystis pyrifera* se obtuvo la mayor capacidad antioxidante, fenoles y vitamina C. Por lo que su uso podría ser una opción viable, lo que disminuiría la aplicación de los fertilizantes y atenuaría los efectos sobre el medio ambiente, además, mejoraría la calidad de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz-Méndez, H.A., Preciado-Rangel, P., Álvarez-Reyna, V.P., Fortis-Hernández, M., García-Hernández, J.L., y Sánchez-Chávez, E. 2014. Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. ITEA 110:335-342.
- Esparza-Rivera, J.R., M.B. Stone, C. Stushnoff, E. Pilon-Smits, and P.A. Kendall. 2006. Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. J. Food Sci. 71:270-276.
- Nagy, P.T. and Pintér. 2015. Effects of Foliar Biofertilizer Spray on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish (*Vitis vinifera* L.) Grapes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 46:219-227.
- Santiago-López, G., Preciado-Rangel, P., Sánchez-Chávez, E., Esparza-Rivera, J.R., Fortis-Hernández, M., Alejandro Moreno-Reséndez, A. 2016. Organic nutrient solutions in production and antioxidant capacity of cucumber fruits. Emirates Journal of Food and Agriculture 28:518-521.
- Sathya A, N. Kanaga A , P. Sankar B , S. Jeeva C. 2013. Antioxidant properties of phlorotannins from brown seaweed *Cystoseira trinodis* (Forsska^l) C. Agardh. Arabian Journal of Chemistry, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.039>.
- Secretaría de Ganadería Agricultura Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Programa de Ejecución Directa de Agricultura Protegida. Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación. <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx> (Consultado: 18 diciembre 2016).
- Youssef, R., M. Cardarelli, E. Mattia, M. Tullio, E. Rea, and G. Colla. 2010. Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbuscular mycorrhizal biofertilizer containing *Glomus intraradices*. Biol. Fert. Soils 46:499-509.

TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

Blanca Isabel Sánchez^{a*}, Zein Kallas^b, José María Gil^b

^aCampo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo. 98500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México.

^bCentro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario, (CREDA)-UPC-IRTA. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

*Autor para correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante en México. Cada año se siembran 7.6 millones de hectáreas y su producción representa el 65.8 % de la producción nacional, además es una fuente de ingresos para más de tres millones de productores (Chirwa, 1993).

Las entidades de la República Mexicana que utilizan semillas mejoradas tienen rendimientos elevados ($\approx 9.39 \text{ tha}^{-1}$). Por su parte, el estado de Chiapas muestra un rendimiento bajo (2 tha^{-1}) en consecuencia a una serie de factores, entre ellos, el uso de semillas criollas. Las variedades criollas a pesar de estar adaptadas a condiciones ambientales desfavorables, tienen un bajo potencial productivo y son afectadas por enfermedades que reducen su calidad y productividad. Por ende, la utilización de semillas mejoradas de maíz por parte de los agricultores es una oportunidad para aumentar su rendimiento y rentabilidad; no obstante, su adopción es aún limitada (23.4%) (Herrera *et al.*, 2002). En consecuencia, si se pretende entender el comportamiento de adopción de tecnologías en este sector, es necesario, segmentar a los agricultores en base de sus actitudes y riesgos percibidos hacia las semillas mejoradas. En este contexto, este trabajo contribuye proporcionando información técnica, socioeconómica y tipológica que sirva para impulsar estrategias diferenciadas de adopción para este cultivo tan importante en el Estado.

METODOLOGÍA

La información se colectó a través de una encuesta directa realizada en enero y marzo de 2015. El cuestionario personalizado se aplicó a una muestra de 200 agricultores. El área de estudio son las siguientes zonas potenciales de maíz: Villaflores, Chiapa de Corzo, Villacorazo y La Concordia en el estado de Chiapas.

Los aspectos que determinaron la descripción del agricultor son: técnicos, socioeconómicos, actitudes y opiniones (Kallas *et al.*, 2009). Las variables de actitudes y percepciones hacia el riesgo de los agricultores han sido reducidas a través de un Análisis de Componentes

Principales confirmatorio (ACP) (Hair *et al.*, 1998). Los factores resultantes del ACP se utilizaron como variables de segmentación en un Análisis de Conglomerado (AC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACP se llevó a cabo para analizar las actitudes, opiniones y percepciones del riesgo de los agricultores hacia las semillas mejoradas. Las variables que analizan las actitudes han sido evaluadas con una escala Likert de 0 a 10, dónde el 0 es nada de acuerdo y el 10 muy de acuerdo. Éstas son: los precios de venta del maíz mejorado permiten cubrir los mayores costos de producción, la siembra con semillas mejoradas de maíz puede asegurar el futuro de las explotaciones, la siembra con semillas mejoradas de maíz da una imagen positiva para la explotación, la siembra con semillas mejoradas incrementa los ingresos en el hogar, las semillas mejoradas de maíz tienen mejor aceptación en el mercado, la relación masa-tortilla es mayor con las semillas mejoradas. Los resultados han permitido extraer un factor explicando el 68% de variabilidad. Pese a la potencial pérdida de información, el ACP₁ confirmatorio ha demostrado unos buenos indicadores de ajuste estadístico. Éste se ha denominado “potencial aceptación de semillas mejoradas de maíz”. El ACP₂ se aplicó para reducir las siguientes variables relacionados con la percepción del riesgo: el riesgo procedente con la sequía es menor con las semillas mejoradas, el riesgo procedente de la fluctuación de los rendimientos es menor con las semillas mejoradas, el riesgo de pérdidas por heladas es menor con semillas mejoradas, los riesgos procedentes de la proliferación de plagas y enfermedades son menores con semillas mejoradas, el riesgo procedente de la comercialización es menor con las semillas mejoradas, existe menor riesgo para la concesión de créditos a los agricultores con semillas mejoradas. Como resultado se obtuvo un componente que se designó como “poca aversión al riesgo”, representando un 56% de variabilidad.

Posteriormente, a base de los factores estimados, se aplicó un AC que permitió segmentar a los agricultores de acuerdo a los ACP₁ y ACP₂ referencias de las semillas mejoradas. De la muestra de 200 agricultores, el 52.5% de los agricultores no observan el potencial de las semillas mejoradas (de transición), el 18.5% cuentan con una apreciación negativa de las semillas mejoradas (conservadores) y el 29% tienen una percepción positiva hacia las semillas mejoradas (innovadores). Los grupos identificados se describen considerando ocho variables: tipo de semilla, superficie, rendimiento, porcentaje de ventas de maíz, porcentaje de ingresos que proceden del cultivo de maíz, percepción de riesgo y edad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedio de variables clave para los diferentes tipos de agricultores de maíz en Chiapas, México.

Grupos	Agricultores semilla criolla (%)	Agricultores semilla mejorada (%)	Ha	Th ⁻¹	Ventas de maíz (%)	Ingreso procedente de maíz (%)	El factor Riesgo	Edad (años)
De transición	43.9	54.7	4.7 ^{a,b}	3.7 ^a	89.6 ^a	89.7 ^{a,b}	Asumen riesgos	58 ^{ab}
Conservadores	46.3	11.3	3.4 ^b	2.9 ^b	82.5 ^b	92.8 ^a	Adversos al riesgo	60 ^a
Innovadores	9.8	34.9	5.2 ^a	4.2 ^a	93.5 ^a	86.03 ^b	Cautelosos respecto al riesgo	52 ^b

El primer *cluster*, denominado de transición, es el de mayor tamaño con un 52.5% de la muestra. Examinando los resultados, se puede comprobar que los miembros de este grupo aún no observan el potencial de las semillas mejoradas, a pesar de que una parte de ellos utiliza semillas mejoradas (54.7%). Así, son agricultores que asumen riesgos en su gestión y que se encuentran en la etapa de análisis de los aspectos técnicos y económicos de dicha innovación (Lampkin y Padel, 1994; Rigby *et al.*, 2001).

El segundo *cluster*, identificado como conservadores, representa el 18.2% de la muestra. De la información obtenida se puede observar que tienen una apreciación negativa hacia las semillas mejoradas. Mencionan que existen factores que restringen el uso de las mismas. También destacan por la falta de recursos económicos, disponibilidad de maquinaria y asistencia técnica. Los datos coinciden con lo expuesto por Feder y Zilberman (1985) sobre los factores necesarios para una adopción de tecnología eficiente en los países de América Latina. Son agricultores adversos al riesgo y no aplican de inmediato la tecnología que se le transfiere, sino que esperan a que algún otro productor lo haga primero (adoptantes tardíos). La fuente de información que emplean son los miembros de su familia, por lo que es necesario, diversificar sus fuentes de información y experimentar para apreciar los beneficios de las semillas (Lee, 2005).

Por último, el tercer *cluster* cuyos miembros identificados como innovadores, está formado por 29% del total de la muestra. Los miembros de este grupo tienen una percepción positiva hacia las semillas mejoradas. Son agricultores cautelosos respecto al riesgo y la mayoría de ellos son usuarios de las mismas (34.9%). Cuentan con una mayor superficie sembrada.

CONCLUSIONES

Los agricultores de maíz del estado de Chiapas se pueden agrupar en 3 segmentos diferenciados a base de sus actitudes y percepción hacía las semillas mejoradas. Los resultados demuestran que las estrategias de adopción de semillas mejoradas en el sector de maíz quedan condicionadas a la tipología de agricultores, a sus preferencias y objetivos. Por tanto, ante la falta de políticas diferenciadas con respecto a tecnologías agrícolas en México, este estudio podría contribuir en la planeación de la investigación, validación, transferencia y adopción de futuras tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

- Chirwa E. W. 2005. Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi. *Development Southern Africa* 22(1):1-13.
- Feder, G., R. E. Just and Zilberman, D. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change* 33:255-98.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., and Black, W. 1998. *Multivariate data analysis*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.730p.
- Herrera, E., Macías, A., Díaz, R., Valadez, M. y Delgado, A. 2002. Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 25(1):17–23.
- Kallas, Z. Serra, T. Gil, J. 2009. Farmer's objectives as determinant factors of organic farming adoption. In Paper prepared for presentation at the 113th EAAE Seminar "A resilient European food industry and food chain in a challenging world", Chania, Crete, Greece, date as in: September 19 p.
- Lampkin, N., Padel, S. 1994. *The economics of organic farming: an international perspective*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Lee, D. R. 2005. Agricultural sustainability and technology adoption: issues and policies for developing countries. *Amer. J. Agr. Econ.* 87(5):1325–1334.
- Rigby, D., Young, Y., Burton, M. 2001. The development of and prospects for organic farming in the UK. *Food Policy* 26:599-613.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. <http://siap.gob.mx>. (Abril 2015).

EVALUACIÓN SENSORIAL DE TOTOPOS DE FRIJOL EN ZACATECAS

Blanca Isabel Sánchez Toledano^{a*} y Juan José Figueroa González^a

^aInstituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas.

*Autor para correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), tradicionalmente ha formado parte de la alimentación de la población de México y otros países de América Latina. Se trata de una leguminosa rica en proteínas, carbohidratos, vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina) y minerales (fosforo, potasio y zinc) (Díaz *et al.*, 2006; Guzmán *et al.*, 2002; Leterme y Muñoz, 2002).

El frijol tradicionalmente se consume después de cocerlo en una olla de barro o de presión (Osorio *et al.*, 2002) y suele ser el acompañamiento típico de diversos platillos. Sin embargo, una de las formas menos conocida del consumo de frijol es en harina compuesta. La cual es una mezcla de diferentes cereales, leguminosas o tubérculos que se crean para satisfacer la composición de nutrientes (Ubbor y Akobundu, 2009) y producir productos alimenticios de alta calidad, incluyendo galletas, pastas y pan (Pacheco *et al.*, 2009). Esta modalidad, abre una alternativa adicional para consumir el frijol en mayor cantidad de productos, logrando a su vez un beneficio más amplio en la buena salud de la población mexicana.

Pese a las características benéficas asociadas a la ingesta de esta leguminosa, no hay que perder de vista que el consumo de este producto ha disminuido en los últimos años, pasando de 18.9 a 10.2 kilos per cápita, en el período de 2000 a 2008 (Sangerman *et al.*, 2010). Posiblemente, esta disminución se asocie con factores económicos o también con un cambio en los hábitos de alimentación de los consumidores.

Aunado, en México la obesidad infantil, especialmente la de niños entre 5 y 11 años se ha incrementado un 40% entre 1999 y 2006 (Islas *et al.*, 2006). De seguir estas tendencias, el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, entre otros se incrementaría significativamente en los próximos años. De ahí, que se vuelve fundamental el tomar medidas paliativas y preventivas en este sentido, una de las propuestas que ha surgido, es mejorar la calidad de los alimentos que se ofrecen en las escuelas.

En este contexto, se considera que el consumo de frijol en modalidades distintas a las tradicionales puede ser una alternativa que contribuya a una alimentación más sana, además

de generar productos llamativos y atractivos para los consumidores. Es por ello, que el objetivo principal de esta investigación es realizar un análisis sensorial de un producto novedoso como son los totopos elaborados con harinas compuestas de frijol en un mercado infantil y de jóvenes de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los totopos evaluados

Para llevar a cabo la investigación se utilizó como materia prima dos variedades de frijol producidas en el estado de Zacatecas, la bayo Zacatecas y la negro Frijozac, a partir de éstas se elaboran totopos (botana o tentempié tradicional mexicano que habitualmente es elaborado a base de harina de maíz) de manera manual en la planta piloto agroindustrial ubicada en el INIFAP Campo Experimental Zacatecas. Igualmente, para tener una muestra control o de referencia, se utilizaron los totopos comerciales que son elaborados únicamente con harina de maíz. Si bien, se trata de un producto distinto ya que en el mercado no existe uno similar al elaborado, lo cierto es que esa es una de las principales características y ventajas del totopo prototipo: un producto innovador, nutritivo y que sea familiar al consumidor.

Posteriormente las muestras fueron codificadas por cuestiones de confidencialidad de la siguiente manera: en totopos elaborados con harina de frijol bayo (muestra 1), la segunda en totopos con harinas a base de frijol negro (muestra 2), y la tercera era una muestra del producto comercial (muestra 3).

Características del panel de consumidores y procedimiento sensorial

El panel se conformó por 468 niños y jóvenes de educación básica, los cuales fueron seleccionados de manera aleatoria en escuelas de educación básica de Zacatecas. A cada panelista se le proporcionó muestras individuales de totopos (20 grs), el primer totopo fue el elaborado con el frijol bayo Zacatecas, el segundo con el frijol negro frijozac y el tercero fue el totopo comercial, dichas muestras fueron evaluadas mediante el método triangular para determinar si existen diferencias entre ambos.

La aceptación del panelista hacia los totopos se evalúa basándose en la observación (apariencia, color, aroma, tamaño) y en la prueba (sabor, crujiente, sal), se utilizó una escala hedónica la cual mide el grado de satisfacción que produce cada muestra al ser degustada por los panelistas, determinando así el grado de aceptabilidad de cada totopo. Cada participante señaló el grado de aceptabilidad para los tres totopos que se le presentaron, empleando una

escala de cinco puntos, donde la puntuación cinco representa el valor más alto de aceptación, y uno el de menor.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete estadístico SAS, versión 9.2, así como el SPSS versión 17. Los análisis efectuados son de tipo descriptivo, así como análisis de varianza, Prueba de Anova y Chi-cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el 48.3% de la muestra se integra por mujeres y el 51.1% por hombres. La mayor proporción se concentra en el rango de edad de 11 y 13 años (41.6%), seguidos de los niños entre 8 y 10 años (29.7%). El 34.8% tiene estudios de secundaria y el 52.4% de primaria (Tabla 1).

Tabla 1. Características socio-demográficas de la muestra

Características socio-demográficas			
Sexo	%	Año de escolaridad	%
Femenino	48.3	Cuarto de primaria	25.9
Masculino	51.1	Quinto de primaria	11.8
Edad		Sexto de primaria	14.7
Entre 8 y 10 años	29.7	Secundaria	34.8
Entre 11 y 13 años	41.6	Bachillerato	12.8
Entre 14 y 16 años	28.6		

El 50.9% de los niños y jóvenes encuestados algunas veces lleva alimentos de su casa para comer en la escuela, en tanto que un 28.2% siempre los lleva. En cuanto al dinero que suelen llevar a la escuela para gastar cada día, los valores oscilan entre 0 y 50 pesos diarios, siendo \$11.43 el valor medio.

Respecto a los productos que los niños y jóvenes han comprado en la última semana en su escuela, el 54.3% indica que comida "chatarra" (como golosinas, papas fritas, entre otros). Le siguen con un 22.2% los que han comprado comida (en las escuelas suelen vender alimentos como tortas, donas o productos de repostería, entre otros) y aquellos que no han adquirido ningún tipo de producto. Un 5.6% ha comprado agua o jugos y el 4.9% frutas. Es decir, pese al reconocimiento de un problema nacional relacionado con la obesidad y salud de los niños mexicanos, a las normas y medidas implementadas por los organismos oficiales relativas al

cuidado y venta de alimentos sanos en las escuelas, así como las campañas de promoción efectuadas tanto a nivel de niños, padres y público en general, priman los hábitos de alimentación menos sanos entre los niños y jóvenes. Esto deja entrever que aún las políticas y acciones implementadas tienen que continuar y fomentarse con más ahínco.

En relación con sus hábitos alimentarios y estilos de vida fuera del ambiente escolar, el 72% de los niños y jóvenes encuestados indicaron que, si consumen frutas y verduras en la semana, un 26.5% las consume algunas veces y un 1.5% no las integra en sus dietas. En cuanto a sus estilos de vida el 84.8% practica algún deporte frente a un 14.5% que no lo hace.

En relación con el conocimiento que manifiestan de los totopos, el 75.2% de los niños y jóvenes encuestados los conocen, por lo que evalúan un producto con el cual están familiarizados. Al analizar los datos obtenidos de la evaluación de los totopos en función de sus atributos extrínsecos (apariencia, color, aroma y tamaño) sin degustación, se encontró que, en relación a la apariencia, los totopos comerciales tienen un aspecto visual más atractivo para los niños y jóvenes, con un valor medio de 4.3 en una escala de 1 a 5 (donde uno es indicativo de que no me gusta y 5 me gusta mucho). Le siguen los totopos elaborados con frijol negro (3.8) y posteriormente los de frijol bayo (2.9). Si bien las valoraciones medias en general fueron más altas para la muestra 3, lo cierto es que hay que considerar que se trataba de productos nuevos donde la familiaridad con el producto es un elemento clave que permite generar una mayor confianza. No obstante, las valoraciones medias para los totopos a base de frijol, en general fueron elevadas especialmente para la muestra 2, ya que todos los atributos obtuvieron puntuaciones medias superiores a 3. En tanto que en la muestra 1, algunos atributos obtuvieron valoraciones medias relativamente bajas, especialmente las de color (2.4) y apariencia (2.6) (Tabla 2).

Tabla 2. Puntuaciones medias de atributos extrínsecos antes de la degustación

Atributo	Muestra 1 (frijol bayo)	Muestra 2 (frijol negro)	Muestra 3 (harina de maíz)
Apariencia	2.6 ^c	3.8 ^b	4.3 ^a
Color	2.4 ^c	3.8 ^b	4.3 ^a
Aroma	3.1 ^c	3.4 ^b	4.4 ^a
Tamaño	3.3 ^c	3.4 ^b	4.3 ^a

Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P > 0.05$).

Para conocer la valoración sensorial que los consumidores otorgan a los atributos intrínsecos, se procedió a realizar una degustación de los totopos de cada una de las muestras. Así, en lo que respecta a sabor y contenido de sal, la muestra 1 obtuvo las puntuaciones más bajas, 2.7 y 2.5, respectivamente. En tanto que la muestra 2 fue mejor valorada que la 1 en los tres atributos (3.1, 3.3 y 2.9). En cambio, para el atributo crujiente no se encontraron diferencias significativas según el análisis de varianza en los totopos elaborados de frijol, pero si con el totopo comercial. Sin embargo, las dos muestras de totopos a base de harina de frijol frente a la muestra comercial obtuvieron puntuaciones más bajas, sobre todo en lo que respecta a contenido en sal (Tabla 3). Estos resultados son coincidentes a los obtenidos en otras investigaciones (Guzmán *et al.*, 2009) sobre frijol en general, donde el atributo de sabor suele ser el más importante para el consumidor.

Tabla 3. Evaluación sensorial tres totopos elaborados a base de frijol y maíz

Atributo	Muestra 1 (frijol bayo)	Muestra 2 (frijol negro)	Muestra 3 (harina de maíz)
Sabor	2.7 ^c	3.1 ^b	4.7 ^a
Crujiente	3.3 ^b	3.3 ^b	4.6 ^a
Contenido de sal	2.5 ^c	2.9 ^b	4.5 ^a

Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P>0.05$).

En general, al 96.6% de los consumidores les gusto más el totopo comercial, al 2.6% les gusto el totopo elaborado con harina de frijol negro y a un 0.64% les gusto el totopo elaborado con harina de frijol bayo. Pese a que los totopos en base de harina de frijol no fueron los más elegidos, no hay que perder de vista que, al tratarse de una muestra experimental, elementos como la combinación de los atributos intrínsecos puede mejorarse hasta lograr una sazón que se ajuste más a las preferencias de los consumidores, pero sin dejar de lado el objetivo principal que es contribuir a la elaboración de alimentos más sanos y nutritivos. En este sentido, los totopos comerciales tienen un sabor más agradable al paladar por el alto contenido en grasa y sal, situación que contribuye a problemas cardiovasculares y de obesidad, debido a que la sal actúa reteniendo los líquidos y provocando una mala circulación sanguínea.

Aun cuando el sabor de los totopos de frijol no fue el mejor puntuado, de estar disponibles en las escuelas, la mayoría de los niños y jóvenes los compraría, así lo indicó el 95% de los encuestados. El precio medio que estarían dispuestos a pagar por una bolsita de totopos elaborados a base de frijol es de \$5.00.

CONCLUSIONES

Al analizar los datos obtenidos de la evaluación de los totopos en función de sus atributos extrínsecos (apariencia, color, aroma y tamaño) sin degustación, se encontró que, en relación a la apariencia, los totopos comerciales tienen un aspecto visual más atractivo para los niños y jóvenes, con un valor medio de 4.3; le siguen los totopos elaborados con frijol negro (3.8) y posteriormente los de frijol bayo (2.9). En cuanto a los atributos intrínsecos (sabor, crujiente y contenido de sal) de los totopos de frijol el de la muestra 2 fue el mejor valorado. Los productos se encuentran en etapa experimental, por lo que la mejora en su sabor y características de presentación son totalmente factibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz, L.; Widholm, J. M.; Fahey, G. C.; Castaño-Tostado, E. and Paredes-López, O. 2006. Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* 54 (6): 2045-2052.
- Guzmán, M. S. H.; Acosta, G. J. A.; Álvarez, M. M. A.; García, D. S. y Loarca, P. G. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Rev. Agric. Téc. Méx.* 28 (2): 159-173.
- Guzmán, .I.; E. Almanza, J. Acosta y H. Guzmán. 2009. Estudio comparativo de características de calidad entre genotipos de frijol de grano negro. *Agricultura Técnica en México.* 35 (4): 449-457.
- Islas, L. y Peguero, M. (2006). Obesidad infantil. *Boletín de Práctica Médica Efectiva.* Editado por el Instituto de Saludo Pública y la Secretaria de Salud. México www.inspm.mx/Portal/Centros/ciss/nls/boletines/PME_14.pdf.
- Leterme, P. and Muñoz, L. C. 2002. Factors influencing pulse consumption in Latin America. *British Journal of Nutrition.* 88 (Suppl.3): 251-254.
- Osorio, P., Bello-Pérez, L. A.; Agama-Acevedo, E.; Vargas-Torres, A.; Tovar, J. and Paredes-López, O. 2002. *In vitro* digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry.* 78: 333-337.
- Pacheco, D. E.; Peña, J. y Jiménez, P. 2009. Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. *Rev. Fac. Agron.* 26: 583-598.
- Sangerman, D. M.; Acosta, J. A.; Shwenstesius, R. R.; Damían, H. M. A. y Larque, S. B. S. 2010. Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 1 (3): 363-380.
- Ubbor, S. C. and Akobundu, E. N. T. 2009. Quality characteristics of cookies from composite flours of watermelon seed, cassava and wheat. *J. Nutr.* 8 (7): 1097-1102.

EFFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL RANGO TÉRMICO DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Guillermo Medina-García^{1*}, Jaime Mena-Covarrubias², José Ariel Ruiz Corral³ José Israel Casas Flores⁴

^{1,2,4}INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México.

³ INIFAP- Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Km 8 Carretera libre Tepatitlán-Lagos de Moreno, Tepatitlán, Jal., México.

INTRODUCCIÓN

En México anualmente se siembran en promedio 97,306 ha (2010-2014) con chile bajo condiciones de riego en el ciclo de cultivo primavera-verano, la cual se realiza principalmente en los estados de Zacatecas 34.9%, Chihuahua 27.0%, San Luis Potosí 15.0%, Durango 5.2%, Guanajuato 3.7%, Jalisco 3.0% y Aguascalientes 0.9%, más del 90% de la superficie nacional (SIACON, 2014). Estos estados se encuentran en la región Norte-Centro del país en lo que se conoce como Altiplano Mexicano y se cultivan principalmente las variedades de chile ancho, pasilla, mirasol o guajillo y puya, producidos principalmente como chile seco.

Sin embargo, la productividad del cultivo de chile es muy errática debido tanto a factores bióticos como abióticos que se presentan durante el desarrollo del cultivo. Temperaturas extremas e inadecuadas y la disponibilidad de agua son dos de los factores de estrés abiótico dominantes, en esta región productora de chile, que reducen drásticamente el crecimiento y producción de este cultivo.

Para desarrollar las tecnologías que se requieren para superar los efectos limitantes del estrés abiótico sobre la productividad del cultivo de chile, se necesita entender los mecanismos de tolerancia de la planta, las fuentes de tolerancia y los métodos para incorporar esas cualidades a la planta de chile. Por lo tanto, un primer paso es conocer los rangos de temperatura que afectan los procesos fisiológicos de las plantas de chile. (Taiz y Zeiger, 2006). La temperatura máxima y mínima que definen límites de crecimiento y desarrollo de un organismo, y una temperatura óptima a la cual el crecimiento avanza con mayor rapidez, son definidas como temperaturas cardinales.

La temperatura elevada afecta varios aspectos de la fisiología y crecimiento de la planta de chile, los cuales a su vez pueden tener un efecto directo o indirecto en el amarre de fruto, y como consecuencia de ello, disminuir el rendimiento. El chile es originario de regiones tropicales

y subtropicales de América Central y América del Sur, y requiere condiciones de temperatura cálida para su desarrollo, ya que su crecimiento óptimo está entre los 25 y 30°C (Madhavi *et al.*, 2016); sin embargo, temperatura superior a los 32°C, o inferiores a los 15°C afectan una variedad de funciones fisiológicas, el crecimiento normalmente se retrasa y el rendimiento se reduce (Gunawardena y De Silva, 2014, Mercado *et al.*, 1997); esta sensibilidad a temperaturas extremas es más marcada para los tipos de chile que se han seleccionado para regiones de cultivo templadas, como el Altiplano Mexicano, donde se produce chile seco, principalmente las variedades ancho, pasilla, mirasol y puya, cuya temperatura óptima para su desarrollo está entre 18 y 28°C (Medina y Mena, 2016).

El factor más importante que determina la diferenciación de la flor es la temperatura, especialmente durante la noche (Bosland y Votava, 2000). La temperatura del aire también tiene un gran efecto sobre la formación del polen y su viabilidad; temperatura arriba de 30°C que se presenta 15 días antes de la polinización ocasiona esterilidad del polen (Cochran, 1938). El rendimiento es alto cuando la temperatura del aire, en el día, durante el amarre de fruto, fluctúa entre los 18 y 32°C; los frutos no amarran cuando la temperatura durante el día es mayor de 32°C (Olaweju, 1988; Aloni *et al.*, 1999). En general, la temperatura óptima para el amarre de frutos en chile dulce es de 22 a 26 °C durante el día y 15 to 18 °C durante la noche (Rylski and Spigelman, 1982).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, actualmente el cambio climático representa uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura, debido a las alteraciones que causa en los patrones climáticos y por tanto en la agroclimatología relacionada con el manejo de las actividades agrícolas. (IPCC, 2014).

En este estudio se pretende conocer cuál es el efecto del calentamiento global, en el número de horas dentro y fuera de los rangos de las temperaturas cardinales del cultivo de chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió los principales estados productores de chile seco del norte centro de México: Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí. Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y temperatura mínima de las estaciones de clima del Servicio Meteorológico Nacional. Se seleccionaron 131 estaciones con más de 30 años y más de 90% de datos. En la Figura 1 se presenta el área de estudio, las áreas con potencial para la producción de chile (Medina y Mena, 2016) y las estaciones climáticas utilizadas.

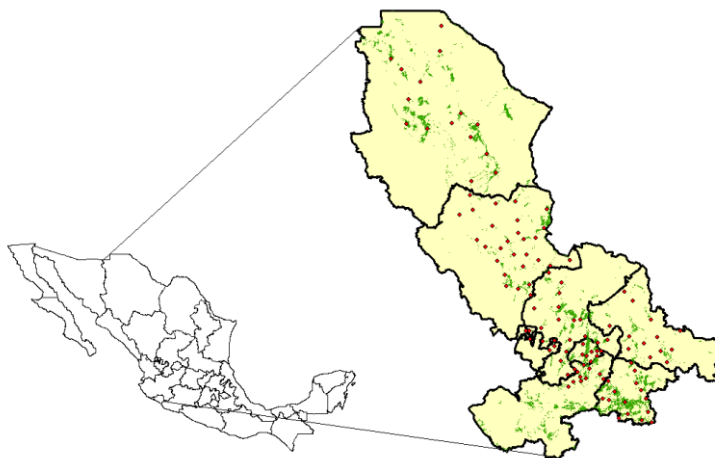


Figura 1. Zona de estudio, áreas con potencial para la producción de chile seco y estaciones climáticas utilizadas.

A partir de los datos diarios de temperatura máxima y mínima, se obtuvieron datos horarios (Snyder, 1985) de toda la serie de datos de las estaciones. Con estos datos se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo dentro y fuera de los rangos óptimos de las temperaturas cardinales para chile (Cuadro 1) durante el ciclo de cultivo. Con el número de horas de cada rango para el ciclo de cultivo abril-octubre, de cada uno de los años de la serie de cada estación, se hicieron análisis regionales de tendencias.

Cuadro 1. Valores umbrales y óptimos de temperaturas cardinales para chile seco cultivado en la región de estudio.

VARIABLE	UMBRAL INFERIOR	ÓPTIMO	UMBRAL SUPERIOR
Temperatura	15	18 – 28.0	32
Temperatura nocturna	10	15 - 17.5	18

La temperatura nocturna se consideró de las 19 a las 6 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para validar la estimación de los datos horarios de temperatura con el modelo propuesto, se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y mínima de una estación de clima automática y se compararon con sus datos horarios reales (Figura 2). Los reales y estimados se ajustaron a una regresión lineal resultando una $R^2=0.9$, cumpliendo con los supuestos de validación 1:1, es decir, el intercepto fue estadísticamente igual a cero y la pendiente estadísticamente igual a uno (Fritz *et al.*, 1997).

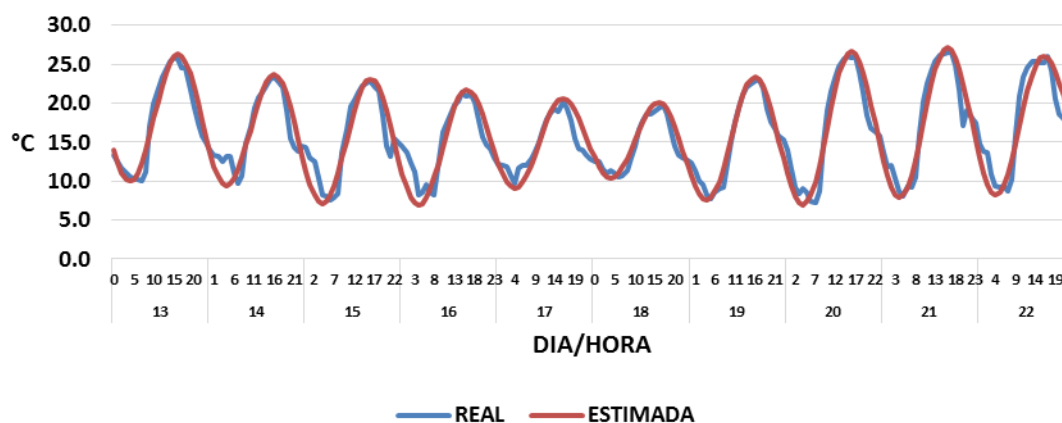


Figura 2. Datos horarios reales y estimados con el modelo sinodal.

Con los datos horarios se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo dentro y fuera de los rangos óptimos de temperaturas cardinales para el desarrollo del chile en el ciclo de cultivo abril a octubre. El análisis de tendencias históricas regionales de los años 1981 a 2010 y con promedios cada 20 años (considerando las 131 estaciones) se presenta en la Figura 3.

El número horas dentro del rango de temperaturas umbrales para el desarrollo de chile (15 a 32°C), tiene una tendencia en aumento, es decir, el número de horas con temperatura apropiada para chile se ha ido incrementando (Figura 3A). La tendencia histórica del número de horas con temperatura abajo del umbral mínimo de temperatura (15°C) para el desarrollo del chile (Figura 3B), es hacia la baja, lo cual también es un beneficio para este cultivo. Sin embargo, la temperatura arriba de los 32°C, que es perjudicial para chile, debido a que aumenta la esterilidad del polen y el aborto de frutos, (Olareweju, 1988; Aloni *et al.*, 1999) tiene una tendencia a incrementarse (Figura 3C).

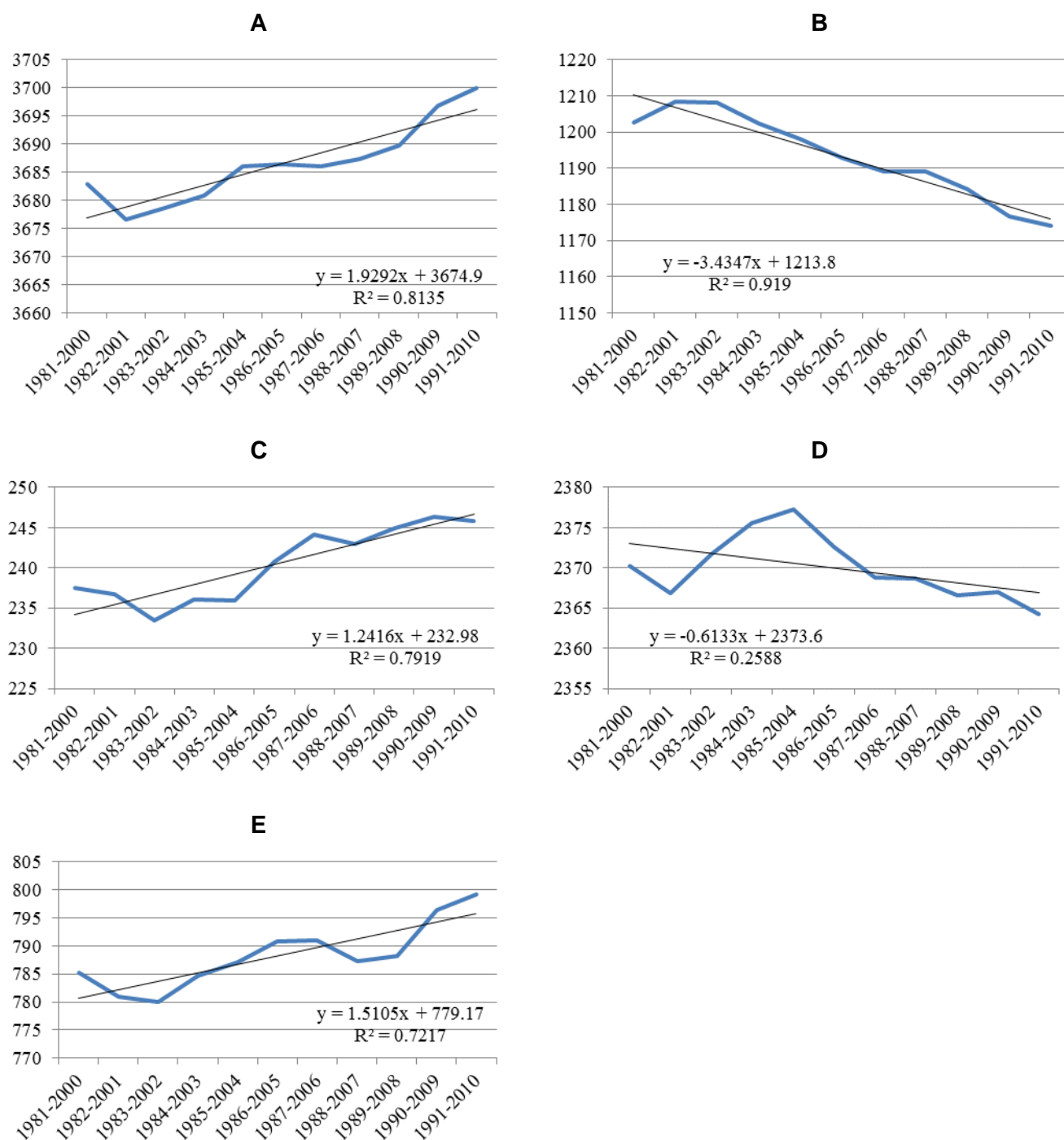


Figura 3. (A) Tendencia histórica del número de horas en el rango de temperaturas umbrales para el desarrollo de chile (15 a 32°C), (B) abajo del umbral inferior (15°C), (C) arriba del umbral superior (32°C), (D) en el rango óptimo (18 a 28°C) y (E) arriba del umbral superior de temperatura nocturna (18°C) en la región productora de chile seco en México, en el ciclo agrícola abril-octubre. Las unidades del eje horizontal son años (periodos de 20 años) y las unidades del eje vertical son número de horas.

Por lo tanto, dos de las variables indican un efecto favorable (aumento en el número de horas dentro del rango de desarrollo de *Capsicum* y disminución del número de horas abajo del umbral mínimo), en tanto que la variable de horas arriba del umbral superior de temperatura, que afecta negativamente la polinización y el amarre de frutos, también se ha incrementado. La tendencia de las tres variables descritas anteriormente, durante el período de 1981 a 2010, va acorde con la respuesta al calentamiento global.

El número de horas con temperatura dentro del rango óptimo el desarrollo de chile en la región norte centro de México (18 a 28°C) ha disminuido, tal como se observa en la Figura 3D y, por el contrario, la temperatura nocturna mayor de 18°C (Figura 3E) ha aumentado, lo cual incrementa el riesgo de aborto de flores y frutos pequeños (Gunawardena y De Silva 2014), además, reportan reducción del rendimiento de chile por estrés térmico debido a la reducción del número y diámetro de frutos por planta.; la respuesta observada de estas dos últimas variables significa una tendencia de menores rendimientos potenciales del chile.

CONCLUSIONES

Se observa un efecto favorable del calentamiento global en el periodo histórico 1981-2010 en el norte centro de México, al aumentar el número horas dentro del rango térmico, que son favorables para el desarrollo de chile; de la misma manera disminución del número de horas abajo del umbral inferior de temperatura y de temperatura nocturna.

En el mismo periodo histórico se ha dado un efecto desfavorable al aumentar el número de horas con temperatura arriba del umbral superior de temperatura y arriba del umbral superior de temperatura nocturna, las cuales reducen la polinización, y aumentan el aborto de flores y frutos pequeños.

LITERATURA CITADA

- Aloni, B., E. Pressman and L. Karni. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Annals of Botany* 83: 529-534.
- Bosland, P.W., y E.J. Votava. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. *Crop Production Science in Horticulture* 12. CAB International Publishing, Wallingford, England, UK. 204 pp.
- Cochran, H.L. 1938. A morphological study of flower and seed development in pepper. *Journal Cochran of Agricultural Research* 56: 395-417.
- Fritz, J. O.; Vanderlip, R. L.; Heiniger, R. W. and Abelhalim, A. Z. 1997. Simulating forage sorghum yields with SORKAM. *Agron. J.* 89:64-68.
- Gunawardena, M. D. M., y De Silva, C. S. 2014. Identifying the Impact of Temperature and Water Stress on Growth and Yield Parameters of Chilli (*Capsicum annum* L.). *OUSL Journal*, 7: 25-42

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Madhavi R. K., K.S. Shivashankara, G.A. Geetha y K.C. Pavithra. 2016. Capsicum (Hot pepper and Bell pepper). In N.k. Srinivasa, K.S. Shivashankara y R.H. Laxman (eds.) Abiotic stress physiology of horticultural crops. Springer India. pp. 151-166.
- Medina, G. G. y Mena C. J. 2016. Cambio climático y sus efectos en la producción de chile en el Norte-Centro de México. En: Sexto foro para productores de Chile. Zacatecas, México. pp.1-15.
- Mercado, J.A., M.S. Reid, V. Valpuesta, y M.A. Quesada. 1997. Metabolic changes and susceptibility to chilling stress in *Capsicum annuum* plants grown at suboptimal temperature. *Functional Plant Biology*, 24(6), 759-767.
- Olareweju, J.D. 1988. Effect of night temperature on fruit set and development in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 18: 285-288.
- Rylski I, Spigelman M. 1982. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit-set of sweet pepper. *Scientia Horticulturae*, 17: 101-106.
- Snyder, R.L. 1985. Hand calculating degree-days. *Agric. For. Meteorol.*, 35:353-358.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) 1980-2014. SAGARPA. 2015. México, D. F. <http://www.siap.gob.mx/siacon> (Consultado octubre, 2016).
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 pages

USO DE SEMILLAS DE MORINGA PARA ELABORAR PANQUÉS CON ALTA CALIDAD NUTRICIONAL Y VALOR AGREGADO

Raquel Cruz-Bravo¹, Ana Laura Reyes-Reyes², Gabriela Gutiérrez Dorado³

¹INIFAP, Campo Experimental Zacatecas; ²INIFAP, Campo Experimental Rosario-Izapa; ³Universidad Autónoma de Zacatecas, Programa Químico Farmacéutico Biólogo.

¹E-mail: cruz.raquel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El género *Moringa* pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales, clase magnoleopsida. Es una oleaginosa que incluye 14 especies. De éstas, *Moringa oleifera*, es la especie más popular y, en consecuencia, más utilizada. Se cree que es originaria del sur del Himalaya y el noroeste de la India (Olson, 2001 a, b). La moringa crece rápidamente en climas tropicales y subtropicales con precipitaciones de 250 a 3000 mm/año en suelos con un pH de 5.0 a 9.0 (Saint Sauveur (de), 2001).

Particularmente, las semillas de moringa son una buena fuente de calcio, aceite oleico y proteínas; suelen utilizarse para clarificar el agua de consumo humano y para alimento de ganado. Asimismo, debido su alto contenido de aceite (33-41%), la semilla de moringa ha atraído la atención de diversos grupos de investigación como fuente de biocombustibles (Rashid y col., 2008; Anwar y Bhangar, 2003). Además, se han reportado rendimientos de semilla de la moringa de hasta 3000 kg/ha que generan aproximadamente 900 kg de aceite cantidad superior a la producida por la soya. La calidad en el perfil de ácidos grasos que presenta el aceite de la semilla, lo hace apto para consumo humano (Saint Sauveur (de), 2001; Rashid y col., 2008).

Se espera que en un futuro cercano se establezca la producción a nivel industrial de aceite a partir de la semilla de moringa. De suceder esto, la producción de torta producto de la extracción de aceite de la semilla, será substancial por lo que habrá que desarrollar tecnologías para darle valor agregado a la misma.

En INIFAP se han aplicado tecnologías para usar el aceite de moringa y producir biodiesel. Sin embargo, existe la necesidad de aprovechar la pasta de desecho (bagazo) que resulta de la extracción del aceite; por lo que en este estudio se usó la pasta de la semilla de moringa desgrasada con alcohol etílico, así como las semillas naturales (con aceite) para elaborar un producto alimentario de panificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material. Las semillas de la cosecha 2015 fueron provistas por el INIFAP, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Los ingredientes para elaborar los productos alimentarios fueron de origen comercial: harina de trigo refinada, leche semidescremada de vaca, mantequilla, azúcar, huevo, esencia de vainilla, polvo para hornear y sal de mesa. Para la extracción del aceite de semilla de moringa se utilizó alcohol etílico absoluto anhidro. Todos los reactivos de laboratorio utilizados fueron marca J.T. Baker (México). Las enzimas se obtuvieron de Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo., U.S.A.).

Procesamiento de las semillas de moringa. Después de la recepción del material, se retiró la cáscara de las semillas y se limpiaron con lienzos húmedos para retirar residuos de suciedad. Para obtener la harina, se procesó la muestra con un molino para café de acero inoxidable (marca Krups, modelo GX410011V) hasta obtener una harina fina, la cual se almacenó herméticamente en un recipiente protegido de la luz y a 4 °C hasta su uso.

Extracción del aceite de las semillas de moringa. Se realizó mediante la técnica Soxhlet descrita por el AOAC (2002), método 920.39, con un tiempo de extracción de 6 horas y utilizando como solvente, alcohol etílico anhidro para fines alimentarios. Posterior a la extracción, la muestra de semillas desgrasadas se almacenó herméticamente en recipientes protegidos de la luz y a 4°C hasta la elaboración de los cupcakes. Para los análisis de laboratorio, se utilizó éter de petróleo como solvente y las muestras desgrasadas fueron liofilizadas.

Panqués tipo “cupcake” con harina desgrasada de semillas de moringa. Se elaboraron cupcakes con harina de trigo y de semillas de moringa en las siguientes proporciones: 80/20, 85/15 y 90/20 (trigo/moringa, respectivamente), más mantequilla, azúcar, huevo, leche y vainilla. Los cupcakes se hornearon a 180 °C durante 30 minutos. Transcurrido el tiempo, se sacaron los cupcakes del horno y se enfriaron a temperatura ambiente. Se envasaron en bolsas celofán y se rotularon con los datos de la formulación correspondiente y fecha de elaboración. Se elaboraron cupcakes con harina de semilla de moringa natural (con aceite) en una proporción 85/15 (trigo/moringa, respectivamente) para fines comparativos y cupcakes con el 100 % harina de trigo como testigo. Finalmente, los productos se liofilizaron para análisis posteriores.

Análisis proximal. Se emplearon los métodos AOAC (2002) para determinar el contenido de humedad (método 925.10), lípidos (método 920.39), cenizas (método 923.03), y nitrógeno (método 920.87) en muestras de harina de frijol crudo y en las galletas. El contenido de proteína se calculó como cantidad de nitrógeno \times 6.25. Para determinar la fibra dietética total (FDT) se empleó la técnica descrita por Prosky y colaboradores (1988) que consiste en la digestión *in*

in vitro de la muestra con α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa simulando las condiciones fisiológicas en un individuo monogástrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrollaron formulaciones para elaborar panqués tipo “cupcake” con el objetivo principal de dar valor agregado a la torta o pasta desgrasada de semillas de moringa, así como cupcakes elaborados con la semilla de moringa natural (con aceite) para fines comparativos y ofrecer alternativas innovadoras de consumo, más un testigo de 100 % harina de trigo. Respecto a los cupcakes elaborados con semillas de moringa, cabe mencionar que, desde el punto de vista de la apariencia, la mezcla no se vio influenciada por la adición de la harina de semillas de moringa. Sin embargo, se observó que, a mayor proporción de harina desgrasada de semillas de moringa, el rendimiento disminuyó (16 %).

Respecto al producto terminado (cupcakes), la formulación que, tecnológicamente y sensorialmente, permitió usar la mayor proporción de harina desgrasada de semillas de moringa fue la 85/15 (trigo/moringa, respectivamente) (Figura 1); obteniendo un producto con apariencia de pan integral.



Figura 1. A) cupcakes 100 % trigo; B) cupcakes 90/10 (trigo/semillas de moringa); C) cupcakes 85/15 (trigo/semillas de moringa; D) cupcakes 80/20 (trigo/semillas de moringa).

El aumento de la viscosidad en los cupcakes con moringa puede deberse a que la semilla puede tener una mayor capacidad de retener el agua que el trigo. Hoyos y colaboradores (2015) utilizaron harinas compuestas de maíz, garbanzo y cáscara de piña para sustituir al trigo en la elaboración de panes. Al evaluar los parámetros de funcionalidad tecnológica, observaron que al igual que en el presente estudio, al incrementar el porcentaje de sustitución del trigo, los productos finales presentaron una mayor dureza, viscosidad y menor volumen que el pan de trigo. Igualmente, se percibió el pan como un producto integral, lo que confirma nuestros hallazgos. Por lo tanto, con base en los resultados obtenidos en nuestro estudio (Figura 1), se sugiere que es factible utilizar la harina desgrasada de semillas de moringa para elaborar panqués tipo cupcake en proporciones de 85 % de harina de trigo y un 15 % de harina de semillas de moringa.

La superioridad del trigo en cuanto a parámetros de funcionalidad tecnológica respecto a otros materiales vegetales se ha demostrado anteriormente (Umaña *et al.*, 2013; Hoyos *et al.*, 2015). Por ejemplo, el uso de leguminosas en las harinas compuestas presenta una menor capacidad de absorción de agua, volumen específico y extensibilidad. Sin embargo, mediante la evaluación tecnológica de estas harinas, se demostró que fueron competentes para la formación de masa con aptitudes panaderas, así como una alternativa viable para incrementar el valor nutricional de los productos de panificación (Umaña *et al.*, 2013).

Respecto a la composición química (Cuadro 1), se observa que, como era de esperarse, las semillas de moringa presentaron mayor contenido de lípidos, proteínas y cenizas, estas últimas relacionadas con el contenido de minerales en los alimentos. Se sabe que las semillas de moringa contienen altos niveles de calcio y fósforo (Aja *et al.*, 2013). El contenido de lípidos en la semilla de moringa se encuentra en los rangos reportados anteriormente (Aja *et al.*, 2013). Sin embargo, la cantidad de proteínas difiere a lo reportado por otros autores (Aja *et al.*, 2013; Gopalakrishnan *et al.*, 2016), lo cual puede deberse a que la composición química se ve afectada por factores ambientales donde se desarrolla la planta de moringa, tales como la temperatura y calidad del suelo (Gopalakrishnan *et al.*, 2016).

Interesantemente, los cupcakes elaborados tanto con semilla de moringa natural como desgrasada no presentaron diferencias significativas en los parámetros medidos. Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas en la composición química entre los cupcakes con moringa y el testigo de 100 % harina de trigo, ya que presentaron 22 % más proteínas, 57 % más fibra dietética y 10 % más cenizas, lo que demuestra que el uso de las semillas de moringa (con y sin aceite) tienen un efecto positivo en la calidad nutricional del pan; por lo que se sugiere que estos productos pueden emplearse para ayudar a mejorar el estado nutricional de

poblaciones vulnerables o de aquellas que requieren alimentos listos para el consumo con mayor aporte de nutrimentos.

Cuadro 1. Composición química de semillas de moringa, cupcakes con semillas de moringa y con semillas de moringa desgrasadas.

Muestra	Humedad	Cenizas	Proteínas	Lípidos	FDT
Cupcake 100% trigo	26.84 ± 0.79a	1.89 ± 0.04c	6.66 ± 0.05c	18.84 ± 0.44b	7.62 ± 0.60c
Cupcake moringa sin aceite	23.63 ± 0.55b	2.18 ± 0.04b	8.18 ± 0.10b	18.31 ± 0.21b	10.99 ± 0.66b
Cupcake moringa con aceite	23.44 ± 0.50b	2.15 ± 0.10b	8.13 ± 0.08b	19.65 ± 0.43b	12.44 ± 0.72b
Semillas de moringa	6.75 ± 0.04c	3.84 ± 0.04a	28.82 ± 0.04a	38.49 ± 0.72a	25.15 ± 0.39a

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar de dos experimentos independientes con tres repeticiones cada uno. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa $\alpha = 0.05$, prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la apariencia del producto terminado, los panqués (cupcakes) con harina de semillas de moringa fueron aceptables y similares a un producto integral comercial, siendo la formulación 85/15 (trigo/moringa, respectivamente), la que permitió utilizar la mayor cantidad posible de harina de semillas de moringa, sin importar el uso de semillas con el aceite o desgrasadas. Por lo tanto, se empleó esta formulación en ambos casos para continuar con el estudio. Con base en la composición química, se demostró que la adición de semillas de moringa en el producto incrementó significativamente el contenido de proteínas (22 %), fibra dietética (57%) y de cenizas (10 %), las cuales se relacionan con el contenido de minerales. Por lo tanto, el uso de semillas de moringa es factible para elaborar productos de panificación atractivos con alta calidad nutricional y dar valor agregado a la moringa, ya sea utilizando la semilla natural (con aceite) o la pasta (bagazo) proveniente de la extracción del aceite de las semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, Va.: AOAC.
- Aja, P.M., Ibiam U.A., Uraku A.J., Orji O.U., Offor C.E. and Nwali B.U. 2013. Comparative Proximate and Mineral Composition of Moringa oleifera Leaf and Seed. *Glo. Adv. Res. J. Agric. Sci.* 2: 137-141.
- Anwar F, and MI Bhangar. 2003. Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 6558-6563.
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., and Kumar, D.S. 2016. Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Sci. Hum. Well.* 5: 49-56.
- Hoyos Sánchez, D. y Palacios Peña, A.G. (2015). Utilización de Harinas Compuestas de Maíz y Garbanzo Adicionadas con Fibra de Cáscara de Piña para Sustitución de Harina de Trigo en Productos de Panificación. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Vale. Cali, Colombia.
- Olson, M.E. (2001a). Stem and root anatomy of Moringa (Moringaceae). *Haseltonia*, 8:56-96.
- Olson, M.E. (2001b). Introduction to the Moringa Family. In the miracle tree: The multiple attributes of Moringa, L. J. Fuglie. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Wageningen/ Church World Service, New York, 11-28.
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW and Furda I, Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem* 71: 1017-1023 (1988).
- Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., Knothe, G., 2008. Moringa oleifera oil: a posible source of biodiesel. *Bioresour. Technol.* 99, 8175–8179.
- Saint Sauveur (de) A. 2001. Moringa exploitation in the world: State of knowledge and challenges. Development potential for Moringa products October 29th – November.
- Umaña, J., Álvarez, C., Loperay, S. M., & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Revista Alimentos Hoy*, 22(29): 36-46.

ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO COMO HERRAMIENTA DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN EL CULTIVO DE FRIJOL

Pérez Marroquín Guillermo Jesuita¹, Del Carmen Bravo Gonzalo¹, Servín Palestina Miguel^{2*}, Medina García Guillermo, Espinoza García Gustavo³, Ventura Marcelo Aaron¹

¹Facultad de Ingeniería Agrohídrica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Dom. Con. San Juan Acateno, Teziutlán Puebla. México, ²INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Kilómetro 24.5. Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R. Zacatecas, ³Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Zacatecas, Zac., México. *servin.miguel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El principal uso del agua a nivel mundial es el agrícola, con el 72 % de la extracción total (IICA, 2014). Las proyecciones indican que la extracción de agua aumentará un 22 % hasta el año 2025 (FAO, 2003). El crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos. Las tendencias hacia el año 2050 indican que la agricultura necesitará incrementar su producción un 60 % a nivel global, y un 100 % más en países en desarrollo (FAO, 2013). En muchas regiones del mundo se ha alcanzado el límite de aprovechamiento de agua lo que las ha llevado a sobreexplotar los recursos hídricos superficiales y subterráneos (Salazar, 2014), debido a lo anterior, su uso eficiente y responsable en la agricultura resulta imprescindible. Entre las técnicas existentes para el manejo adecuado del agua, está la programación del riego, basada en identificar el momento oportuno para realizar el riego (Tarjuelo, 2005). En la actualidad existen diversas metodologías que permiten definir el parámetro de cuando regar y puede estar en función de variables climatológicas o algún sensor que arroje información de utilidad para dicho fin, la base principal en este documento es la medición de temperatura en cultivos mediante sensores de radiación infrarroja, estas mediciones proporcionan indicadores directos del estado hídrico de la planta, a este método se le conoce como Índice de Estrés Hídrico (IEH). El IEH se fundamenta en el hecho de que una planta mantiene una transpiración adecuada cuando tiene un suministro apropiado de agua, cuando ocurre lo anterior, la temperatura del cultivo es menor a la temperatura del aire, entre 1 y 4 °C, en caso contrario, cuando la planta carece de agua la transpiración se reduce y la temperatura foliar aumenta, sobrepasando la temperatura del aire (Mañas, 2005). El IEH obtenido a partir de medidas de la temperatura es un buen indicador del estado hídrico de las plantas, por lo que se puede considerar una herramienta confiable para la programación de riego (Rovira, 2008). Las tecnologías modernas prometen grandes ahorros de agua, en ese sentido, el presente trabajo pretende mostrar una herramienta basada en IEH que permita definir el riego de los cultivos en los momentos

requeridos para el usuario y facilitar incluso calendarios de riego. Los objetivos del presente trabajo fueron: i) Determinar las líneas base inferior y superior del índice de estrés hídrico para el cultivo de frijol ii) Determinar el índice de estrés hídrico del cultivo de frijol sometido a dos condiciones de humedad y iii) generar una herramienta que permita decidir el momento de riego mediante el uso de la termometría infrarroja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) de INIFAP, que está situado entre las coordenadas 22° 54' latitud norte, y 102° 39' longitud oeste, a una altura de 2197 msnm. La temperatura media anual es de 14.6 °C, la precipitación promedio es de 416 mm mientras que la evapotranspiración potencial media anual es de 1609 mm. El tipo de suelo existente en el lugar es del tipo Franco-arcilloso (Medina y Ruíz, 2004, p. 40). Se emplearon dos variedades de frijol, la variedad uno fue "Victoria", ésta es una variedad nativa, resultado de la selección realizada por INIFAP, y la segunda fue "Flor de Junio Dalia", variedad obtenida en el Campo Experimental Bajío. El arreglo de plantación utilizado fue de 0.75 m entre surcos y 0.10 m entre plantas. Ambas variedades fueron sometidas a dos niveles de humedad, ya que la determinación del índice de estrés hídrico requiere medidas de temperatura de un cultivo bien regado (riego 100%), y un cultivo sometido a estrés hídrico (riego 50%), como se indica en la Tabla 1, cada tratamiento estuvo constituido por cuatro repeticiones. Las dimensiones de cada repetición fueron de 5.4 m de largo y 2.5 m de ancho.

Tabla 1. Tratamientos empleados en la determinación del índice de estrés hídrico

Tratamientos	Variedad / nivel de riego
Tratamiento 1	Victoria (1) / riego 100 %
Tratamiento 2	Victoria (1) / riego 50 %
Tratamiento 3	Flor de Junio Dalia (2) / riego 100 %
Tratamiento 4	Flor de Junio Dalia (2) / riego 50 %

El IEH precisa medidas de humedad relativa, temperatura ambiente y de cubierta vegetal, partiendo de lo anterior, se instaló una estación meteorológica en el centro del área de experimentación, la cual permitió obtener la temperatura ambiente y humedad relativa, mientras que, para la obtención de la temperatura foliar, se empleó un termómetro infrarrojo portátil.

La determinación de las líneas- base inferior y superior (límite superior e inferior) y el cálculo del índice de estrés hídrico se realizó de acuerdo con la metodología desarrollada por Idso *et al.* (1981). Los límites son obtenidos a partir de una regresión lineal que presenta la relación entre la temperatura del cultivo y el déficit de presión de vapor para plantas que se encuentran en condiciones hídricas adecuadas (límite inferior) y plantas que presente un estrés hídrico severo (límite superior); cuan cerca este de uno u otro límite, mayor o menor será el grado de estrés que presente el cultivo. Finalmente, la ecuación que define el IEH se obtiene a partir de la temperatura del cultivo (T_c):

$$IEH = \frac{T_{c_a} - Li}{Ls - Li}$$

Dónde: T_{c_a} es la diferencia entre la temperatura de la hoja y la temperatura del aire actual, Li es el límite inferior y Ls es el límite superior, para la obtención de las líneas-base se tomaron mediciones de la temperatura del follaje en cuatro ocasiones (65, 69, 76 y 79 días después de siembra) entre las 8:00 y 17:00 horas, se tomaron en consideración las recomendaciones hechas por Gardner *et al.* (1992). Las mediciones se realizaron a una distancia de 10 cm de la hoja y un ángulo de 90° respecto a la superficie foliar. Para la evaluación del comportamiento del índice de estrés hídrico, la temperatura del follaje fue medida entre las 12:00 p.m. y 2:00 p.m., ya que es cuando se presenta la máxima radiación y el cultivo expresa en mayor medida el índice de estrés, la herramienta de programación de riego fue diseñada en Microsoft Visual Basic Versión 6.0, para 32 bits.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Límites inferior y superior del índice de estrés hídrico del cultivo

De acuerdo con Idso *et al.* (1981), en la Figura 1 se presentan los límites inferior y superior obtenidos. La ecuación que define la línea base inferior del IEH para el cultivo de frijol es: $Y = 1.386 \text{ DPV} - 0.8367$ ($r^2 = 0.7618$, $n = 450$), donde Y está en °C y el DPV en kPa y está definida por los tratamientos sin estrés hídrico. Gallardo *et al.* (1993) reportó el siguiente límite inferior en el cultivo de menta (*Mentha piperita* L.) $Y = 1.32 - 0.98 \text{ DPV}$. López *et al.* (2009) encontraron que en el cultivo de tomate de cascara, la ecuación que define la línea base inferior fue $Y = 1.21 - 131 \text{ DPV}$.

En la Figura 1 se muestra que el límite superior obtenido fue 2.73 °C con $n = 50$. López *et al.* (2009) obtuvo resultados similares en el cultivo de tomate de cascara, su línea-base superior fue de 2.8 °C con $n = 25$. Finalmente, Ferreyra *et al.* (2002) para el cultivo de Vid encontraron un

valor de 3.5 °C. Lo anterior indica que el cultivo de frijol es más sensible al estrés hídrico, en comparación con los cultivos de tomate y vid.

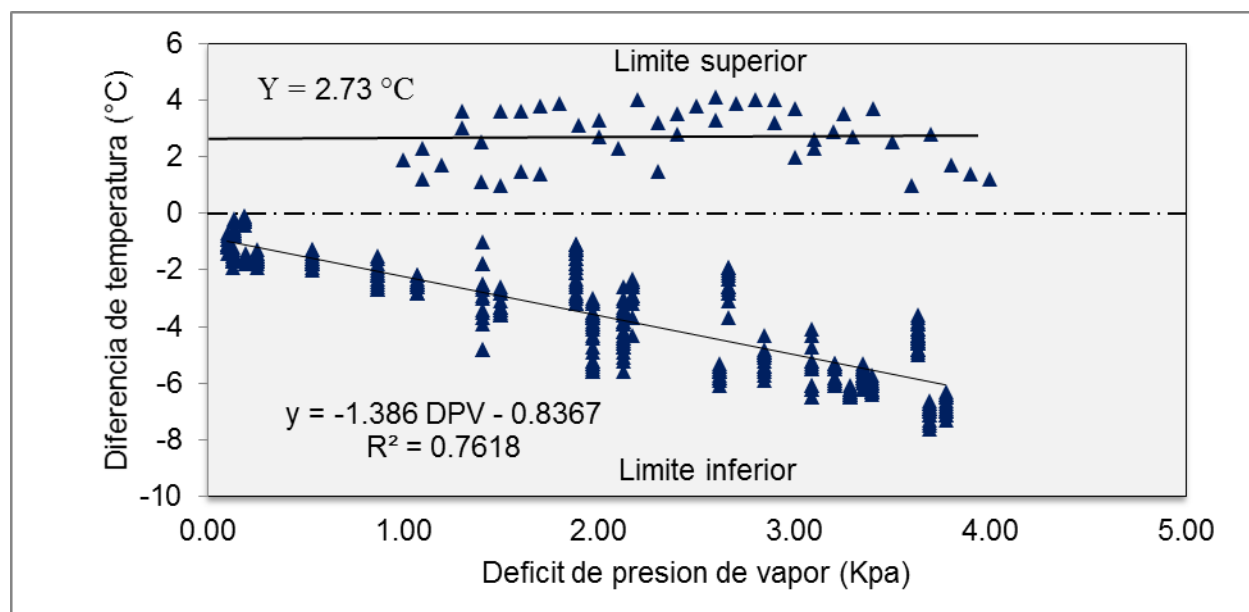


Figura 1. Límite inferior y superior del índice de estrés hídrico en el cultivo de frijol.

Índice de estrés hídrico (IEH)

De acuerdo con las líneas-base determinadas para el cultivo de frijol los valores de IEH fluctuaron de -0.6 a 1.2 (Figura 2). Los tratamientos con mayor aporte hídrico presentan valores de índice de estrés cercanos a cero, o por debajo de cero, mientras que los tratamientos con menor aporte hídrico obtuvieron valores más cercanos uno. Estos valores concuerdan con Ferreyra *et al.* (2002) quien menciona que, en el cultivo de vid, los valores del IEH menores correspondieron a los tratamientos con mayor aporte hídrico, al disminuir la disponibilidad de agua en el cultivo, el índice de estrés hídrico se elevó. López *et al.* (2009) en el cultivo de tomate de cascara encontró una relación similar, ya que los valores de IEH cercanos a cero correspondieron a los tratamientos con mayor aporte hídrico, mientras que el índice aumentó hasta 0.7 en los tratamientos con restricciones de riego.

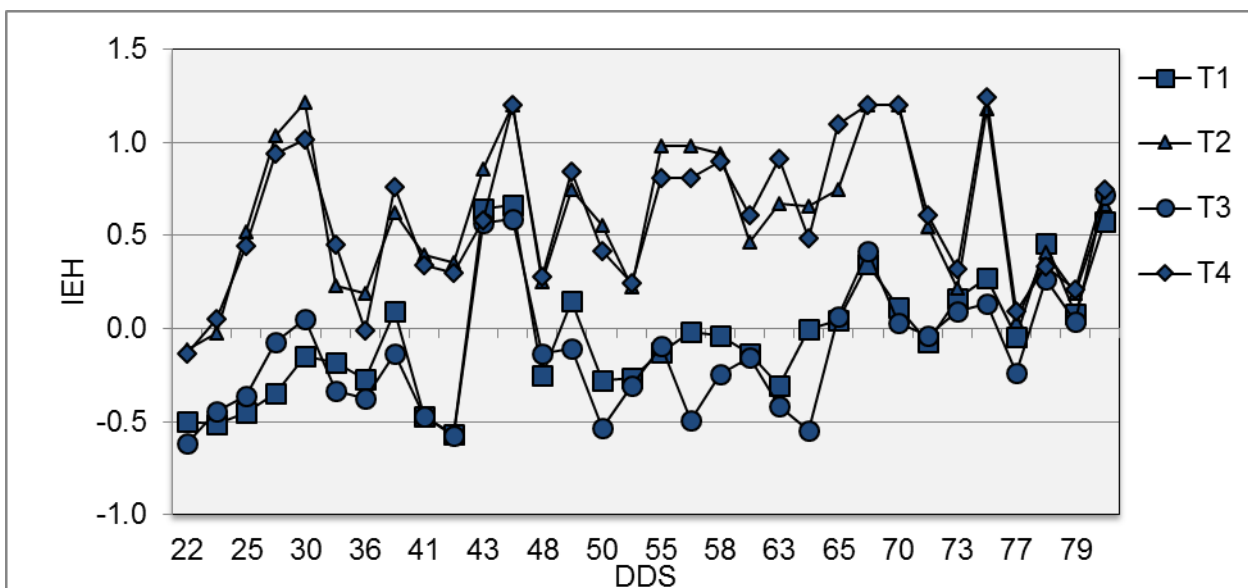


Figura 2. Índice de Estrés Hídrico de los diferentes tratamientos de acuerdo con los días después de siembra (DDS).

Herramienta de programación de riego basada en el uso de termometría infrarroja

La herramienta desarrollada (Figura 3) permite decidir el momento de riego en el cultivo de forma rápida y oportuna, el uso de esta aplicación significa un paso más hacia el avance tecnológico y un avance en el proceso de transferencia de tecnología, lo que permitirá en un futuro manejar de forma más eficaz los recursos disponibles en la agricultura. Su funcionamiento se basa en el uso de termometría infrarroja, para utilizar esta aplicación es necesario contar con medidas de temperatura del cultivo, temperatura del aire y humedad relativa. Cuando la casilla IEH supera el valor de 0.3, el programa indicará que es necesario aplicar riego. Orlando *et al.* (2015) y Rovira (2008) encontraron que el riego puede efectuarse cuando el umbral del IEH es de 0.2 a 0.4, ya que dentro de estos valores los cultivos presentan un buen rendimiento y buena calidad de fruto.



Figura 3. Herramienta de programación de riego basada en el índice de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

El IEH obtenido a partir de mediciones de temperatura del cultivo a través del uso de termometría infrarroja, es un buen indicador del estado hídrico del cultivo, por lo que puede ser considerado una herramienta útil para decidir el momento de riego. La herramienta desarrollada además de ser de fácil manejo permite decidir de forma rápida y oportuna el momento de riego, de esta forma el productor puede incorporarla a sus tareas de programación de riego brindándole un mayor soporte técnico a las mismas. El uso de esta aplicación significa también un paso más hacia el avance tecnológico, lo que permitirá en un futuro manejar de forma más eficaz los recursos disponibles en la agricultura.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. (2003). Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Roma: FAO.
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua, un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma: FAO.
- Ferreira, R. E., Selles, G. V., Peralta, J. A., Burgos, L. R., & Valenzuela, J. B. (2002). Efectos de la restricción del riego en distintos periodos de desarrollo de la vid CV. Cabernet Sauvignon sobre la producción y calidad del vino. *Agricultura técnica*, 406-417.
- Gallardo, A. I., Cuenca, R. H., English, M., & Mitchell, A. (1993). Uso de temperatura infrarroja para programación de riego en menta (*Mentha piperita* L.). *Agricultura técnica*. 327-330.
- Gardner, B. R., Nielsen, D. C., & Shock, C. C. (1992). Infrared thermometry and the crop water stress index. II. Sampling procedures and interpretation. *Journal of production agriculture*, 466-475.
- Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter, P. J., Renigato, R. J., & Hatfield, J. L. (1981). Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 45-55.
- IICA. (2014). Agua, alimento para la tierra. San José, Costa Rica: IICA.
- López, R. (2009). Índice de estrés hídrico del cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Chapingo serie horticultura*, 259-287.
- Mañas, M. d. (2005). Agua y Agronomía. España: Mundi-Prensa.

- Medina G., y Ruíz, J. A. (2004). Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Zacatecas (Período 1961–2003). SAGARPA-INIFAPCIRNOC-Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 3. p. 40.
- Orlando, R. V., Jacobo, J. L., Guerrero, V. M., Morales, Z., & García, M. R. (2015). Cuantificación de estrés hídrico en maíz mediante el uso de sensores remotos en Cuauhtémoc, Chihuahua. SELPER, 12-16.
- Rovira, S. (2008). Medida de la temperatura del césped mediante termometría infrarroja como indicador del estado hídrico. Innovación y futuro en la jardinería, 52.
- Salazar, R., Rojano, A., & López, I. L. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Tecnología y ciencias del agua, 177-183.
- Tarjuelo, J. M. (2005). El riego por aspersión y su tecnología. España: Mundi-Prensa.

RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO EN ABONOS ORGÁNICOS APLICADOS EN EL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA

Luis Marco Antonio Alamillo Gallegos^{1‡}, Uriel Figueroa Viramontes², José Antonio Cueto Wong², Cirilo Vázquez Vázquez¹, Miguel Ángel Gallegos Robles¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 1-142, 35000 Gómez Palacio, Durango, México. ‡ Autor responsable (agromar.ag@hotmail.com).

² Campo Experimental La laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdés 1200 Pte. Col. Centro. 27440 Matamoros, Coahuila, México.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la producción de forrajes de alta calidad sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente de agua, es una necesidad en áreas donde la limitación de recursos naturales es alarmante (Hernández *et al.*, 2004). La Comarca Lagunera, región agrícola y ganadera de las más importantes de la república mexicana, ubicada en el norte de México es un claro ejemplo, con un inventario ganadero de 749,582 cabezas de ganado bovino, de las cuales se encuentran en producción 337,312 aproximadamente (SIAP-SAGARPA, 2015), generando anualmente alrededor de 1 millón de toneladas de estiércol bovino el cual es aplicado a los suelos agrícolas sin tratamiento previo (Fortis *et al.*, 2009; Figueroa-Viramontes *et al.*, 2009). Lo anterior permite plantear la posibilidad de utilizar esta gran cantidad de nitrógeno excretado en la agricultura como fuente de fertilización.

En este sentido cuando se dispone de algún desecho orgánico es necesario encontrar la manera más adecuada de aplicarlo, dosificarlo e incorporarlo al suelo, para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos para un mejor desarrollo e incremento en la productividad evitando una posible contaminación del suelo y el agua del acuífero subterráneo (Salazar *et al.*, 2003).

Los abonos orgánicos están compuestos principalmente por nitrógeno (N), fósforo (P) y materia orgánica (MO). El N y P son macro nutrientes esenciales para los cultivos, mientras que la MO además de aportar nutrientes, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2003). Como el N es el elemento más abundante en algunos abonos orgánicos (después del carbono, oxígeno e hidrógeno que componen la materia orgánica), la Norma Oficial Mexicana NOM-307 -Fito-1995 / 1997 señala que la dosis debe calcularse con base en: 1) la cantidad de N en los abonos orgánicos que es disponible para el cultivo; 2) el N residual del suelo; y 3) el N que el cultivo requiere para obtener un rendimiento potencial, minimizando a la vez la lixiviación de nitratos. Los resultados de investigaciones muestran que en general se obtienen rendimientos similares o superiores con el uso de abonos

orgánicos con respecto a fertilizantes inorgánicos, cuando se aplican dosis que cubren el requerimiento del cultivo.

(Uribe *et al.*, 2009), registraron un incremento de 42% en el rendimiento de avena forrajera, con la aplicación de 40 Mg ha⁻¹ de estiércol, con respecto al fertilizante en dosis de 160-60-00 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O.

(Salazar *et al.*, 2007), evaluaron cuatro tratamientos (40, 80, 120 y 160 Mg ha⁻¹) de estiércol bovino y fertilización química (100-150 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅), en maíz forrajero. Los autores concluyeron que el que la aplicación de estiércol afecta en forma inmediata las propiedades químicas del suelo y favorece posteriormente su fertilidad.

(Flores *et al.* 2007), estimaron una tasa de mineralización de 20% al utilizar biosólidos en un ciclo de otoño-invierno de avena, cosechada a los 140 días. Un método indirecto para estimar la disponibilidad de N es mediante la técnica de equivalencia de fertilizante (EF), en la que se obtienen modelos de regresión entre las dosis de N con abono orgánico (DNabono) o con fertilizante (DNfert) y el N extraído (Next) por el cultivo; el valor de EF es la dosis de fertilizante con el mismo valor de Next que una dosis dada de N total en el abono orgánico. Sin embargo, no se tiene información regional sobre el porcentaje de disponibilidad de N en los abonos orgánicos (estiércol de bovino solarizado) y abonos líquidos cuando se aplican en suelos agrícolas. Por lo tanto, los objetivos de la presente investigación fueron: 1) evaluar la respuesta agronómica de la avena forrajera a la aplicación de abonos orgánicos; y 2) estimar el porcentaje de nitrógeno de los abonos orgánicos que es disponible para los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) en la Comarca Lagunera de Durango. Su ubicación geográfica es 25° 45' 01.764" Norte y 103° 17' 33.392" Oeste. Según la clasificación de Köppen, modificado por García (1981), el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. El suelo donde se realizó el experimento es de textura limo arcilloso, con un contenido de N inorgánico (N-NH₄ + + N-NO₃-) de 7 mg kg⁻¹ y 1.5 % de materia orgánica.

El trabajo se efectuó en el ciclo de otoño-invierno 2014, establecimiento sorgo forrajero como blanqueo de suelo con la finalidad de extraer el nitrógeno disponible y homogenizar el terreno, previo a la siembra se aplicaron los tratamientos de abonos orgánicos (estiércol de bovino

lechero y estiércol de bovino lechero solarizado) (Cuadro 1), se dio un paso de rastra cruzado para incorporarlo al suelo y acelerar su disponibilidad después se niveló con escropea. La fecha de siembra de avena fue el 19 de diciembre de 2014 con la variedad Cuauhtémoc; el método de siembra fue al voleo, con una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los abonos orgánicos utilizados en las pruebas.

Fuente	PH	C.E ms/cm	% N	N mg/L	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ mg/kg
Estiércol	9.281	9.667	1.568		131.351
Estiércol Solarizado	8.956	6.133	1.440		531.054
lixiviado	9.289	12.450		303.858	20.462

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de N con sulfato de amonio, tres dosis de N con sulfato de amonio más lixiviado de vermicomposta, tres dosis de N con estiércol de bovino lechero y tres dosis de N con estiércol de bovino lechero solarizado, en ambos casos equivalentes al 67, 100 y 133% del requerimiento de N del cultivo (RNC) de avena forrajera, además de un testigo sin aplicación de N. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental fue de 29.7 m² (5.5 × 5.4 m). El RNC al 100% fue de 150 kg ha⁻¹ sin considerar las aportaciones del suelo asumiendo que este no aportaría nada considerando la extracción en el blanqueo.

Con base en el tratamiento anterior se calcularon las dosis al 67 y 133% del RNC (Cuadro 3). La dosis de los abonos para aportar 150 kg ha⁻¹ (100% del RNC) se estimó asumiendo la concentración de N, una tasa de mineralización de 45% del N orgánico en los abonos (Gilmour *et al.*, 2003) y una eficiencia de uso del N de 80 %. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos de nitrógeno en función del requerimiento del cultivo.

Requerimiento de nitrógeno	Dosis de nitrógeno	Dosis de nitrógeno + lixiviado de vermicomposta	Estiércol	Estiércol solarizado
%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ + L ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
0				
67	100	100 + 200	19.3	17.7
100	150	150 + 200	28.9	26.6
133	200	200 + 200	38.6	35.4

Las dosis de N, tanto con fertilizante sintético como con abonos orgánicos, se aplicaron de manera fraccionada en 0, 40, 50 y 10% de la dosis en el riego de siembra y en los siguientes tres riegos, respectivamente. Se dieron tres riegos de auxilio cada 30 días después de la fecha de siembra, con una lámina de 12 cm aproximada cada uno. En la cosecha (120 días después de la siembra) se midió la altura de 5 plantas por parcela. Para estimar el rendimiento de forraje en verde se cosecho 1 m² por parcela; de la muestra anterior se tomó una submuestra para secarse en una estufa de aire forzado a 65 °C, hasta llegar a peso constante, para estimar el porcentaje de MS. Con el dato anterior se determinó el rendimiento de forraje en base seca.

Estando pendiente la concentración de N en planta, la determinación de N, así como la extracción de N (kg ha⁻¹).

Para estimar la disponibilidad de N en los abonos orgánicos se utilizará el método de EF descrito en la introducción (Motavalli *et al.*, 1989; Muñoz *et al.*, 2004; Muñoz *et al.*, 2008), el cual implica análisis de regresión. Los datos experimentales descritos se analizaron mediante ANOVA y la comparación de medias se realizó por el método de Duncan. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS, versión 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura final de la planta de avena presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos de estiércol solarizado y en comparación con los demás tratamientos en la dosis del 100% de RNC (Cuadro 3), con una variación de 1.25 a 1.39 m, comparado con 1.19 m de las plantas sin fertilización nitrogenada. El rendimiento de forraje en MS, en promedio de los tratamientos con estiércol crudo fue de 12.7 Mg ha⁻¹, estiércol solarizado de 14 Mg ha⁻¹, mientras que con fertilizante sintético más lixiviado de vermicomposta fue de 13.3 Mg ha⁻¹ y con fertilizante sintético numéricamente mayor con 14.4 Mg ha⁻¹.

Los rendimientos anteriores son menores a los reportados por (Flores *et al.*, 2008), quienes registraron valores entre 16.6 y 17.6 Mg ha⁻¹ de MS de avena forrajera, cosechada a los 140 días después de la siembra, con la aplicación de 200 a 600 kg ha⁻¹ de N total con biosólidos. El porcentaje de MS no fue afectado significativamente por los tratamientos, registrándose valores entre 33 y 49% (Cuadro 3), los cuales son mayores a los obtenidos en otros estudios (Sánchez *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Altura de planta, rendimiento, materia seca, en respuesta a dosis de abonos orgánicos y fertilizantes.

	Dosis de N RNC	Altura final	Rendimiento MS		Materia seca		
	%	M		kg ha-1		%	
Fertilizante	67	1.28	ab	15.10	ns	44.5	ns
	100	1.13	ab	13.77		40.4	
	133	1.17	ab	14.50		41.6	
Fertilizante + Lixiviado	67	1.17	Ab	14.70		46.7	
	100	1.22	Ab	13.55		41	
	133	1.05	B			33.8	
Estiércol Crudo	67	1.23	ab	13.55		42.7	
	100	1.19	ab	12.17		36.5	
	133	1.28	ab	12.35		38.1	
Estiércol Solarizado	67	1.25	ab	14.75		39	
	100	1.39	A	14.27		48.8	
	133	1.30	ab	12.35		38.1	
Testigo	0	1.20	Ab	11.25		33.1	

RNC = requerimiento de nitrógeno del cultivo, MS = materia seca. Letras distintas en la misma hilera indican diferencia significativa, de acuerdo con Duncan ($P < 0.05$)

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, es posible sustituir fertilizantes convencionales por el uso de biosólidos. Los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos aquí descritos pueden representar un riesgo de contaminación potencial al suelo y a los cuerpos de agua superficial o subterránea cuando se aplican en exceso. Por lo tanto, es recomendable seguir “buenas prácticas de manejo” en el uso de abonos orgánico y estimar las dosis de aplicación mediante un balance de N como el descrito en el presente estudio. De esta manera se puede sustituir el uso de fertilizante y se disminuye el impacto al ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Figuroa-Viramontes, U., Núñez H. G., J. A. Delgado, Cueto W. J. A. y Flores M. J. P. 2009. Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. pp. 128-151. In: I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H. (eds.). Agricultura orgánica. FAZ-UJED, SMCS. Gómez Palacio, Dgo., México.
- Figuroa-Viramontes, U. y J. A. Cueto-Wong. 2003. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. pp. 1-21. In: E. Salazar S., M. Fortis H. y A. Vázquez A. (eds.). Abonos orgánicos y plasticultura. FAZ-UJED, SMCS. Gómez Palacio, Dgo. México.
- Flores-Margez, J. P., B. Corral-Díaz y G. Sapien-Mediano. 2007. Mineralización de nitrógeno de biosólidos estabilizados con cal en suelos agrícolas. *Terra Latinoamericana* 25: 409-417.
- Flores-Margez, J. P., G. Sapien-Mediano, B. Corral-Díaz y U. Figuroa-Viramontes. 2008. Calidad nutricional de avena forrajera en suelos tratados con biosólidos y agua residual en el Valle de Juárez, Chihuahua. *Cienc. Frontera* 6: 105-116.
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. In: Libro de Agricultura Orgánica. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México.
- Gilmour, J. T., C. G. Cogger, L. W. Jacobs, G. K. Evanylo, and D. M. Sullivan. 2003. Decomposition and plant-available nitrogen in biosolids: Laboratory studies, field studies, and computer simulation. *J. Environ. Qual.* 32: 1498-1507.
- Hernández A., A Gomez., G Pena., F Gil., L Rodrigo., E Villanueva., A Pla (2004) Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterase from plastic greenhouse workers. *J. Toxicol. Environ. Health. Part A.* 67:1095-1108.
- Motavalli, P.P., K.A. Kelling, and J.C. Converse. 1989. First-year nutrient availability from injected dairy manure. *J. Environ. Qual.* 18:180-185.
- Muñoz, G. R., K. A. Kelling, J. M. Powell, and P. E. Speth. 2004. Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. *J. Environ. Qual.* 33: 719-727.
- Muñoz, G. R., K. A. Kelling, K. E. Rylant, and J. Zhu. 2008. Field Evaluation of Nitrogen Availability from Fresh and Composted Manure. University of Wisconsin-Madison. Published in *J. Environ. Qual.* 37:944-955.
- Salazar, S.E., López, M.J., Trejo, E.H.I., Vázquez, V.C., Fortis, H.M., Zúñiga, T.R., Vital, S.J. y A.P Mexica. 2007. Aplicación al suelo de estiércol bovino con y sin solarizar y su impacto en maíz forrajero. "In": uso y Aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Pág. 82-113.
- Salazar-Sosa E., A. Beltrán-M., M. Fortis-H., J. A. Leos-R., J. A. Cueto-W., C. Vázquez-V. y J. J. Peña-C. 2003. Mineralización de nitrógeno y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *Terra* 21: 569-575.
- Sánchez-Duarte, J. I., G. Núñez-Hernández, E. Ochoa-Martínez, K. Rodríguez-Hernández, U. Figuroa-Viramontes, M. Gómez- Reinoso y Z. Morales-Fabián. 2011. Rendimiento, proteína cruda y eficiencias en el uso de agua y nitrógeno en cereales con diferente tipo de fertilización y sistema de riego. *Agrofaz* 11:59-65.
- SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera; Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, 2015. <https://www.gob.mx/siap/poblacion-ganadera/> (Consulta: julio 11 del 2017).
- Uribe-Montes, H. R., N. Chávez-Sánchez y G. Orozco-Hernández. 2009. Uso de biosólidos como fertilizante en cultivos forrajeros y algodón. pp. 99-131. In: E. Salazar S., M. Fortis H., A. Vazquez A. y C. Vazquez V. (eds.). Agricultura orgánica. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED. Gómez Palacio, Durango, México.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE HUERTAS DE NOGAL PECANERO EN LA COMARCA LAGUNERA

Ignacio Orona Castillo¹, María Gabriela Cervantes Vázquez¹, José de Jesús Espinoza Arellano² Cirilo Vázquez Vázquez¹ y Jesús Humberto Núñez Moreno³

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35. Ejido Venecia, Durango. Teléfono +52 (01 871) 7118 918.

²Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón, Coahuila. Boulevard Revolución 151 Oriente, Torreón, Coahuila. CP 27000. Teléfono: +52 (01 871) 7 128 044.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Costa de Hermosillo. Pascual Encinas Félix No. 21, colonia La Manga, Hermosillo, Sonora. C.P. 83220. Teléfono: +52 (01 553) 8 718 700.

INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero es originario del sureste de Estados Unidos de América y del norte de México (Gray, 1973). Las primeras plantaciones comerciales se iniciaron a partir de 1871, y la introducción pionera de plantaciones comerciales en México se hizo en 1904, en el estado de Nuevo León.

De acuerdo a Medina y Cano (2002), los españoles llamaron nogal al árbol pecanero y a su fruto, la pecanera, la nombraron “nuez”. En distintas regiones del país se le diferencia de otras nueces con el nombre de “nuez cáscara de papel” (Brisson, 1976; Toole, 1965).

La producción mundial de nuez pecanera la encabezan Estados Unidos y México; en conjunto aportan el 93 por ciento. El primero participa con 55% y el segundo con 38%; Sudáfrica, Australia, y otros países contribuyen con el resto (International Nut & Dried Fruit, 2014).

La nuez pecanera es la más alta actividad agrícola comercial en el este de Estados Unidos, se cultiva en todo el sur de este país. Los cinco principales estados productores son: Georgia, Texas, Nuevo México, Arizona, con Luisiana y Oklahoma, empatando en el número cinco (USDA-NASS, 2011).

La Unión Europea es un mercado caracterizado por un fuerte déficit comercial de nueces, siendo Estados Unidos, su principal proveedor. Entre los principales países importadores, se encuentra España, país en el que el consumo per cápita se sitúa en 500 gramos, (Camarena y Sanjuán, 2005).

La producción de nuez en México ha aumentado en cerca de un 80% en los últimos trece años, alcanzando actualmente alrededor de 110 mil toneladas. La superficie sembrada llegó en 2013 a las 104 mil hectáreas. (SHCP, 2014). El consumo per cápita en México es de alrededor de 0.650 kg. (Baca, 2007), mientras en el 2007 en Estados Unidos, el consumo fue de alrededor de 0.752 kg.

El mayor volumen de nuez pecanera se comercializa sin cáscara, es decir en almendra, la cual pesa alrededor del 50% del peso total de la nuez. Los consumidores en los países desarrollados se interesan solamente en las nueces de una consistente alta calidad. La calidad y por lo tanto los precios, es juzgada por las compañías consumidoras sobre la base del color y el tamaño de la almendra, con preferencia en las almendras grandes y ligeramente coloreadas (sin daño por insectos y hongos). La almendra es empacada al vacío o en nitrógeno y puede refrigerarse por largos períodos de almacenamiento (hasta 12 meses). (FIRA, 2002).

Por la importancia del cultivo en el país y en la Comarca Lagunera, se requiere generar información que oriente las decisiones de apoyo al productor de nuez, así como aspectos de organización y asistencia técnica que favorezcan una mayor rentabilidad y mejorar su participación en la cadena de valor. El objetivo del presente trabajo de investigación es caracterizar los huertos de nogal pecanera por tamaño de superficie, enfatizando variedades, rendimientos, infraestructura, y aspectos de comercialización utilizados, lo que ayudaría a definir acciones de apoyo al nivel de cada uno de los estratos de productores identificados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el año 2014 en la Comarca Lagunera, situada en 102° 22 y 04° 47 longitud oeste y los paralelos 24° 22 y 26° 23' latitud norte, y una altura de 1100 y 1150 msnm, para lo cual se aplicó una encuesta a una muestra de productores con diferentes tamaños de huerto. El padrón de productores de la Comarca Lagunera se obtuvo de SAGARPA, a partir del cual se determinó el tamaño de muestra con la fórmula de muestreo simple aleatorio y muestreo estratificado reportado por Fuller (2009).

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 S^2}{d^2 + \frac{t^2 S^2}{N}}$$

Donde:

N = tamaño de la población. n = tamaño necesario de la muestra. d = precisión de la estimación o la distancia que desee que el estimador (proporción de la muestra, p) se aleje del parámetro (proporción de la población, P); en la mayoría de los casos d es menor a 0.1. Se recomienda calcular el tamaño de la muestra para diferentes valores de d. S = desviación estándar de la población conocida o estimada a partir de anteriores estudios. t = valor de las tablas de t. α = nivel de significancia de α , lo más común es establecer $\alpha = 0.05$

Una vez determinado el tamaño de la muestra, para distribuirla proporcionalmente al tamaño de los estratos se utilizó la siguiente expresión de estratificación:

$$nh = Nh * fh$$

Donde:

nh= tamaño de la muestra del estrato. Nh= tamaño del estrato. fh= fracción del estrato.

$$fh = n/N$$

Donde: fh= la fracción del estrato; n= tamaño de muestra, y N= tamaño de la población.

Generándose la estratificación presentada en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estratificación de huertos para la aplicación de encuestas a productores de la Comarca Lagunera, 2013.

Estrato	Tamaño	Muestra
1 (0.1 – 10 ha)	338	20
2 (10.1– 45 ha)	45	3
3 (45.1– 160 ha)	13	1

De un total de 27 cuestionarios aplicados a productores de nuez (aunque el tamaño de muestra arrojado fue de 24), 22 correspondieron a productores pequeños con una superficie hasta de diez hectáreas; tres se aplicaron para caracterizar los productores medianos (de entre 10.1 a 45 ha), y dos para describir a los productores grandes (de más de 45.1 ha) de los cuales se realizó ésta caracterización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la superficie destinada a la producción de nuez pecanera; los pequeños, medianos y grandes productores poseen una superficie promedio de 2.85, 21 y 55 ha, respectivamente, participando con el 26.5, 26.8 y 46.8 por ciento de la superficie cultivada a la producción regional aportan el 16, 23 y 61 por ciento de la producción.

Los tipos de nuez que se producen en la región son la Western, Wichita, Criolla y Choctaw, que representan el 65.7, 30.6, 3.4 y 0.04 por ciento de la superficie destinada a la producción. La participación que tienen los pequeños, medianos y grandes productores en las variedades establecidas se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie de variedades de nuez pecanera por tipo de productor y su participación porcentual.

	Western		Wichita		Criolla		Choctaw	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Pequeños	35.3	22.8	20.8	28.9	6.1	75.3	0.1	100.0
Medianos	39.7	25.5	21.3	29.5	2.0	24.7	0.0	0.0
Grandes	80.0	51.7	30.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Total	155.0	100.0	70.1	100.0	8.1	100.0	0.1	100.0
-------	-------	-------	------	-------	-----	-------	-----	-------

Los meses que cosechan los pequeños productores se extiende de octubre a noviembre, mientras los medianos y grandes productores lo hacen de septiembre a noviembre. Respecto a la edad promedio de los huertos por tipo de productor fue de 27.2, 35 y 27.5 años en pequeños, medianos y grandes productores, respectivamente.

Los tipos de agua utilizada para regar los huertos provienen del río Nazas y los pozos profundos. En los pequeños productores, 95.5 de la superficie se riega con agua del río y el resto con pozo profundo, en los medianos productores 66.7 de la superficie se riega con agua del río y el resto con agua de pozo profundo. Los grandes productores sólo utilizan agua de río para regar sus huertos.

La proporción de productores que cuentan con servicios financieros y de capacitación y asistencia técnica en la producción de nuez pecanera se muestra en el Cuadro 3 donde puede apreciarse que los pequeños productores son los menos favorecidos en la recepción de éstos apoyos y los grandes productores los más favorecidos.

Cuadro 3. Proporción de productores que cuentan con financiamiento y capacitación y asistencia técnica para producir nuez pecanera.

	Con financiamiento	Con asistencia técnica y capacitación
Pequeños	50	9.1
Medianos	100	33.3
Grandes	100	100

La infraestructura que tienen para la cosecha y manejo de su producción se muestra en el Cuadro 4, donde se advierte que los pequeños productores requieren fortalecer éstos elementos.

Cuadro 4. Proporción de productores que cuentan con infraestructura para cosecha y manejo de nuez pecanera.

	Vibradora	Bodega	Quebradora	Seleccionadora
Pequeños	9.0	4.5	4.5	0.0
Medianos	67.0	100	0.0	33.0
Grandes	50.0	50	0.0	50.0

Con relación al deseo de integrar una asociación de nogaleros, la proporción de productores pequeños, medianos y grandes que están dispuestos es de 86, 67 y 50 por ciento, respectivamente. Los aspectos que desean sean atendidos por ésta asociación estarían relacionados con recibir asistencia técnica y de comercialización por el 52 y 100 por ciento de los pequeños y medianos productores, y por negociar mayores precios de su producto, la proporción de productores que desean este aspecto es del 47, 100 y 100 por ciento para pequeños, medianos y grandes productores.

En la venta de su nuez, los productores que cuentan con comprador fijo por productor pequeño, mediano y grande, es del 32, 33 y 50 por ciento, respectivamente. El resto de los productores venden al comprador que mejor precio ofrezca. Los compradores de nuez provienen de Gómez Palacio, Torreón, Aguascalientes y Chihuahua.

Plagas.

Con relación a la incidencia de plagas presentes en el cultivo del nogal en la región, las de mayor presencia son el gusano barrenador del ruezno, el gusano barrenador de la nuez y los pulgones negros y amarillos, que afectan al 93, 78 y 74 por ciento de los huertos, respectivamente.

Otras plagas de menor incidencia son las chinches, gusano telarañero, salivazo, mosquita blanca, flor de tulipán (muerte regresiva del ruezno) y minador del arete.

La proporción de huertos afectados por plagas se observa en Figura 1, donde se advierte una alta incidencia de plagas en los tres tipos de productor bajo estudio.

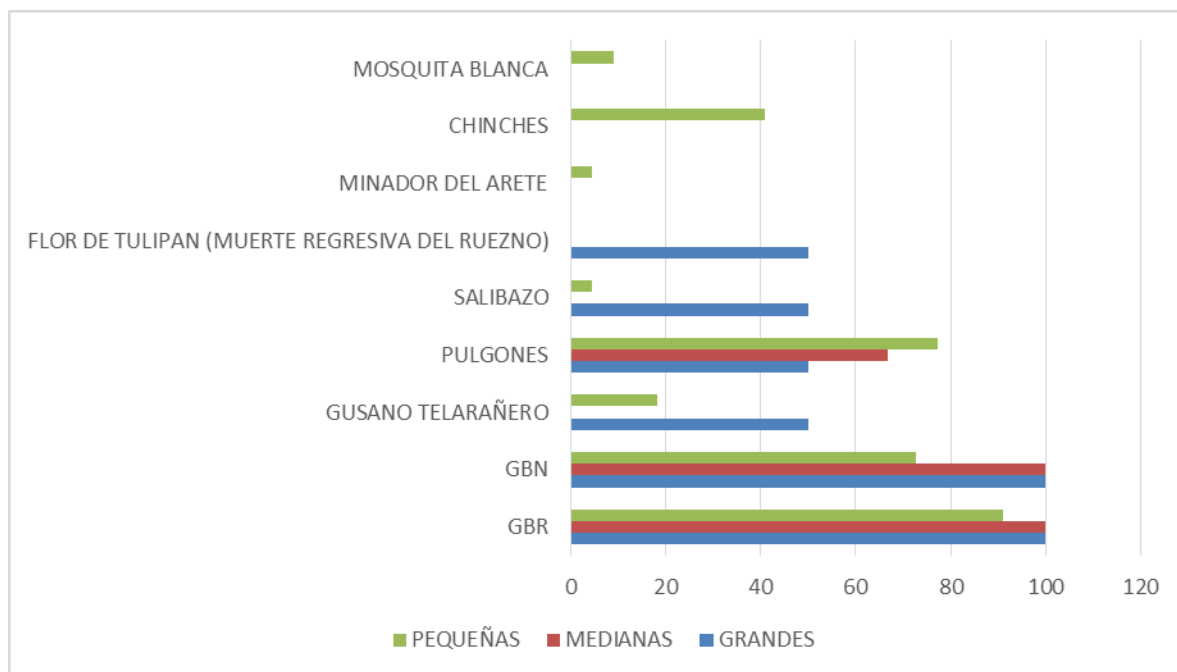


Figura 1. Proporción de huertos con incidencia de plagas en los distintos tipos de productor de nuez pecanera en la Comarca Lagunera en el año 2013.

CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planteados en el estudio se concluye lo siguiente:

La cantidad de huertos más pequeños es mayor y participan con menor porcentaje de producción debido a los menores rendimientos registrados.

Los huertos de mayor superficie utilizan menor número de variedades en su producción, concentrándose en Western y Wichita; a menor tamaño de huerto se observa mayor diversidad de variedades.

Los huertos más grandes registran mayor financiamiento y capacitación, lo que se refleja en mayores rendimientos por unidad de superficie.

La infraestructura de apoyo a la producción de nuez es baja en todos los estratos; sin embargo, los pequeños productores son los más deficientes en éste aspecto.

La pertenencia a alguna organización es escasa; sin embargo, cuatro de cada cinco encuestados está dispuesto a formar parte de alguna forma organizativa que apoye aspectos técnicos y de comercialización, sobre todo los medianos y grandes productores.

Los productores con mayor tamaño de huerto cuentan con comercializadores fijos; el resto, está sujeto a compradores que ofrezcan mejor precio por el producto; la incertidumbre comercial es más fuerte en los huertos de menor tamaño.

Las formas de comercializar la nuez son más diversificadas en los pequeños productores. Los medianos y grandes productores comercializan sólo a granel sin selección previa y a granel seleccionada por tamaño.

Se observa que a mayor tamaño de huerto existe menor incidencia de número de plagas.

Por todo lo anterior, las acciones encaminadas al fortalecimiento técnico de éste sistema producto deben considerar las diferencias identificadas en los distintos estratos.

BIBLIOGRAFIA

- Baca, M. G. O. 2007. Posicionamiento del Cultivo del Nogal. Presentación a nombre del Consejo Mexicano de la Nuez (COMENUEZ) en el evento del 50 Aniversario del Campo Experimental de la Laguna de INIFAP. Marzo de 2007. Matamoros, Coahuila.
- Brison, R. F. 1976. Cultivo del Nogal Pecanero. 1ª Edición en español. Editorial CONAFRUT. México. 350 p.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). 2014. Panorama de la Nuez. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero.
- Camarena-Gómez, D. M y A. I. Sanjuán-López. 2005. Comercialización de la nuez pecán en el mercado europeo. Revista Mexicana de Agronegocios, IX(17), 6.
- Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA). 2002. Diagnóstico de la Red Nuez en el Estado de Chihuahua, Residencia Estatal Chihuahua.
- Fuller, W. A. 2009. Sampling Statistics. Ed. Wiley.
- International Nut & Dried Fruit, 2014. Global Statistical Review 2014-2015. https://www.nutfruit.org/wp-content/uploads/2015/11/global-statistical-review-2014-2015_101779.pdf (Consulta: marzo 25, 2016).
- Medina, M. M. C. y Cano, R. P. 2002. Aspectos generales del Nogal Pecanero. *In*: tecnología de producción en Nogal Pecanero. Libro Técnico Núm. 3. Primera edición. INIFAP. Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila.
- Toole, E. R. 1965. Pecan (*Carya illinoensis*). *In*: Fowells, H. A. (Comp.). Silvics of forest trees of the United States. Agriculture Handbook 271, Washington, DC. 12-15.
- United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service (USDA-NASS). 2011. Annual Non citrus Fruits and Nuts Summary. 1(2).

CARACTERIZACION DE TEMPERATURA EN PILAS DE ABONOS ORGANICOS SOLARIZADAS

**Rebeca Ivonne López González¹ José Dimas López González²
José Dimas López Martínez¹⁺, Jesús Luna Anguiano³**

1 Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142.
C.P. 35000. Gómez Palacio, Durango.

2Universidad Tecnológica de la Laguna C.P. 35150. Lerdo, Durango.

3Universidad Politécnica de Gómez, Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña. Km 0+820. Loc. El Vergel.
C.P. 35120. Gómez Palacio, Durango.

1+ Autor de contacto: pepe_dimaslopez@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es una región donde existe una gran actividad pecuaria, la cual produce alrededor de un millón de toneladas de estiércol base seca por día (SAGARPA, 2010). Esta producción intensiva de residuos de origen animal genera desperdicios con alto contenido de nutrientes y material orgánico que causan la contaminación de suelos y aguas, emiten olores desagradables y altas concentraciones de gases, además de propiciar la proliferación de vectores y microorganismos patógenos; todo ello con un impacto negativo en el medio ambiente (Reyes, 2007). En la agricultura sustentable, la aplicación de materiales orgánicos al suelo es indiscutiblemente necesaria porque éstos son fuente vital para reconstruir la materia orgánica del suelo y para suministrar nutrimentos, sin embargo, dicha aplicación debería minimizar los riesgos microbiológicos de su aplicación (Brechelt, 2004).

Uno de los métodos de eliminación de estos patógenos es sin lugar a dudas *solarización*. La solarización es una técnica de cobertura del suelo por películas de polietileno en donde queda atrapada la energía solar lo que resulta en la esterilización del abono a utilizar. Esta técnica se caracteriza por brindar un impacto ambiental significativamente menor que el causado por la fumigación con bromuro de metilo u otros tratamientos químicos utilizados para eliminar o reducir los hongos patógenos, nematodos y semillas de malas hierbas (Stoate *et al.*, 2001).

La solarización es un simple proceso, que afecta las características de la materia fecal tanto físicas, químicas y biológicas. Bajo óptimas condiciones meteorológicas, la humedad del suelo adecuado, y tiempo de exposición de este proceso pasivo es capaz de elevar la temperatura del suelo hasta a 50 °C, que se considera subletales para la mayoría de los patógenos del suelo y plagas perjudiciales para las plantas (Chaney *et al.*, 1992). La solarización de pequeños volúmenes de sustrato viverístico apilado ex situ, para el control de patógenos del suelo, representa una nueva aplicación de la solarización; no obstante, la eficacia de este uso especial de la solarización para el control de patógenos del suelo, particularmente nematodos fito-

parásitos, necesitan ser previamente evaluada, debido que la desinfección que se alcanza durante el proceso puede ser incompleta en capas de suelo profundas o en las zonas más sombreadas del sustrato apilado(Chávez *et al.* , 2008).

Derivado de lo anterior el objetivo del presente trabajo fue: caracterizar físicamente (temperatura) abonos orgánicos de origen bovino, caprino y avícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio experimental se ubica en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), y geográficamente se ubica en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, entre los paralelos 25°46' 56" N y 103°21' 02" Oeste. A inmediaciones del ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango.

En el experimento se evaluaron 3 tipos de estiércol (bovino, caprino y gallinaza), se establecieron pilas de los diferentes estiércoles, con dimensiones de 60 cm de alto por 180 cm de largo y 150 cm de ancho, posteriormente se agregó un 25% de humedad a cada pila para favorecer el aumento de la temperatura al momento de la solarización.

Los factores en estudio fueron 2 (A y B), estiércol y tipo de cubierta.

Factor A: estiércol: a1 =bovino, a2 =caprino y a3=gallinaza

Factor B: Acolchado: b1 = acolchado sencillo, b2 = 2 acolchado doble

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con arreglo combinatorio para generar los tratamientos con tres repeticiones dando lugar a 18 unidades experimentales.

Variables a evaluar:

Variables físicas: temperatura (°C) geotermómetros 3 veces al día 6:00 a.m., 15:00 p.m. y 23:00 p.m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los promedios de temperatura diaria del día 15 mayo al 20 agosto de 2014; estos valores son de lecturas a 6 intervalos diarios (7:00, 10:00 am y 13:00. 19:00, 22:00 y 1:00 am) durante 95 días del proceso de solarización. En esta Figura se observa que para el caso del tratamiento de abono orgánico (bovino en cubierta sencilla) las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 33 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una

máxima de 60 °C, para terminar al final del proceso en 27°C. Su valor promedio durante el proceso es de 45.2 °C. Para (bovino en cubierta doble) Figura 2 las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 40 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una máxima de 64 °C, para terminar al final del proceso en 27°C, su valor promedio en el proceso es de 51.1 °C.

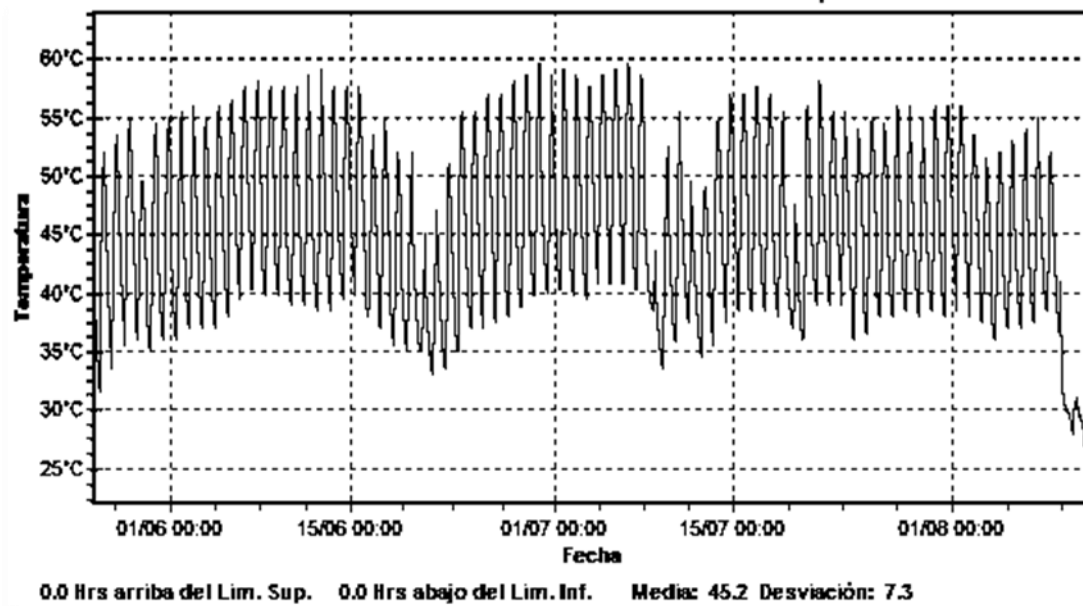


Figura 1. Temperatura del abono orgánico bovino (cubierta sencilla). Venecia, Dgo. 2015. (Bovino 27-60 grados).

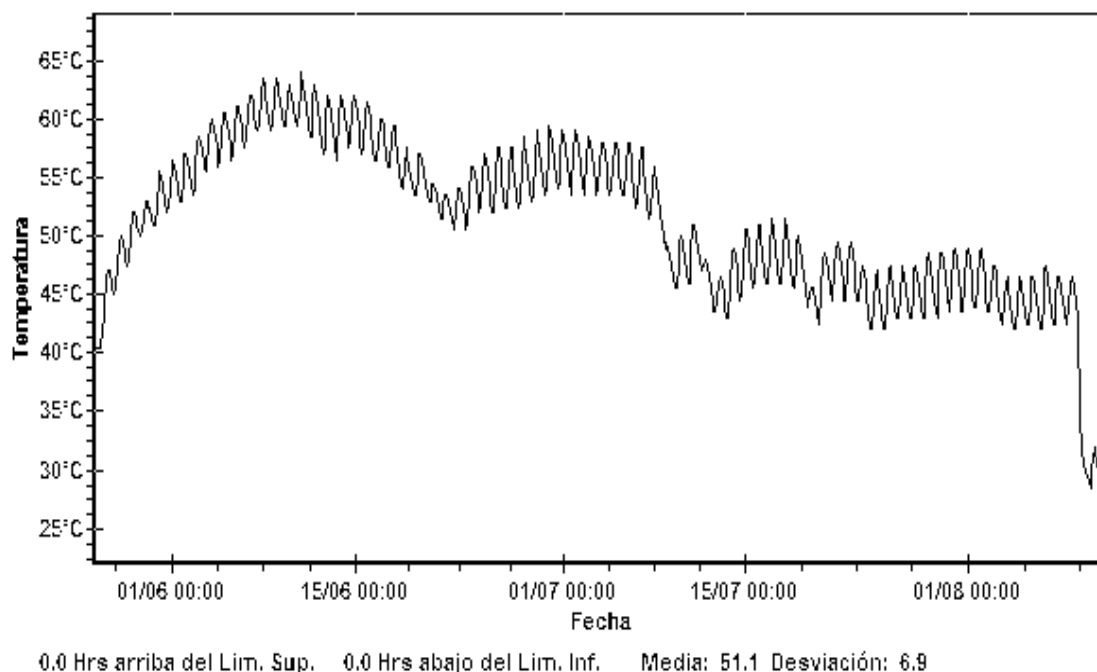


Figura 2. Temperatura del abono orgánico bovino (cubierta doble). Venecia, Dgo. 2015. (bovino 27-60 grados).

En la Figura 3 se presentan los promedios de temperatura diaria del día 15 mayo al 20 agosto de 2014; estos valores son de lecturas a 6 intervalos diarios (7:00, 10:00 am y 13:00. 19:00, 22:00 y 1:00 am) durante 95 días del proceso de solarización.

En esta Figura se observa que para el caso del tratamiento de abono orgánico (caprino en cubierta sencilla) las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 37 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una máxima de 63°C, para terminar al final del proceso en 27°C, su valor promedio durante el proceso es de 46.2 °C. Para (caprino en cubierta doble) Figura 4 las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 36 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una máxima de 68 °C, para terminar al final del proceso en 27°C, su valor promedio en el proceso es de 49.1 °C.

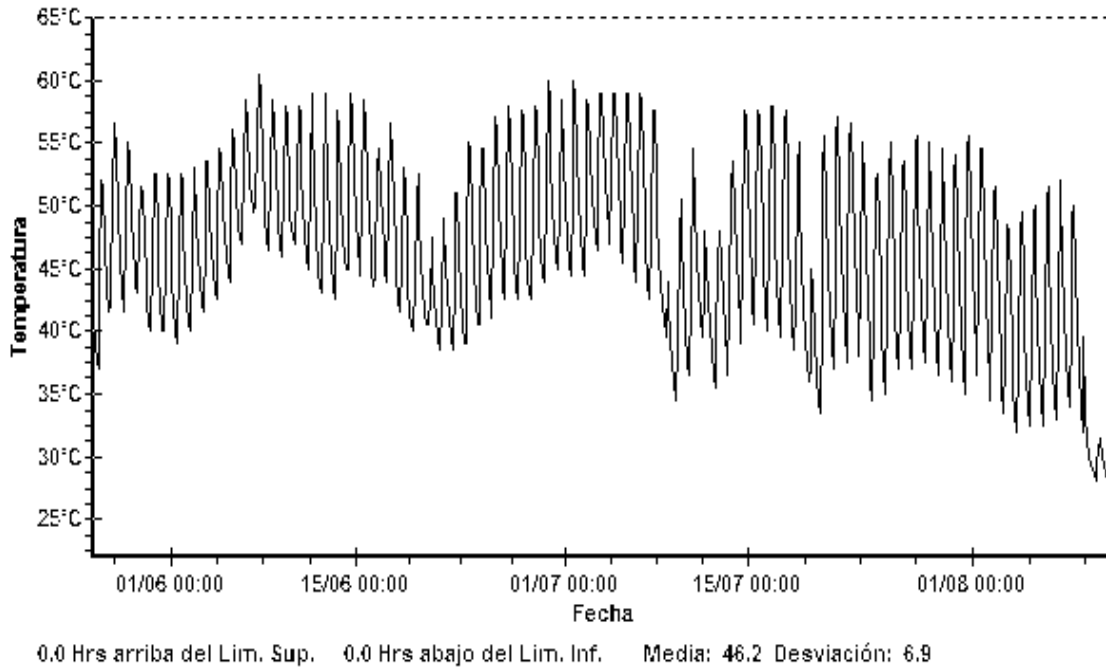


Figura 3. Temperatura del abono orgánico caprino (cubierta sencilla). Venecia, Dgo. 2015. (caprino 27-63 grados).

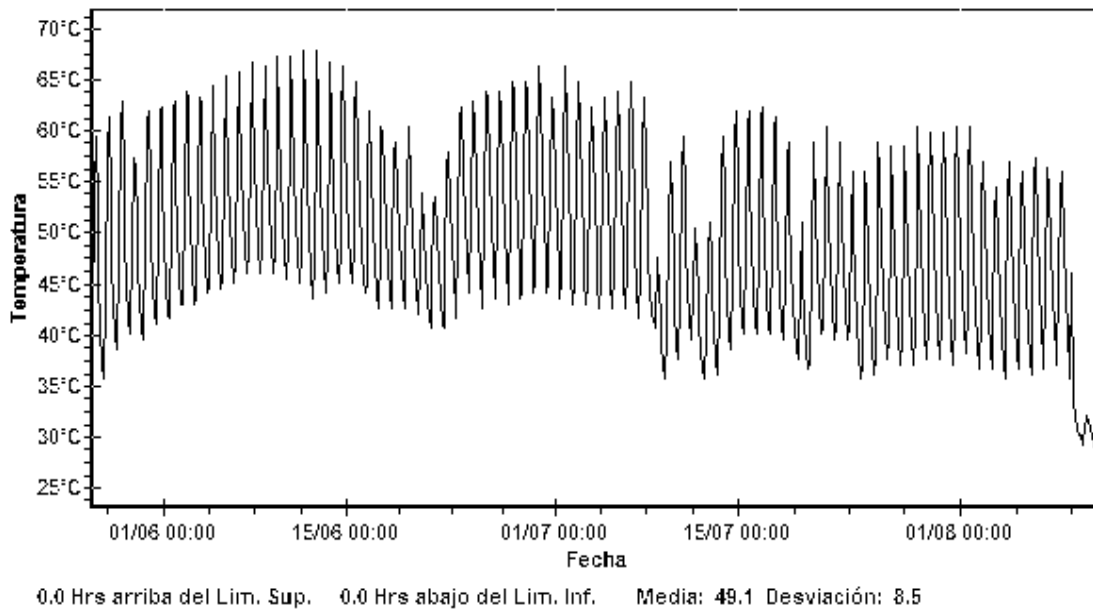


Figura 4. Temperatura del abono orgánico caprino (cubierta doble). Venecia, Dgo. 2015. (caprino 27-63 grados).

En la Figura 5 se presentan los promedios de temperatura diaria del día 15 mayo al 20 agosto de 2014; estos valores son de lecturas a 6 intervalos diarios (7:00, 10:00 am y 13:00. 19:00, 22:00 y 1:00 am) durante 95 días del proceso de solarización. En esta Figura se observa que

para el caso del tratamiento de abono orgánico (gallinaza en cubierta sencilla) las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 40 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una máxima de 59 °C, para terminar al final del proceso en 27°C, su valor promedio durante el proceso es de 50.7 °C. Para (gallinaza en cubierta doble) Figura 6 las temperaturas fluctúan al inicio del proceso de 43 °C y paulatinamente van ascendiendo hasta alcanzar una máxima de 64 °C, para terminar al final del proceso en 27°C, su valor promedio en el proceso es de 51.2 °C.

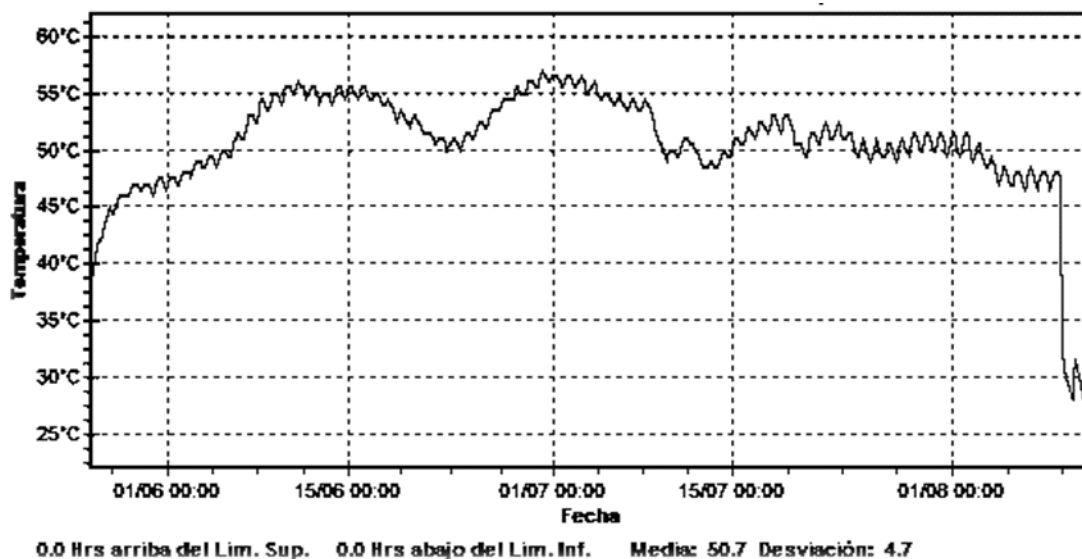


Figura 5. Temperatura del abono orgánico gallinaza (cubierta sencilla). Venecia, Dgo. 2015. (27-59 grados).

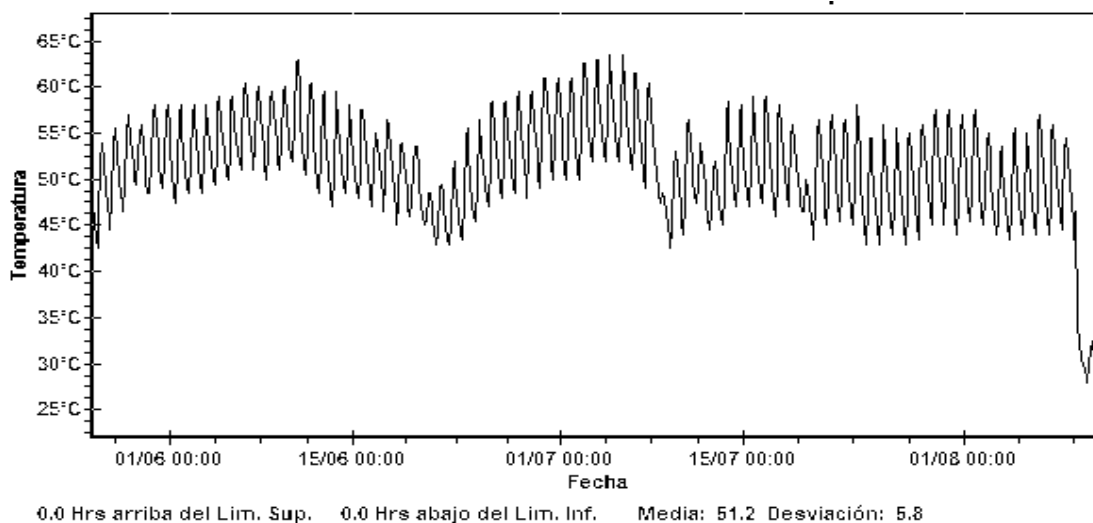


Figura 6. Temperatura del abono orgánico gallinaza (cubierta doble). Venecia, Dgo. 2015. (27-59 grados).

CONCLUSIONES

Los abonos orgánicos presentaron temperaturas similares al inicio del proceso (27 °C), después se incrementaron gradualmente hasta alcanzar temperaturas entre 59 y 63 °C; lo cual, permitió un adecuado proceso de solarización.

El abono orgánico de caprino es el más eficiente en incremento de temperatura; siendo la cubierta de plástico doble quien presentó la mayor temperatura (63 °C).

Se sugiere seguir trabajando en solarización con abono orgánico de caprino con plástico con cubierta doble para validar los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Trechel, A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Edita: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL)
- Chaney, D.E., Drinkwater, L.E. and Pettygrove, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- Chávez C. J., Preciado, R. P., Orozco V. J. A., Segura C. M. A., González B. C., 2008 Alternativas de fertilización en el cultivo de tomate en invernadero "En" Memoria de la XX Semana Internacional de Agronomía Ed. Martínez R. et al. FAZ-UJED Gómez Palacio, Durango. México.
- Reyes, O.M.I.2007. Determinación de temperatura e inactivación de organismos patógenos en humanos en el proceso de solarización de estiércol bovino. Tesis doctoral. FAZ-UJED.
- SAGARPA. 2010. Sistema de información agroalimentaria.
- Stoate C., Boatman N.D., Borralho R.J., RioCarvalho C., Snoo G.R., Eden P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. J. Environ. Manag. 63:337-365.

CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE COMPOSTAS ACTIVA Y PASIVA Y DE EXTRACTOS DE COMPOSTA CON FERMENTACIÓN AEROBIA Y ANAEROBIA

Alejandro Rodríguez Guillén¹; Enrique González Pérez²; Salvador Villalobos Reyes²

¹Investigador en Uso y Manejo de Agua y Suelo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ); ²Investigador de Horticultura Protegida en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ).
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

INTRODUCCIÓN

El 90% de los productores en invernadero de Guanajuato produce directamente en suelo, y más del 50% de ellos está convencido de la necesidad de utilizar abonos orgánicos y bio-fertilizantes líquidos para complementar las necesidades de nutrimentos de los cultivos y, sobre todo, promover el establecimiento de un equilibrio biológico para reducir el uso de productos químicos en el manejo de plagas y enfermedades de la raíz, causadas por patógenos presentes en el suelo. Actualmente, muchos horticultores orgánicos se han interesado por hacer extractos de composta.

El extracto de composta es el producto de hacer pasar agua a través de la composta: Se produce mezclando la composta con agua y cultivando durante un período definido: ya sea aireando activamente (extracto de composta aireado, ECA) o sin airear (extracto de composta no aireado, ECN) y con o sin aditivos que están destinados a aumentar las densidades de población microbiana durante la producción (NOSB, 2004). Esta solución también contiene nutrientes solubles y microorganismos, pero por el mayor tiempo de contacto del agua con el material, la recuperación es menor. En algunos casos se recicla este líquido sobre las mismas pilas de composta, con lo que pueden recuperarse más microorganismos; sin embargo, la labor es costosa y muchas veces la recuperación no es significativa (Román *et al.*, 2013). Antes de la aplicación, se pueden añadir nutrientes y coadyuvantes adicionales, tales como adhesivos de separación. Una distinción importante entre el extracto de composta no aireada (ECN) y el extracto de composta aireada (ECA) es que este último utiliza composta, agua y aditivos nutritivos para aumentar en gran medida las poblaciones microbianas durante un período de 12 a 36 horas, mientras que el ECN usa mayores cantidades de composta, normalmente no añade aditivos nutritivos separados y se produce en un periodo de varios días a varias semanas. Además de la fuente de composta y del uso de aireación activa, una serie de parámetros de producción de extracto de composta afecta las propiedades biológicas y químicas del extracto (Scheuerell, 2004). Los beneficios del extracto de composta son muy similares a los de la composta, pero con la ventaja de que se puede rociar sobre los cultivos o usarse para remojar el suelo o los sustratos (Buechel, 2016). Se ha demostrado que estos preparados pueden

ayudar a combatir el mildiu polvoso (*Uncinula necator*) en vid, utilizarse en invernaderos para el control de hongos del suelo, reducir la incidencia de *Phytophthora infestans* en papa y tomate, y *Botrytis cinerea* en frijol y fresa, y para combatir *Venturia inaequalis* en manzano (Larco, 2004). El objetivo del estudio fue evaluar la calidad físico-química y biológica de la composta activa y pasiva, así como de los extractos de composta elaborada mediante los procesos de fermentación aerobia y anaerobia, determinando la cantidad de nutrientes y microorganismos tanto benéficos y fitopatógenos contenidos en ellos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se evaluó la calidad físico-química de la composta activa y pasiva, así como de los extractos de composta, obtenida por los procesos de fermentación aerobia y anaerobia.

Se comenzó por la formación de montículos del material por descomponer, donde empieza la fase mesófila (multiplicación de microorganismos mesófilos y aumento de la temperatura del material hasta cerca de los 40 °C); sigue la fase termófila (presencia de microorganismos termófilos por aumento de la temperatura hasta los 60 °C; eliminación de microorganismos patógenos) y, finalmente, de enfriamiento (etapa de maduración, donde se estabiliza la temperatura y reaparecen los organismos termófilos y mesófilos). Una vez transformado en humus, el producto final del compostaje da lugar a un abono de altísima calidad (Porta *et al.*, 1994, Romero, 2000). Los factores más importantes en el proceso biológico de maduración del compostaje son la temperatura, la humedad, la acidez-alcalinidad (pH), la aireación, la relación C:N, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la población microbiana y la presencia de microorganismos patógenos.

Extracto de composta

Se realizó el proceso de composteo durante 90 días con los siguientes materiales: 55% de estiércol de bovino + 20% de paja de garbanzo + 11% de residuos de zacate + 7% de residuos del cultivo de chile + 7% residuos del cultivo de tomate. Se tomaron 50 kg de la composta y se depositaron en un tambo de 200 L de capacidad. Posteriormente, se agregaron 100 litros de agua de pozo, enseguida se agitó con una vara de madera con movimiento circular durante 15 minutos. La mezcla se dejó reposar durante durante 1 día. Se extrajo el líquido en suspensión, se repuso con agua limpia el mismo volumen extraído y se dejó para el siguiente día. Se repitió el proceso hasta completar 25 litros de extracto de composta.

Extracto de fermentación aerobia

Consistió en utilizar un tambo plástico de 200 L sin tapa hermética, donde se mezclaron los ingredientes de la formulación siguiente: 55% de estiércol de bovino + 20% de paja de garbanzo + 11% de residuos de zacate + 7% de residuos del cultivo de chile + 7% de residuos del cultivo de tomate. La cantidad total de material orgánico fue de 50 kg, los cuales se agregaron en el mismo orden y, posteriormente, se agregaron 100 litros de agua de pozo dentro del tambo. Pasadas 2 horas se mezcló durante 15 minutos, repitiendo esta actividad durante diez días consecutivos, después de cada agitación el tambo se tapó con una malla porosa. Posterior al período de 20 días a partir de iniciado el proceso, se extrajo el líquido sobrenadante con un recipiente de 5 litros. El volumen extraído se reemplazó con el mismo volumen de agua de pozo, los días siguientes se repitió la misma operación hasta obtener 25 litros de solución. La solución se guardó en garrafones plásticos oscuros, sin cerrar el recipiente herméticamente. Los garrafones con el decantado líquido se colocaron en un lugar con sombra y ventilación.

Extracto de fermentación anaerobia

Se utilizó un biodigestor para fermentación anaerobia, el cual consistió en un tambo plástico de 200 L con tapa hermética, conectado a una trampa de gases (una manguera conectada al tambo, con el otro extremo sumergido en agua en una garrafa de 5 litros; la tapa de la garrafa tenía un orificio por donde escapaba el aire y evitaba su entrada al biodigestor). Los ingredientes fueron: 55% de estiércol de bovino + 20% de paja de garbanzo + 11% de residuos de zacate + 7% de residuos del cultivo de chile + 7% de residuos del cultivo de tomate, que se pesaron para completar 50 kg y se agregaron de uno en uno dentro del tambo y posteriormente se agregaron 100 litros de agua. Cuando se agregó el agua, inició el proceso de agitado manual durante 10 minutos y, al finalizar, inmediatamente se cerró el tambo de forma hermética durante un periodo de 30 días. Posteriormente se extrajo el líquido en disolución y se repuso con agua de pozo el mismo volumen del extracto obtenido; diariamente se cuantificó el extracto, hasta alcanzar 25 litros, que se colocaron en un garrafón oscuro, sin cerrar herméticamente.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. Además, con la finalidad de determinar la calidad nutritiva y biológica de estos productos derivados del proceso de compostaje en sus diversas modalidades, en tres repeticiones se realizó un análisis físico-químico y biológico a los extractos de composta y de fermentación aerobia y anaerobia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la concentración de macronutrientes primarios (N, P₂O₅ y K₂O) se encontró que las compostas pasiva y activa presentaron el mayor contenido de nitrógeno (1.48 y 1.41%), fósforo (1.40 y 1.17%) y potasio (4.03 y 4.24%), seguidas por el extracto de fermentación anaerobia (con 0.27, 0.03 y 3.79%, respectivamente) y, por último, los de fermentación aerobia (con 0.40, 0.01 y 2.96%, respectivamente) (Cuadro 1). Hargreaves *et. al.* (2009) indican que los niveles de N, K y P del suelo disminuyen con la aplicación de extracto de composta comparado con la composta o el fertilizante inorgánico, lo que sugiere que los niveles de N, K y P deben ser monitoreados si el extracto de composta es la única fuente de nutrientes minerales. En relación a los macronutrientes secundarios (CaO, MgO y S), se obtuvo que las compostas activa (3.03, 0.88 y 0.08%) y pasiva (2.84, 0.77 y 0.06%) presentaron mayor contenido de Ca, Mg y K, seguidas por los extractos de fermentación anaerobia (0.28, 0.19 y 0.02%) y aerobia (0.22, 0.15 y 0.03%) (Cuadro 1).

En relación a la concentración de los micronutrientes Fe, Cu, Zn y Mn, se observó que también la composta activa (8413, 26, 289 y 124 ppm) y la pasiva (8747, 23, 277 y 118 ppm) superaron ampliamente a los extractos de fermentación aerobia (73, 2, 6 y 5 ppm), de composta (58, 2, 3 y 4 ppm) y de fermentación anaerobia (41, 2, 3 y 3 ppm). En cambio, solamente la concentración de B fue mayor en el extracto de fermentación anaerobia (86 ppm), que superó al resto de los tratamientos: composta (60 ppm), de fermentación aerobia (57 ppm), de composta activa (56 ppm) y de composta pasiva (52 ppm) (Cuadro 1). Aunque el extracto de fermentación anaerobia aumentó la concentración de Na, no excede el nivel de toxicidad de 1 g kg⁻¹ reportado por Ulrich y colaboradores. Además, se han observado concentraciones de micronutrientes acumuladas totales y extractables en suelos modificados con composta. Sin embargo, su efecto no se ha observado en plantas de fresa, lo que puede deberse al aumento del pH del suelo (Hargreaves *et. al.*, 2009).

No hubo diferencia significativa en el contenido de macronutrientes primarios y secundarios, ni de micronutrientes entre las compostas activa y la pasiva. A su vez, tales contenidos de nutrientes en los extractos de fermentación aerobia y anaerobia fueron significativamente inferiores. Así mismo, por ser un líquido, el extracto de composta tiene muy poco efecto sobre las propiedades físicas de un medio sin suelo, tales como la porosidad (Schewerell, 2004).

Cuadro 1. Parámetros de calidad física y nutricional de los extractos obtenidos de los diversos tipos de composta. Campo Experimental Bajío-CIRCE-INIFAP 2017.

Variable		Composta	Composta	Composta	Fermentación	Fermentación
		Activa	Pasiva		Aerobia	Anaerobia
Nitrógeno	%	1.41	1.48	0.29	0.41	0.27
P ₂ O ₅	%	1.17	1.40	0.01	0.01	0.03
K ₂ O	%	4.24	4.03	1.34	2.96	3.79
C/N	%	12.43	12.86	4.60	6.42	10.20
Calcio	%	3.03	2.84	0.22	0.22	0.28
Magnesio	%	0.88	0.77	0.05	0.15	0.19
Azufre	%	0.08	0.06	0.017	0.033	0.02
Hierro	ppm	8,413.39	8,746.98	57.71	73.54	41.95
Cobre	ppm	26.11	23.51	2.47	2.30	1.79
Manganeso	ppm	289.12	277.19	3.05	6.34	3.21
Zinc	ppm	123.89	117.77	4.34	5.018	3.08
Boro	ppm	55.58	51.68	60.01	56.87	85.69
pH		9.4	9.3	8.7	8.5	8.9
C.E.	dS/m	13.59	11.94	16.05	37.20	42.13

El pH fue más alto en los extractos de las compostas activa (9.4) y pasiva (9.3), seguido por el extracto de fermentación anaerobia (8.9), de composta (8.7) y, finalmente, por el de fermentación aerobia (8.5) (Cuadro 1). En el caso de la salinidad, medida como conductividad eléctrica (CE), los valores más altos se obtuvieron en los extractos de fermentación anaerobia (42 dS/m) y aerobia (37 dS/m), seguidos por composta (16 dS/m), composta activa (13.6 dS/m) y composta pasiva (12 dS/m) (Cuadro 1). Hargreaves *et al.* (2009) señalan que se ha informado previamente sobre el aumento de las concentraciones de sal en el suelo y en la hoja, pero puede ser un recurso importante cuando los suelos son deficientes en Ca y el pH del suelo necesita mejoras. Koné *et al.*, 2010 señalan que las propiedades físicas y químicas de los nutrientes en el extracto de composta podrían mejorar el estado nutricional de las plantas. Otro parámetro complementario analizado para determinar la calidad física de los extractos fue la relación C/N, la cual fue mayor en la composta pasiva (12.86) y composta activa (12.43), así como en el extracto de fermentación anaerobia (10.2); mientras que los valores más bajos se obtuvieron en el extracto de fermentación aerobia (6.42), y en la composta (4.6) (Cuadro 1). Por

ser el extracto soluble de la composta, el extracto de composta contiene también carbono soluble en agua. Este carbono afecta positivamente las poblaciones nativas del suelo, al ser fuente de energía para los microorganismos presentes en la zona de las raíces (rizosférica) o de las hojas (filosférica) de la planta. De igual forma, este carbono soluble puede ser usado en el suelo por microorganismos para construir microagregados mejorando calidad física del suelo, particularmente la estructura y la capacidad de retención de agua (Ha *et al.*, 2008).

Para determinar la calidad biológica de los extractos de composta, de fermentación aerobia y de fermentación anaerobia, se analizó en tres repeticiones la presencia de hongos benéficos (todos expresados en unidades formadoras de colonias/mL, excepto en *Salmonella* que fueron 5 mL), así como también la presencia de bacterias y hongos fitopatógenas, *Salmonella* y coliformes totales en placa de agar rojo violeta bilis, incubados a 35°C durante 24±2 h. Respecto a hongos benéficos, solamente en una de tres repeticiones en los tres extractos se observaron unidades formadoras de colonias (UFC) de *Trichoderma sp.*: 150 UFC/mL en la composta, 11,250 UFC/mL en el extracto de fermentación aerobia y 33,000 UFC/mL en el de fermentación anaerobia.

Buechel (2016) indica que el extracto de composta contiene principalmente bacterias y hongos y que el conteo total promedio de bacterias presentes en el extracto de composta es de alrededor de 7×10^{10} células activas por mililitro. Weltzien (1991) señala que en los sustratos estos números son inferiores debido a la dilución y a los riegos subsecuentes. Puntualizando sobre estos aspectos, Ingham (2003) afirma que las bacterias dominan la microflora del ECN y del ECA; por lo tanto, es de gran interés entender cómo manipular el proceso de producción de extracto de composta para enriquecer y/o seleccionar y obtener poblaciones bacterianas individuales.

En relación a ello, Schewerell (2004) menciona que la producción de extracto de composta con o sin aireación y aditivos nutritivos afecta en gran medida la densidad de población bacteriana total y la proporción de la población total metabólicamente activa o cultivable. Sin embargo, en este estudio en particular no se observaron bacterias ni hongos fitopatógenos en ninguno de los tres extractos, excepto en una sola repetición, donde se tuvo la presencia de 50 UFC de los hongos *Microdochium sp.*, y *Alternaria sp.*

Microorganismos como *Trichoderma*, *Pseudomonas*, o *Pantoea spp.*, están presentes en la composta y son capaces de multiplicarse en el extracto de composta y realizar procesos de supresión de enfermedades. Esta supresión está asociada a sustancias que se producen durante el proceso de maduración de la composta, y dependen de sus características biológicas y fisicoquímicas (Termorshuizen *et al.*, 2006). Buechel (2016) señala que los hongos

micorrícicos son compatibles con los microorganismos que se encuentran en el extracto de composta. De hecho, trabajan con los hongos micorrícicos para proporcionar beneficios adicionales a las plantas. La micorriza no se puede agregar al lixiviado de composta porque no sobrevive entre las grandes poblaciones de microorganismos por más de un par de horas. En los sustratos, es diferente debido a que la concentración de microorganismos es mucho menor que en el lixiviado de composta altamente concentrado.

De igual forma, en todos los extractos analizados hubo ausencia de *Salmonella*. En cambio, en ellos sí se observó la presencia de coliformes totales, para un promedio de 16.7×10^{-2} UFC/mL en la composta, 19.3×10^{-2} UFC/mL en el extracto de fermentación aerobia y 19×10^{-2} UFC/mL en el de fermentación anaerobia. *Salmonella spp.* es uno de los principales agentes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y puede ser habitante normal del tracto digestivo de animales que incluyen aves (siendo el pollo un importante almacén), bovinos, porcinos, entre otros (Carrascal, 2011).

CONCLUSIONES

No hubo grandes diferencias entre la calidad físico-química (contenido de nutrientes) y biológica (microorganismos benéficos y patógenos) de las compostas activa y pasiva, así como entre los extractos de composta elaborada mediante los procesos de fermentación aerobia y anaerobia.

Por sus niveles mínimos de nutrientes, el extracto de composta no se puede considerar como un fertilizante, sino tan solo un complemento nutricional, sea de aplicación foliar o en el agua de riego a los cultivos, o para remojar el pie del tallo en las plántulas de vivero o de plantas ya establecidas.

El extracto de composta aumenta la actividad microbiana en el suelo y sustratos y, aunque es posible que no solucione todos los problemas de enfermedades, sí ayuda a mejorar el crecimiento y sanidad de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Buechel, T. 2016. Uso del lixiviado de compost en sustratos. WEB 14 de julio de 2017: <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/uso-del-lixiviado-de-compost-en-sustratos/>
- Carrascal, A.K.; R. Castañeda; A. Pulido. 2011. Perfil de riesgo *Salmonella spp* en pollo entero y en piezas. In: Salud INd, editor. Bogota. Pp. 1-138.
- Ha, K.V.; P. Marschner; E.K. Bunemann. 2008. Dynamics of C, N, P and microbial community composition in particulate soil organic matter during residue decomposition. Plant Soil. 303: 253–264.
- Hargreaves, J.C.; M. Sina A.; P.R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. J Sci Food Agric. (89):390–397.
- Ingham, E.R. 2003. The compost tea brewing manual. 3rd Edition. Soil Food Web, Inc., Corvallis, OR. 28.

- Koné S.B.; A. Dionne; R.J. Tweddell; H. Antoun; T.J. Avis. 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biol. Control*. 2010(52):167–173. doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.10.018.
- Larco, E. 2004. Preparación de lixiviados de compost y lombricompost. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica. No. 73:79-82.
- National Organic Standards Board (NOSB). 2004. Compost tea task force final report. April 6, 2004. www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf
- Porta, J.; M. López-Acevedo; C. Roquero. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 807 p.
- Román, P.; M.M. Martínez; A. Pantoja. 2013. Productos relacionados con el compost. En: Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). p. 67-76.
- Romero, M.R. 2000. Lombricultura y agricultura sustentable: Agricultura orgánica. Elaboración y aplicación de abonos orgánicos. México, DF, MX. p. 125-134
- Scheuerell, S.; W. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* (In Press).
- Scheuerell, S. 2004. Compost tea production practices, microbial properties, and plant disease suppression. I International Conference Soil and Compost Eco-biology. September 15th–17th 2004. León, Spain.
- Termorshuizen A.J.; E. Van Rijn; D.J. Van Der Gaag; C. Alabouvette, Y. Chen; J. Lagerlöf; A.A. Malandrakis; E.J. Paplomatas; B. Rämert; J. Ryckeboer; C. Steinberg; S. Zmora-Nahum. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry*. 38:2461-2477.
- Weltzien, H. C. 1991. Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts. In: J. H. Andrews and S. S. Hirano (eds.). *Microbial Ecology of Leaves*. Springer-Verlag, New York. p. 430-450.

USO Y MANEJO DE AGUA EN CILANTRO – UNA BREVE REVISIÓN

Alejandro Rodríguez Guillén¹; Enrique González Pérez²; Salvador Villalobos Reyes²

¹Investigador en Uso y Manejo de Agua y Suelo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ); ²Investigador de Horticultura Protegida en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ).
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

INTRODUCCIÓN

El uso del agua como elemento fundamental en la producción agrícola presenta fuertes desafíos en los últimos años debido a la escasez del recurso. A nivel mundial alrededor del 80% del agua se emplea en la agricultura, con una eficiencia global de solo un 30%. Los excesos de agua aplicados en las actividades agrícolas son demasiado comunes en los pequeños, medianos y grandes agricultores. Sobre la base de este hecho, el principal reto actual y para las próximas décadas es generar alternativas tecnológicas que permitan utilizar el agua en forma eficaz y eficiente, así como concientizar y capacitar a todos los usuarios y beneficiarios de este recurso con la finalidad de aumentar la productividad de cada unidad de agua.

El rendimiento y calidad de los cultivos, y en el caso particular del cilantro, son función del consumo de agua (entre otros factores), el cual depende de los aspectos siguientes: De la demanda evapotranspirativa del clima (región geográfica y época del año en que sea cultivado), de sus necesidades hídricas (características fisiomorfológicas de la especie, duración del ciclo vegetativo, coeficiente de cultivo y etapa fenológica en que se encuentre), del tipo de suelo (capacidades de almacenamiento y retención de humedad, contenido de humedad) y de la disponibilidad de agua por parte del productor para la aplicación de los riegos necesarios para obtener un buen rendimiento y calidad de follaje y semilla.

En el cilantro el déficit hídrico afecta gravemente a todos los parámetros de crecimiento (altura de planta, cantidad y tamaño de hojas, racimos por planta, producción de materia verde y seca, etc.) y componentes de rendimiento (cantidad de umbeletas por racimo y de umbelas por planta, tamaño y peso de semilla, etc.). Además, sus componentes químicos también se ven afectados ya que el riego por déficit puede cambiar el comportamiento de la planta con respecto a la biosíntesis de metabolitos primarios y secundarios.

Requerimientos climáticos

La demanda evapotranspirativa de los cultivos es mayor en climas tropicales comparada con los climas templados, y lo mismo ocurre a través del año, donde tiende a aumentar en los meses más calurosos y a disminuir en los más frescos. Existen evidencias de que el microclima produce efectos notables en el ciclo biológico, en el uso de agua por consumo y en la fecha de siembra de las especias (Rashed & Darwesh, 2015). El cilantro es una planta anual de fácil y rápido crecimiento que se desarrolla mejor con alta intensidad lumínica, pero crece bastante bien en sombra parcial. En México el cilantro se cultiva en altitudes que van desde los 14 msnm en el norte de Tamaulipas hasta los 2,350 msnm en el Valle de México, esto hace que los climas donde se produce sean muy variados e incluye el seco estepario (Bs), seco desértico (Bw), templado lluvioso con invierno seco (Cw) y tropical lluvioso con invierno seco [AC<W>] (Andrío, 1989). Puede tolerar climas cálidos, aunque experimenta una notable disminución del rendimiento. Sin embargo, prospera mejor en climas templados debido a que es una hortaliza de clima frío, cuya temperatura media mensual de crecimiento debe ser de 15 a 18 °C; por lo cual, es probable que este cultivo requiere de días cortos y de noches con temperatura fresca; además, puede soportar heladas ligeras (Everhart *et al.*, 2003). Otros autores señalan que esta planta puede soportar temperaturas de 13 a 24 °C y que, para un óptimo crecimiento y desarrollo, se recomienda sembrar en lugares templados, preferentemente de 18 a 20 °C. Se debe de evitar que la temperatura sea mayor de 24 °C para la mayoría de variedades de cilantro porque se acelera el desarrollo de la planta, propiciando que ésta fructifique rápidamente y, por lo tanto, disminuya el crecimiento de las hojas basales (que son las más importantes).

Por lo anteriormente señalado, se realizó una revisión de literatura sobre diversos aspectos relevantes relacionados con el uso y manejo de agua en cilantro, dada la importancia económica y social que tiene esta especie vegetal para la gastronomía, medicina alterna e industria de la perfumería de México y el mundo.

Características de los suelos

Para cultivar cilantro son preferibles suelos francos o arenosos ligeros, bien drenados y moderadamente fértiles; sin embargo, tolera muchos tipos de suelo siempre y cuando se vigilen los niveles de nutrientes y humedad (Masabni & Lillard, 2017). Se puede adaptar a suelos silíceo-arcillosos, algo calcáreos e incluso los ligeramente ácidos, pero funciona mejor en los terrenos de textura ligera a media o franca; también puede crecer en suelos calizos, ricos en

calcio (Morales-Payán, 2013). Es importante que el terreno sea profundo, esté bien preparado, suelto, que tenga buena retención de humedad y buen drenaje interno y superficial (Everhart *et al.*, 2003), lo que ayuda a mantenerlo húmedo y, a la vez, a evitar que el agua quede estancada. El suelo franco es el más adecuado para la siembra comercial de cilantro cuando se plantea como cultivo bajo riego, aunque también se puede cultivar con éxito en suelos negros como cultivo de secano. Esta especie necesita un suelo de fertilidad media y los más altos rendimientos se obtienen en suelos ligeros con una cantidad media de materia orgánica, fértiles y con pH de ligeramente ácido (6.5) a ligeramente alcalino (7.5). Es preferible en suelos de zonas protegidos contra fuertes vientos. No funciona bien en suelos arcillosos muy poco permeables (Barreyro *et al.*, 1993), ni tolera los suelos alcalinos y salinos (entre 1.5 y 3 dS m⁻¹ o entre 750 y 1500 ppm).

Cuadro 1. Diversos tipos de textura del suelo con su contenido de partículas elementales (arena, limo y arcilla) y sus correspondientes parámetros de humedad*.

Textura del suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CC** (%)	PMP* (%)	Hd** (%)	Lámina de agua/30 cm de profundidad (cm)
Arenosa	80	10	10	9	4	5	2 a 4
Franco-arenosa	43	50	7	14	6	8	3 a 4
Franca	37	41	22	22	10	12	4 a 5.5
Franco-limosa	40	53	7	22	13	9	4 a 5.5
Franco-arcillosa	39	33	28	27	13	14	4.5 a 6.2
Arcillo-arenosa	45	10	45	31	15	16	4.5 a 5.5
Arcillosa	10	30	60	35	17	18	4 a 6.2

**CC=Capacidad de campo; PMP=Punto de marchitez permanente; Hd=Humedad disponible.

*Adaptado de varias fuentes.

En resumen, los suelos de textura ligera a media o franca (Cuadro 1), con un contenido medio de materia orgánica, son los que favorecen más el desarrollo y producción del cilantro debido a sus relevantes características de fertilidad física, donde destaca la densidad aparente y, sobre todo, la permeabilidad al flujo de agua y aire (capacidad de almacenamiento y retención de humedad e intercambio gaseoso: principalmente oxígeno y bióxido de carbono), lo cual promueve la actividad de los microorganismos y la disponibilidad de nutrientes para la planta. Estas condiciones propician que sean de moderada a altamente fértiles (aunque este cultivo requiere relativamente pocos nutrientes).

Demanda hídrica

La alta relación existente entre la superficie y volumen foliar del cilantro hace que sea muy susceptible a la pérdida de agua por transpiración. Este cultivo requiere de buen contenido de

humedad en el suelo para alcanzar su potencial de productividad. Vallejo & Estrada (2004), en Colombia, hallaron una demanda hídrica de 1,500 mm año⁻¹, lo que indica que la productividad, tanto en hojas como de semillas, es mayor cuando se utiliza riego.

El ciclo del cultivo está dividido en etapas fenológicas, basadas en el periodo de crecimiento o periodo vegetativo relacionado al sombreado del área y cada etapa asume un valor diferente del coeficiente de cultivo (Kc). Los valores Kc de cilantro están influenciados por las características de su estado de desarrollo y las condiciones edafoclimáticas generales. En un estudio hecho en Colombia, Mejía *et al.* (2014) determinaron que el coeficiente Kc (relación evaporación real/evaporación de referencia) fue de 0.83 en la etapa de germinación del cultivo, 1.12 en la etapa de crecimiento lineal y 1.40 en la etapa de formación del tallo floral y cosecha. El valor de Kc aumentó a medida que incrementó la cantidad de agua aplicada en las fases de crecimiento acelerado (entre 9 y 26 dds) y de formación del tallo floral y cosecha (entre 27 y 35 dds). La mayor pérdida de MS ocurrió con 280 mm; con 200 mm se presentó la mejor respuesta fisiológica y la mayor EUA por el cultivo de cilantro; esta lámina de riego parece ser adecuada para que el follaje conserve su calidad durante un período mayor. Aplicar láminas de riego diferentes a este volumen puede generar deficiencias o excesos de agua para el cultivo.

Efectos del agua en la planta

El riego como factor ambiental tiene un papel importante en el crecimiento de las plantas y es esencial para aumentar el rendimiento y calidad de los cultivos, incluidas las especies medicinales y aromáticas. El riego de las plantas de cilantro a niveles más altos resultó en los más altos caracteres de crecimiento vegetativo y componentes de rendimiento comparado con los niveles más bajos (Osman & El-Fiky, 2005). El aumento en el agua de riego incrementó la materia seca y el rendimiento de cilantro; sin embargo, los carbohidratos hidrosolubles se redujeron. La aplicación de tres riegos en las etapas de ramificación, floración y formación de semillas produjo un rendimiento de semilla significativamente mayor que todos los otros regímenes de humedad, excepto al omitir el riego en la etapa de formación de semillas (Moniruzzaman, 2013).

El déficit hídrico afecta gravemente a todos los parámetros de crecimiento y atributos de rendimiento. Al prolongar los intervalos de riego se redujo el crecimiento y el rendimiento de varias plantas medicinales y aromáticas. El rendimiento de semilla y sus componentes en

cilantro disminuyeron significativamente bajo déficit de agua moderado y severo. La reducción del nivel de riego redujo el rendimiento de semilla de cilantro (Kumar *et al.*, 2008).

El consumo de agua del cilantro está directamente relacionado con la cantidad de agua que se le aplique. Cuando la planta se encuentra en un suelo con alto contenido de humedad aumenta el potencial hídrico, lo que facilita el movimiento del agua desde el suelo hacia el exterior, estimulando la apertura de estomas y, en consecuencia, la transpiración. Es necesario suministrar las cantidades de agua según el desarrollo del cultivo, teniendo cuidado de generar condiciones de capacidad de campo, o de mantenerlas cercanas a este punto, así como de no inundar el suelo. En la medida que la disponibilidad de agua en el suelo disminuye, el potencial hídrico es menor y, por tanto, se reduce la disponibilidad de agua para la planta. Cuando esta condición es progresiva, ocurre un momento en el que la absorción no puede igualar la transpiración, con el consecuente déficit hídrico en la planta y cierre estomático, lo que explica la menor evapotranspiración con 140 y 160 mm. A su vez, esto indica que la aplicación de una lámina de agua mayor de 200 mm no aumenta el rendimiento de manera significativa y que láminas de agua menores afectan el rendimiento. Otras variables como altura, diámetro del tallo y número de hojas basales presentaron tendencias similares al rendimiento (Mejía *et al.*, 2014).

Los componentes químicos de las plantas aromáticas y medicinales también se ven afectados como consecuencia de diferentes tratamientos de riego. El suministro limitado de agua es un factor importante que afecta el crecimiento y las actividades metabólicas de las especies vegetales. Tiene un efecto generalmente negativo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, existen informes sobre el efecto positivo del suministro limitado de agua, en lo que se refiere a la biosíntesis de metabolitos secundarios, actividades enzimáticas y acumulación de solutos. El riego por déficit puede cambiar el comportamiento de la planta con respecto a la biosíntesis de metabolitos primarios y secundarios. Además, la sequía influye en la biosíntesis del aceite esencial de diversas plantas y, por lo tanto, afecta su composición. El contenido de aceite esencial de cilantro se vio afectado por los diferentes tratamientos de agua. El aumento en los intervalos del agua de riego también afectó no sólo al porcentaje de aceite volátil, sino también a la composición del aceite de sus semillas (Hassan & Ali, 2013), el cual ocurrió de una manera opuesta. Al aumentar el nivel de riego del 70% (ETP) al 110% (ETP) se incrementó significativamente el rendimiento de aceite esencial de *Coriandrum sativum* L. (Osman y El-Fiky, 2005).

Eficiencia en el uso de agua (EUA)

Los cultivos con mayor EUA son de gran importancia cuando se trata de la economía de los recursos hídricos, ya que permiten un mayor rendimiento por m³ de agua. En comparación con tomate, sandía, melón, camote, lechuga y otras, el cilantro tiene mayor eficiencia en el uso de agua (EUA). La EUA del cilantro fue muy alta (71.0 kg m⁻³), en comparación con los anteriores cultivos, cuando se utilizó una lámina de riego de 63 mm; con la que se obtuvo una producción de 49.8 kg m⁻³. La superficie de respuesta para la EUA del cilantro en función de las láminas de riego y las dosis de N indica que la combinación entre una lámina de 27 mm y unaa dosis de N de 105 kg ha⁻¹ produjo la EUA más alta (Angeli *et al.*, 2016). Desde otro punto de vista, el agua se caracteriza porque ninguna fuente alternativa puede sustituirla y no es un recurso comercial o una mercancía (Hassan & Ali, 2013). Además, la EUA fue la más alta cuando se omitió el riego en la etapa de formación de semillas, seguido por la aplicación de tres riegos en la ramificación, floración y formación de semillas (Kumar *et al.*, 2008). Por el contrario, la menor EUA se asoció con una mayor cantidad de agua de riego.

Mejía *et al.*, (2014) realizaron un estudio en Colombia, para evaluar la respuesta del cilantro a la disponibilidad de humedad en el suelo (compararon la aplicación de cinco láminas de riego para determinar sus requerimientos hídricos) y encontraron que con 200 mm de agua se presentó la mejor respuesta fisiológica y la mayor eficiencia en el uso de agua (la mayor producción de follaje medida como producción de MS: 0.64 g L⁻¹ de agua aplicado y dicha lámina parece ser adecuada para que el follaje de cilantro conserve su calidad durante un período mayor). La aplicación de láminas de riego diferentes a este volumen puede generar deficiencias o excesos de agua para el cultivo.

Necesidades de riego y momento de aplicación

Los requerimientos de agua por el cultivo dependen predominantemente de las condiciones edafoclimáticas; sin embargo, lo deseable es el abastecimiento oportuno, continuo y uniforme de este insumo. En este contexto, el manejo inadecuado del riego destaca entre los factores limitantes para la producción de cilantro en numerosos países. El riego por déficit, uno de los factores ambientales, es el factor más importante que restringe el crecimiento de las plantas y la productividad de los cultivos en la mayoría de los campos agrícolas del mundo. El cilantro generalmente produce más hojas cuando recibe riego y, para una mejor producción, necesita una aplicación oportuna del riego, en una lámina de agua de 15 a 30 cm dada entre la germinación y la cosecha (Morales-Payán *et al.*, 2013).

El riego nunca debe ser demasiado abundante, ya que el cilantro requiere humedad en el suelo, pero no tolera nada bien el exceso de agua. Como toda planta, en siembras de primavera se debe asegurar el suministro frecuente del agua, mientras que en otoño se puede espaciar la frecuencia de los riegos debido a que la demanda de agua es menor. En general, la reducción en el intervalo de riegos mejora el número de umbelas y de semillas por planta, así como el rendimiento unitario de follaje y semilla (Malhotra *et al.*, 2009).

Se debe regar inmediatamente después de la siembra en seco, tomando en cuenta que la necesidad de agua más crítica de la planta ocurre durante la germinación y el establecimiento y después en intervalos de 10 a 15 días, dependiendo de la humedad disponible en el suelo. Una vez que las plantas están establecidas, no necesitan mucha agua (Masabni & Lillard, 2017). Muchos productores prefieren hacer la siembra de manera directa, ya que sus raíces son muy sensibles al trasplante debido a que no se repone bien cuando se trasplanta a raíz desnuda y se puede propiciar la muerte de las plantas. Una vez sembradas las semillas, hay que regar la superficie desmoronando la zona para mantener el suelo húmedo hasta la germinación y, ya emergidas las plántulas, es necesario esperar que aparezcan las primeras hojas verdaderas o el segundo par de hojas empezar a aplicar los riegos. Cada planta requiere 10 mL de agua diarios en su etapa inicial, 15 mL durante el desarrollo y 9 mL al final del ciclo. López *et al.* (2014) indican que en total necesita de 1.1 a 1.3 litros de agua por planta durante su ciclo completo. Si se van a cosechar las semillas, se recomienda disminuir la intensidad de los riegos en la semana programada para la colecta y suspender el suministro de agua uno o dos días antes del arranque para facilitar la extracción de plantas con raíces limpias, evitar el deterioro del follaje por contaminación con lodo y disminuir la transpiración.

Efectos del estrés por falta y exceso de agua

Con el fin de explicar las consecuencias de la limitación en el suministro de agua sobre el rendimiento del cilantro y la eficiencia del uso del agua se ha sugerido que, bajo condiciones de estrés hídrico, se presenta más bajos índice de área foliar y tasa neta de asimilación y, en consecuencia, un menor crecimiento de la planta (Kumar *et al.*, 2008). Un déficit agudo en la etapa de floración resulta en drásticas reducciones en la producción. Recientemente, con la aplicación de altas láminas de riego se han maximizado los parámetros vegetativos como altura de planta, número de ramificaciones y materia seca y fresca de los brotes. La sequía prolongada retrasa el crecimiento y parece estimular la floración prematura, que es indeseable en la producción de hojas. La sequía reduce la cantidad de hojas y de semillas producidas. No

se recomienda permitir que las plantas lleguen a la marchitez temporal. Para mantener un ritmo acelerado de crecimiento el suelo debe mantenerse a un nivel de humedad adecuado (80% de capacidad de campo o cercano a este punto) (Hassan & Ali, 2013).

El déficit hídrico afecta gravemente a todos sus parámetros de crecimiento (altura de planta, diámetro de tallo, cantidad y tamaño de hojas, cantidad de racimos por planta, producción de materia verde y seca) y componentes de rendimiento (número de umbelotas por racimo, umbelas por planta, cantidad, tamaño y peso de semillas). De igual forma, el contenido y composición de aceite esencial, la composición de aceites volátiles y de carbohidratos hidrosolubles se ven afectados por la oportunidad con que el cultivo recibe el agua.

Otro factor importante es la humedad relativa dentro del sitio de cultivo. De preferencia, la humedad relativa se debe de encontrar abajo del 75%. Si la humedad se encuentra por arriba de lo recomendado, las plantas pueden presentar incidencia de hongos y/o bacterias; pero si se encuentra por debajo del parámetro, entonces habría una posible deshidratación del cultivo y, en casos extremos, podría propiciar la deshidratación y muerte de las plantas. La alta humedad relativa favorece la aparición de enfermedades fungosas y bacterianas. La lluvia y el riego frecuentes favorecen el desarrollo de aquellas causadas por patógenos que afectan las hojas (tales como los hongos *Erysiphe*, *Cercospora* y *Alternaria*, y la bacteria *Pseudomonas syringae* (mancha bacteriana) o los que afectan las raíces (como *Rhizoctonia* y *Fusarium*). Comúnmente estas enfermedades son más frecuentes y más severas durante períodos de alta humedad.

CONCLUSIONES

Comparado con otras plantas, el cilantro es un débil competidor por agua y nutrientes hasta que establece un sistema de raíces suficientemente grande, por lo general varias semanas después de trasplantado. Después de esta etapa ya no requiere mucha agua, pues se caracteriza por poseer una eficiencia en el uso de agua más alta que muchos otros cultivos.

El cultivo produce mejor cuando no sufre déficit de agua y, para los riegos suplementarios, se debe aplicar láminas ligeras y frecuentes obtener alta calidad del follaje y, en su caso, semillas, así como para reducir el riesgo de incidencia de enfermedades foliares.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrio, E.E. 1989. Comportamiento de 15 colecciones de cilantro en la región de Ramos Arizpe, Coahuila. Ciclo Verano 1988. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Angeli, K.P.; F.T. Delazari; C. Nick; M.G. Ferreria; D.J.H. da Silva. 2016. Componentes de produção e eficiência do uso d'água em coentro sob irrigação e adubação nitrogenada. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Vol. 20(5): 415-420.
- Barreyro, R.A.; G.E. Sánchez Vallduvi; R. Bezus. 1993. Respuesta del coriandro (*Coriandrum sativum* L.) a la fertilización nitrogenada y fosforada. Anales SAIPA. 11: 195-200.
- Bhunja, S.R.; S.D. Ratnoo; S.M. Kumawat. 2009. Effect of irrigation and nitrogen on water use, moisture extraction pattern, nitrogen uptake and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in north-western irrigated plains of Rajasthan. Indian Society for Spices. J. Spices & Arom. Crops. Vol. 18(2): 88–91.
- Everhart, E.; C. Haynes; R. Jauron. 2003. Cilantro. Home Gardening.
- Hassan, F.A.S.; E.F. Ali. 2013. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. Plant J. Saudi Soc. Agric. Sci. (13):155-161.
- Kumar, A; R. Singh; R.K. Chhillar. 2008. Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Acta Agron. Hungarica. Vol. 56: 69-74.
- López L., G.; N. Magaña L.; C. Vázquez R. 2014. Carta tecnológica del cultivo de cilantro. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Malhotra, S.K.; R.S. Mehta; S.S. Meena; M.M Anwer. 2009. Response of sprinkler, drip and surface irrigation for efficient water use in seed spices. World Aqua Congress: India Habitat Center.
- Masabni, J.; P. Lillard. 2017. Cilantro. Texas AgriLife Extension. Web: Junio 3, 2017: <https://agrilifeextension.tamu.edu/browse/featured-solutions/gardening-landscaping/cilantro/>
- Mejía de T., M.S.; G.E. Marín P.; J.C. Menjivar F. 2014. Respuesta fisiológica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a la disponibilidad de agua en el suelo. Acta Agron., Vol. 63, No. 3: 246-252.
- Moniruzzaman, M.; M.M. Rahman; M.M. Hossain, A.J.M. Sirajul Karim; Q.A. Khaliq. 2013. Effect of irrigation on seed yield and yield attributes of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Kyushu Univ. Bull. Inst. Trop. Agr. 36:35-43.
- Morales-Payán, J.P.; B. Brunner; L. Flores; S. Martínez. 2013. Cilantro orgánico. Proyecto de Agricultura Orgánica Z-NRCS-007. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas, Puerto Rico.
- Osman, A.M.; Y.S. El-Fiky. 2005. Effect of applied irrigation water amounts and plant densities on coriander (*Coriandrum sativum* L.) production in sandy soils. Annu. Conf. Misr. Soc. Agric. Eng. 22(4):758-770.
- Rashed, N.M.; R.Kh. Darwesh. 2015. A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirement under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum* L.). Annals Agric. Sci. 60(2): 227-243.
- Vallejo, F.A.; E.I. Estrada. 2004. El cultivo de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. 346 p.

INFLUENCIA DEL TIEMPO TÉRMICO Y LÁMINA DE RIEGO EN PASTOS CULTIVADOS PARA PRODUCIR FORRAJE EN DURANGO, MÉXICO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹, Hilario Flores Gallardo¹, Rafael Jiménez Ocampo¹ y Saúl Santana Espinoza¹

¹INIFAP-Durango. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carr. Durango - El Mezquital, Durango, Dgo. México. C. P. 34170. *rosales.rigoberto@inifap.gob.mx; rigoberto_serna@yahoo.com.

INTRODUCCIÓN

La temperatura y humedad del suelo son factores importantes que influyen en la productividad de las especies de pasto cultivadas para la producción de forraje (Hatfield y Prueger, 2015; Rosales *et al.*, 2016). Es recomendable evaluar la influencia de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo de las variedades de pasto utilizadas para producir forraje en Durango. En esta entidad la disponibilidad de agua es limitada, por lo que se requiere una planeación adecuada de la fecha de riego para incrementar la productividad de forraje en los pastos utilizados en el establecimiento praderas irrigadas, las cuales se utilizan principalmente para la alimentación del ganado bovino. Se han propuesto diferentes variedades y mezclas comerciales de pastos para la producción intensiva de forraje en praderas irrigadas de ballico anual (*Lolium multiflorum*) y ballico perenne (*Lolium perenne*). Algunas variedades de estas especies muestran bajo consumo de agua, toleran temperaturas bajas durante el invierno y su biomasa puede utilizarse como forraje de alto valor proteico (12 a 21 %).

En Durango, se recomienda la siembra de ballico anual 'Hércules' y en ballico perenne la mezcla comercial denominada "Green Perenne", las cuales tienen diferencias en su respuesta productiva (Rosales *et al.*, 2016), como resultado de la influencia de la temperatura y aplicación del riego. En las praderas que se establecen en Durango para la alimentación del ganado bovino se utiliza principalmente riego por gravedad, el cual se ha demostrado que tiene baja eficiencia en la aplicación del agua (40 a 80 %; MINAGRI, 2015). Con base en lo anterior, se recomienda el uso de métodos que permitan la calendarización apropiada del riego, con lo que se facilita el ajuste de la frecuencia y cantidad de agua aplicada mediante el estudio combinado del suelo, ambiente, planta y manejo agronómico (Ojeda *et al.*, 2006). Con ello, se generarán recomendaciones para la determinación de láminas de riego (L_r) óptimas en cada especie y variedad cultivada; así como, la elaboración de calendarios de aplicación sustentados con modelos de programación integral.

Los modelos de programación integral del riego se basan en el concepto de grados día ($^{\circ}D$) y son utilizados en diferentes especies cultivadas. En Durango, es necesario generar información del requerimiento ambiental y respuesta obtenida en las variedades de pastos utilizadas en la

producción de forraje. Dicha información será utilizada en la generación de modelos integrales para la programación del riego y el incremento de la productividad del agua, con la finalidad de obtener cantidades altas de forraje en diferentes fechas del año y ciclos de cultivo. Lo anterior, incrementará la eficiencia del riego y la competitividad de los productores, sin descuidar la sostenibilidad de las actividades agropecuarias que se desarrollan actualmente en Durango. El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del tiempo térmico y la lámina de riego sobre el rendimiento de forraje seco en pastos cultivados para producir forraje en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del INIFAP-Durango, ubicadas en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital, en las coordenadas 23° 59' 21" N y 104° 37' 14" O y una altitud de 1,878 m. El suelo predominante en el sitio es de tipo franco (arcilloso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 7.9 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo es 34 % (CC), con 12 % para el punto de marchitamiento permanente (PMP) y 22 % de humedad aprovechable (HA). El clima de la región es templado-semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura, con un promedio anual de 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio (franjas apareadas) con arreglo factorial y seis repeticiones. Se aplicaron tres tratamientos de humedad: riego total (RT= 100 %) y riego deficitario (RD) al 80 % (RD= 80 %) y 60 % (RD= 60 %) de HA. Se probaron dos variedades: una de *Lolium multiflorum* (cv. Hércules) y la mezcla comercial de *Lolium perenne* con otros pastos (G. Perenne). La parcela experimental consistió de una melga de 10 m de ancho y 35 m de longitud. La siembra se realizó en seco, el 1 de octubre de 2015, con la sembradora Aitchinson grassfarmer 1414C®, la cual establece hileras de plantas con 15 cm de separación. Después, se aplicó riego el 03 de octubre y un sobre-riego el 08 de octubre de 2015, para asegurar la emergencia de las plántulas. Se aplicó un total de 15 riegos desde la siembra hasta la conclusión del periodo de estudio [401 días después de la siembra (DDS)].

Se fertilizó el 29 de octubre de 2015 (26 DDS) con la dosis 120-00-00 para nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O). Adicionalmente, se aplicaron las dosis 50-00-00 el 14 de enero de 2016 (103 DDS) y 30-20-00 el 5 de octubre de 2016 (368 DDS). Para el control de la maleza, se realizó una aplicación de herbicida 2-4D, amina (Full-mina®) (5 noviembre de 2015; 33 DDS) y un deshierbe manual después del primer corte (08 de enero de 2016; 97 DDS).

El contenido de agua en el suelo se determinó semanalmente con el sensor TDR HydroSense II (Time Domain Reflectometer, Campbell Scientific, Logan UT, USA) y el riego se aplicó cuando se registró un porcentaje de abatimiento del 50 % en la HA de todos los tratamientos. La lámina de riego (L_r) se calculó con base en el contenido de humedad del suelo (P_w), evaluado antes y después de la aplicación del riego en cada tratamiento. Para ello, se estimó la lámina consumida (d_c), con la ecuación $d_c = [(W_c - W_a)/100] * PEA * D$; donde: W_c = capacidad de campo (%), W_a = contenido de humedad antes del riego (%), PEA = peso específico aparente (g/cm^3) y D = profundidad efectiva de raíces (0.30 m) (Morábito *et al.*, 2008). Además, se consideró la lluvia acumulada durante el periodo de evaluación (506 mm) para el cálculo de la lámina total aplicada (L_{r_a}) durante el periodo de estudio. Los registros de lluvia y otras variables climáticas se obtuvieron en la Red de Casetas Agrometeorológicas del INIFAP, (2016).

Se realizaron muestreos de forraje a los 65, 101, 128, 157, 194, 228, 262, 289, 327, 355 y 401 días después de la siembra (DDS). En la melga de cada variedad y tratamiento se tomaron seis muestras equidistantes (muestreo sistemático), con un cuadrado de 25 cm x 25 cm (625 cm^2), para la determinación del rendimiento de forraje. Las plantas se cortaron con hoz a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo, se colocaron en bolsas de papel y se pesaron en una báscula electrónica (Torrey®), con precisión de 0.01 g, para registrar el peso de forraje verde. Las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C, hasta obtener masa constante (72 h aproximadamente) y luego se registró el peso seco. Los resultados se utilizaron para la estimación del rendimiento de forraje seco en toneladas por hectárea ($t\text{ ha}^{-1}$). Además, se determinó el rendimiento de forraje para cada volumen de agua consumido (productividad del agua) con la ecuación $PA\text{ (kg ha}^{-1}\text{ mm}^{-1}) = [\text{Rendimiento acumulado de forraje (kg ha}^{-1})/L_{r_a}\text{ (mm)}]$. Después del muestreo, las melgas de los pastos se segaron mecánicamente (cortadora John Deere 530®), se recolectó el forraje y se dejaron brotar libremente hasta el corte posterior.

La cantidad de grados día (°D) acumulados, para cada fecha de corte, fueron determinados mediante el uso del método que incluye las siguientes condicionantes: $^{\circ}D = T_m - T_{mín}$ si $T_m \leq T_{máx}$; $^{\circ}D = T_{máx} - T_{mín}$ en el caso que $T_m \geq T_{máx}$ y $^{\circ}D = 0$, cuando $T_m \leq T_{mín}$ (Ojeda *et al.*, 2006). En donde T_m es la temperatura ambiental media diaria; mientras que, $T_{máx}$ (30 °C) y $T_{mín}$ (5 °C) (Müller *et al.*, 2009) son las temperaturas máximas y mínimas del aire, consideradas como umbrales para el crecimiento y desarrollo de la planta de los pastos usados en la producción de forraje. El análisis de varianza para forraje seco (FRS) se realizó en un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial (tres tratamientos x dos materiales de

pastos) y seis repeticiones. La comparación de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada variedad, las diferencias observadas para el rendimiento acumulado de FRS fueron altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre condiciones de humedad (Cuadro 1). La variedad Hércules sobresalió por el rendimiento de FRS acumulado en los dos primeros muestreos (Figuras 1 y 2); aunque después fue superada por G. Perenne, la cual alcanzó valores acumulados de FRS entre 41.2 t ha^{-1} (60 % HA) y 60.1 t ha^{-1} (80 % HA). El valor más bajo registrado por Hércules, en todos los niveles de humedad, se debió a su ciclo biológico anual, por lo que a partir de los cortes realizados en julio y agosto disminuyó drásticamente la productividad de forraje. En cambio, G. Perenne mostró productividad de FRS durante todo el periodo de evaluación. Los resultados obtenidos mostraron que es recomendable conocer el ciclo biológico de la variedad que se va a sembrar y la utilidad de cada una de ellas, con la finalidad de optimizar la producción de forraje en fechas en las que son requeridas para la alimentación del ganado.

Cuadro 1. Rendimiento, tiempo térmico y productividad del agua en pastos usados en la producción de forraje en Durango.

Espece	Tratamiento ¹	² FRS (t ha ⁻¹)	^o D Acumulados	Lr _a (mm)	PAFRS (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Hércules	60 %	29.9 ^c	3,305	785.4	38.1
Hércules	80 %	38.1 ^a	3,305	837.9	45.5
Hércules	100 %	36.5 ^b	3,305	991.2	36.8
G. Perenne	60 %	41.2 ^c	4,847	1,253.5	32.9
G. Perenne	80 %	60.1 ^a	4,847	1,279.1	47.0
G. Perenne	100 %	52.4 ^b	4,847	1,464.3	35.8
Promedio		43.0	4,847	1,332.3	32.4

¹Estimado con base en la humedad aprovechable; ²FRS = forraje seco; ^oD = grados día de desarrollo; Lr_a = lámina de riego acumulada, incluyendo la lluvia; PAFRS = productividad del agua en la producción de forraje seco.

La acumulación de grados día durante el periodo de evaluación alcanzó un total de 3,305 ^oD en Hércules y 4,847 ^oD en el onceavo muestreo, realizado para G. Perenne en octubre de 2016 (401 DDS). La acumulación de ^oD influyó de forma positiva sobre el crecimiento, por lo que se observaron valores más altos de FRS en los meses de abril a junio, en el caso de la variedad Hércules (Figura 1), cuyo rendimiento empezó a reducirse a partir de julio. En el caso de la

variedad G. Perenne el rendimiento de forraje seco aumentó a partir de marzo (Figura 2), mostró descenso en junio y julio, para luego reiniciar la productividad alta durante el periodo agosto-octubre. En los dos materiales de pastos se observaron valores altos de coeficiente de regresión (R^2), en todas las condiciones de humedad (Figuras 1 y 2), lo cual se relacionó con un efecto directo de la acumulación de °D sobre el rendimiento de FRS en pastos de las especies *L. multiflorum* y *L. perenne*.

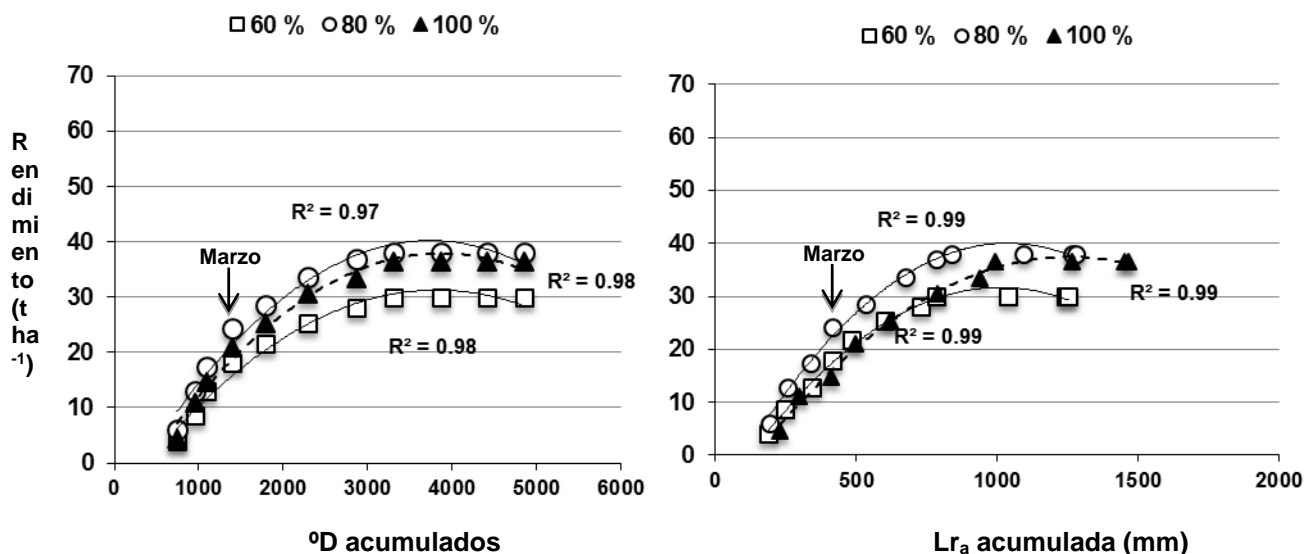


Figura 1. Valores de regresión entre el tiempo térmico y lámina de riego acumulada con el rendimiento de forraje en pasto de la variedad Hércules cultivada en tres niveles de humedad aprovechable.

Las láminas de riego acumuladas (Lr_a) fluctuaron entre 785.4 mm y 991.2 mm, si se considera el periodo productivo de la variedad Hércules y se incluye la lluvia acumulada durante el periodo de evaluación (163.0 mm). Para el caso de G. Perenne se obtuvieron valores entre 1,253.5 mm (60 %) y 1,464.3 mm (100 %), con un nivel de lluvia acumulada de 506.0 mm. Se observó que la aplicación mensual de láminas de riego intermedias (54.0 a 102.6 mm), que mantienen niveles de HA al 80 %, favorecieron el rendimiento de FRS en pasto. La variedad Hércules mostró respuesta constante al riego en los meses más fríos del año (enero y febrero), aunque su respuesta descendió drásticamente a partir del mes de julio (Figura 1). En el caso de G. Perenne se observó respuesta alta de rendimiento a partir de febrero y marzo, un ligero descenso en julio y el reinicio del crecimiento en agosto. Se observó un efecto directo de la Lr_a sobre el rendimiento de forraje seco en los dos materiales de pastos evaluados en Durango.

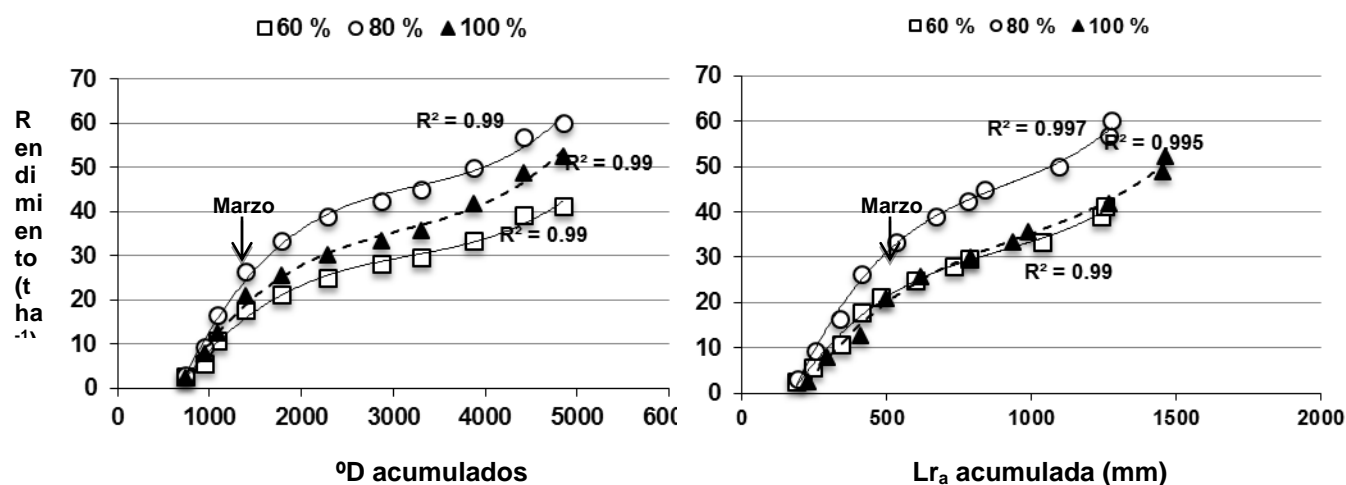


Figura 2. Valores de regresión entre el tiempo térmico y lámina de riego acumulada con el rendimiento de forraje seco en pasto de la mezcla G. Perenne cultivada en tres niveles de humedad aprovechable.

En Hércules y G. Perenne los valores más altos de productividad del agua para la obtención de FRS se registraron en el tratamiento de 80 % de HA y fluctuaron entre 45.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (Hércules) y 47.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (G. Perenne) (Cuadro 1). En contraste, los valores más bajos de productividad del agua (32.9 a 38.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹) se registraron en el tratamiento con 60 % de la HA. Los valores obtenidos para los materiales utilizados en el presente estudio superaron los presentados en trabajos similares, lo cuales fueron realizados también con pastos cultivados para la producción de forraje (23 a 30.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹) (Parry *et al.*, 1992). La respuesta de los pastos permitió recomendar la aplicación de láminas intermedias de riego (54.0 a 102.6 mm), las cuales deben permitir el mantenimiento del 80 % de humedad aprovechable en el suelo. Lo anterior, es recomendable en todos los cortes, incluidos los que se realizan durante el invierno, lo cual permitió la obtención de rendimientos altos de FRS en los dos materiales de pasto utilizados en el estudio.

CONCLUSIONES

Las variedades (Hércules) y mezclas comerciales (G. Perenne) de pastos representan una opción para contar con forraje de corte y pastoreo durante el invierno. El tiempo térmico y la Lr_a presentaron una fuerte influencia sobre la acumulación de FRS en los pastos cultivados en Durango para la alimentación del ganado bovino. Se recomienda el uso de la variedad Hércules, sola y en mezcla con G. Perenne, por sus valores altos de productividad del agua para la obtención de forraje durante los meses fríos (diciembre-febrero). La mezcla de pastos G.

Perenne representa otra alternativa para el establecimiento de praderas irrigadas de alta productividad en primavera-verano.

Los materiales evaluados mostraron diferencias en la producción de forraje seco y la variedad Hércules mostró alta productividad los meses fríos (diciembre y enero con una acumulación de 1,000 °D), pero después fue superado por la mezcla G. Perenne. La aplicación de láminas de riego moderadas (54.0 a 102.6 mm) y el uso de pastos con valores altos de productividad del agua contribuirán a la obtención sostenible de forraje en Durango. Se obtuvo información para complementar programas integrales utilizados en la determinación del tiempo térmico y planificación eficiente del riego para la producción sostenible de pastos forrajeros en Durango.

BIBLIOGRAFÍA

- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Hatfield J., L., and J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *In: Hatfield, J. L., and M. D. Brusberg (eds.). Weather and Climate Extremes. USDA Research and Programs on Extreme Events. 10: 4-10.*
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2016. Consultado en línea 15/12/2015. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2015. Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. San Isidro-Lima, Perú. 53 p.
- Morábito, J.; S. Salatino; G. Anbella; D. Prieto. 2008. Evaluación de campo al riego de los agricultores: casos prácticos y ventajas para la difusión de la tecnología apropiada; asesoramiento a los regantes para la modernización de los regadíos y su ambientalidad. Jornada sobre "ambiente y riegos: modernización y ambientalidad. CYTED-Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Agencia Española para la Cooperación Internacional. La Antigua (Guatemala). pp. 3-81.
- Müller, L.; P. A. Manfron; S. L. Petter M.; N. A. Streck; A. Mittelmann; D. Dourado N.; A. Hedlund B.; K. Pereira M. 2009. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genotipos diplóides e tetraplóides de azevém. *Ciência Rural* 39(5): 1343-1348.
- Ojeda B., W.; E. Sifuentes I.; H. Unland-Weiss. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia*. 40(1): 13-25.
- Parry, F. J., B. A. McKenzie and R. J. Lucas. 1992. Productivity and water use of five pasture grasses in Canterbury. *Proceeding of the New Zealand Grassland Association* 54: 135-138.
- Rosales S., R.; P. A. Domínguez M.; F. A. Euzarraga R.; H. Flores G.; R. Jiménez O. 2016. Respuesta de especies forrajeras de pasto en diferentes niveles de temperatura y humedad del suelo. *Memoria de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía*. Gómez Palacio, Méx. pp. 175-181.
- Rosales S., R.; P. A. Domínguez M.; F. A. Euzarraga R.; H. Flores G.; R. Jiménez O. 2016. Respuesta de especies forrajeras de pasto en diferentes niveles de temperatura y humedad del suelo. *Memoria de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía*. Gómez Palacio, Méx. pp. 175-181.

DESEMPEÑO EN CAMPO DE PLÁNTULAS DE PASTO BANDERITA PRODUCIDAS EN ENVASES DE DIFERENTE TAMAÑO

Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Erickson Basave Villalobos, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5, Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

[*dominguez.pablo@inifap.gob.mx](mailto:dominguez.pablo@inifap.gob.mx)

INTRODUCCIÓN

Se considera que la degradación de diversos ecosistemas, es consecuencia del uso irracional de los recursos naturales para la satisfacción de necesidades humanas. Como consecuencia de las actividades antropogénicas, el pastizal o agostadero es de los ecosistemas mayormente afectados (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016).

En el estado de Durango, el agostadero es el sustento de la ganadería extensiva. Mediante el pastoreo de ganado (principalmente bovino) se transforman los recursos forrajeros presentes en el pastizal a productos de alto valor biológico (carne y leche) e ingresos económicos para la subsistencia de la población que depende ésta actividad (Volke-Haller *et al.*, 2003; Domínguez-Martínez *et al.*, 2016). Sin embargo, a raíz del uso irracional de los recursos, se ha observado una disminución en la productividad del agostadero y en los hatos ganaderos. Es por ello que, se han emprendido diversas acciones para rehabilitar los pastizales y recuperar la cobertura de especies vegetales nativas.

Una alternativa para la recuperación de la cobertura de especies nativas en el agostadero, es la producción en vivero de plántulas de pastos nativos y su trasplante en campo. Lo anterior deriva de las ventajas que ha mostrado el trasplante en comparación con la siembra directa (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016). Sin embargo, aún es necesario desarrollar e implementar las técnicas de producción de pastos nativos en vivero que permitan obtener plantas con buenas características morfológicas, puesto que el envase en el que se producen representa una barrera que pudiera limitar su crecimiento (Jones, 2005). Definir un tamaño de envase es crucial para una producción de plántula de buena calidad. La calidad del cultivo es primariamente influenciada por las condiciones del medio de crecimiento. Si hay un volumen suficiente, la plántula podrá crecer adecuadamente sin comprometer su calidad y así tener un desempeño satisfactorio en campo.

Por lo anterior, en el presente trabajo se evalúa la supervivencia y crecimiento de plántulas de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) var. Diana trasplantadas 60 días después de la siembra, para analizar la influencia del tamaño del envase y de esa manera definir un volumen apropiado para producir la especie en invernadero, la cual se distribuye de manera natural en el árido y semiárido mexicano y tiene una buena adaptación edafoclimática, excelente palatabilidad y un contenido nutricional alto (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016; Valdés y Cabral, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango. El campo está ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango – El Mezquital, en el municipio de Durango, Dgo. a los a los 23° 59' 21" N y 104° 37' 33" O, con una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es de tipo franco, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 6.5 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo es 34 %, punto de marchitamiento permanente de 12 % y humedad aprovechable de 22 %. El clima es templado-semiárido, con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura [BS₁ kw (w) (e)], con un promedio anual de 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

El 1 de agosto de 2016 se sembraron seis charolas de poliestireno con 78 cavidades (165 mL cavidad⁻¹) y seis charolas más con 200 cavidades (22 mL cavidad⁻¹). Las charolas se llenaron con sustrato a base de peat moss, corteza de pino compostada y perlita (en proporción 2:1:1, respectivamente). Dentro de cada cavidad se colocaron 35 mg de semilla de pasto navajita var. Cecilia, la cual fue inmediatamente cubierta con más sustrato. Una vez que la semilla fue cubierta, se aplicó un riego a saturación. Durante los primeros cinco días después de la siembra se aplicaron riegos a saturación diariamente para garantizar la germinación de la mayor cantidad de semilla posible. A partir del sexto día después de la siembra se aplicaron riegos a saturación en intervalos de dos días hasta el momento del trasplante.

El trasplante de las plántulas de pasto se realizó el 20 de octubre de 2016. La distancia entre plantas fue de 5 cm y 81 cm entre surcos. Al terminar el trasplante se aplicó un riego con una lámina aproximada de 10 cm. Diez días después del trasplante se aplicó un segundo riego con una lámina de alrededor de 10 cm. Posteriormente, los riegos se aplicaron en intervalos de 20 días con la misma lámina que en los riegos anteriores. Durante el periodo de estudio (octubre 2016 – mayo 2017) se aplicó la dosis de fertilización 21-00-00 utilizando sulfato de amonio

como fuente de nitrógeno (100 kg ha^{-1}). También, durante este periodo se realizaron cinco deshierbes manuales para mantener el lote libre de malezas.

Se determinó el porcentaje de sobrevivencia siete meses después del trasplante. Para ello se contabilizaron el número de macollos vivos en ocho metros lineales, divididos en segmentos de dos metros a lo largo de todo el surco. El diámetro basal de los macollos se utilizó como herramienta para monitorear el crecimiento de las plantas. Se realizaron tres muestreos aleatorios del diámetro basal de los macollos producidos en diferentes contenedores, considerando 160 plantas para cada tamaño de contenedor.

Para encontrar diferencias entre los diámetros de las plantas producidas en charolas de diferente tamaño, se realizó una prueba de t-Student ($P \leq 0.05$). El análisis estadístico de la sobrevivencia en campo se realizó bajo un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los porcentajes de sobrevivencia de plántulas de pasto banderita siete meses después del trasplante. Se observó que en promedio sobre vivieron 95.7 % de las plantas producidas en charola de 200 cavidades (200-C), mientras que de las plantas producidas en charolas de 78 cavidades (78-C) sobrevivieron 96.5 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sobrevivencia siete meses después del trasplante en plántulas de pasto banderita producidas en envases de diferente tamaño.

Charola	% Sobrevivencia	EEM
200-C	95.7 ^a	0.85
78-C	96.5 ^a	0.64

^{a-b} Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias. ¹EEM = Error Estándar de la Media. ²200-C = charola con 200 cavidades, 78-C = charola con 78 cavidades.

Probablemente las altas tasas de sobrevivencia observadas, se deban a que las plántulas recibieron riegos auxilio para evitar estrés hídrico.

En el primer muestreo de los diámetros de macollo se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre las plántulas producidas en envases de diferente tamaño. Las plántulas 78-C tuvieron un diámetro promedio de 4.5 cm, en tanto que en las 200-C el promedio fue de 2.5 cm (Figura 1).

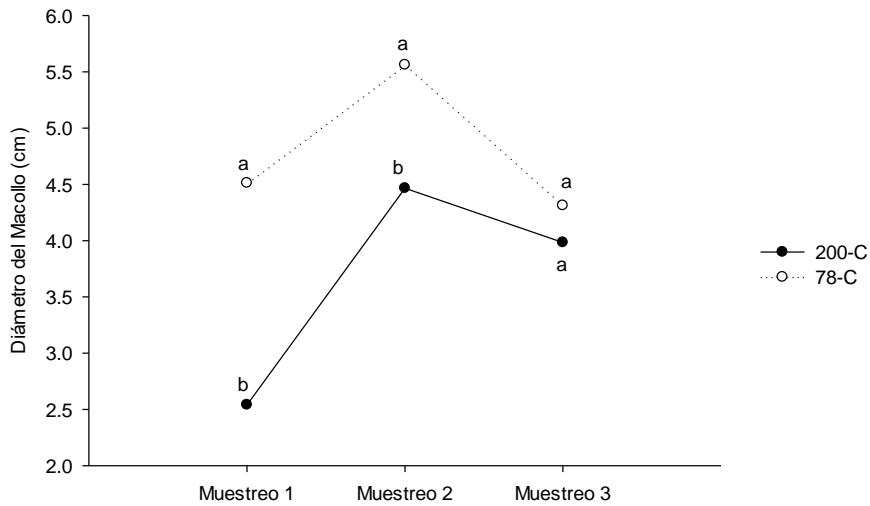


Figura 1. Diámetros promedio en plántulas de pasto banderita *var.* Diana.

En el segundo muestreo, los diámetros de los macollos también presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$). Las plantas 78-C mantuvieron un mayor diámetro (5.5 cm) en comparación con el observado en las plantas 200-C (4.4 cm). Como se observa en la Figura 1, para el tercer muestreo, las diferencias en los diámetros de las plantas producidas en envases de diferente tamaño no fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$).

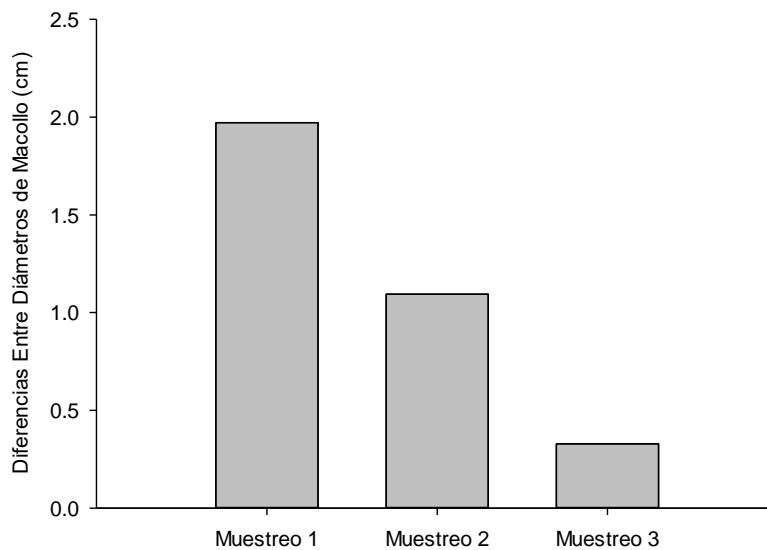


Figura 2. Diferencias promedio entre los diámetros de las plantas de pasto banderita *var.* Diana producidas en envases de 78 y 200 cavidades.

En la Figura 2 se muestran las diferencias encontradas entre los macollos de las plantas 200-C y 78-C a través de los diferentes muestreos. Se observa una disminución en la diferencia entre los diámetros, a tal grado que, en el tercer muestreo la diferencia no presenta significancia estadística.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el tamaño (volumen) de los envases en los que se produjeron las plántulas de pasto banderita *var.* Diana no afectan significativamente la supervivencia de las plántulas siete meses después del trasplante. Sin embargo, es importante señalar que la producción de las plántulas en envases de mayor volumen, incrementa los costos de producción en el vivero. Inicialmente, el volumen del envase favorece el desarrollo de las plántulas producidas en el de mayor tamaño, aunque, la aparente ventaja se disipa al momento del tercer muestreo (siete meses después del trasplante).

BIBLIOGRAFÍA

- Domínguez-Martínez, P.A., E. Basave-Villalobos, M. Velázquez-Martínez, R. Jiménez-Ocampo y J.A. Sigala-Rodríguez. 2016. Producción en vivero de plántula de gramíneas nativas para el establecimiento de semilleros. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico Núm. 82. ISBN 978-607-37-0697-1. 30 p.
- 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.
- Jones, J. B. 2005. The Plant Root: Its Roles and Functions, Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, CRC Press, Boca Raton Florida. USA. pp. 19-28.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- Valdés, J. e I. Cabral. 1993. Chronology of Mexican grasses. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. lot y J. Fa. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York, E.U.A. 439-446 pp.

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN MAÍZ CULTIVADO CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD

¹Pablo Alfredo Domínguez Martínez, ¹Hilario Flores Gallardo, ¹Rafael Jiménez Ocampo, ¹Rigoberto Rosales Serna y ¹Saúl Santana Espinoza

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5, Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

*dominguez.pablo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Se considera al maíz (*Zea mays* L.) como el cereal de mayor importancia a nivel mundial. En México, el maíz es el cultivo más importante por su valor alimentario, industrial, político y social (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016).

En Durango, el maíz es el cereal más cultivado en la superficie estatal. Durante el 2016 se sembraron 40,992 ha de maíz para la producción de forraje en condiciones de riego. Sin embargo, únicamente se cosecharon 40,823 ha. El rendimiento promedio de forraje verde producido bajo condiciones de riego en el estado de Durango, fue de 50 t ha⁻¹ (SIAP, 2017). En Durango, la tonelada de forraje verde de maíz tuvo un precio promedio de \$ 575.25 pesos durante el 2016 (SIAP, 2017).

En Durango, la irrigación de los cultivos de maíz forrajero generalmente se hace mediante riego por gravedad o rodado, a pesar de su baja eficiencia de conducción y distribución del agua (Flores-Gallardo *et al.*, 2014). Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar los rendimientos de forraje de dos híbridos de maíz cultivados con diferentes tratamientos de humedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango. El campo está ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango – El Mezquital, en el municipio de Durango, Dgo. a los a los 23° 59' 21" N y 104° 37' 33" O, con una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es de tipo franco, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 6.5 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo es 34 %, punto de marchitamiento permanente de 12 % y humedad aprovechable de 22 %. El clima es templado-semiárido, con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura [BS₁ kw (w) (e)], con un promedio anual de 17.4

°C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

Durante el ciclo primavera-verano 2015, se sembraron 12 surcos de dos híbridos comerciales de maíz (XR20A y XR21; Semillas CERES). La distancia entre surcos fue de 81 cm y entre plantas fue de 16.6 cm. Para la siembra se utilizó una sembradora neumática de precisión de la marca GASPARDO, que depositó la semilla a una profundidad de 8 cm. Todos los tratamientos fueron fertilizados con la dosis 180-90-00 (N, P y K; respectivamente), aplicada en dos partes (primera y segunda escarda). Para el control de malezas se aplicaron 900 g de atrazina ha⁻¹ en preemergencia al cultivo y dos escardas.

En ambos híbridos de maíz se aplicaron tres tratamientos de humedad. Los tratamientos consistieron en aplicar mediante riego por gravedad, el 100 % de la lámina de riego recomendada para el cultivo de maíz, 80 % y 60 % de la lámina recomendada. Con la finalidad de aplicar con mayor precisión los tratamientos de humedad, se utilizaron sifones para riego de 3.8 cm de diámetro (Figura 1).



Figura 1. Uso de sifones para aplicación de riego por gravedad en cultivo de maíz.

El muestreo para determinar los rendimientos de forraje verde y seco se realizaron cuando los granos de las mazorcas se encontraban en un estado lechoso-masoso (línea de leche a 1/3 del grano). Para ello se cortaron dos metros lineales en los dos surcos centrales de cada híbrido, dentro de cada tratamiento de humedad (parcela útil de 3.24 m²). Todas las plantas dentro de la parcela útil fueron cortadas a una altura de 20 cm. Cada muestra se pesó y etiquetó en campo, para posteriormente realizar el cálculo de rendimiento de forraje verde. Las muestras se picaron

en un molino de martillos con criba de 2 cm. El forraje picado se colocó en bolsas de papel, previamente identificadas y perforadas. Todas las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C, hasta que alcanzaron peso constante. Una vez que las muestras se secaron por completo, se registró el peso, para posteriormente calcular el rendimiento de forraje seco.

Los datos de rendimiento de forraje se analizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas. Para cada tratamiento de humedad se tuvieron ocho repeticiones. Se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el caso de rendimiento de forraje verde, se observó que el tratamiento del 60 % de la lámina de riego fue el que obtuvo el mayor rendimiento (Cuadro 1). El rendimiento de forraje del tratamiento irrigado con el 80 % de la lámina recomendada para maíz, fue estadísticamente igual al de los otros dos tratamientos. Contrario a lo que se esperaría, el tratamiento del 100 % de la lámina de riego fue el que produjo la menor cantidad de forraje verde.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje verde de maíz, en función de los tratamientos de humedad aplicados.

	Tratamiento de humedad			¹ EE	² P ≤
	100 %	80 %	60 %		
Forraje verde (t ha ⁻¹)	52.08 ^b	57.87 ^{ab}	62.88 ^a	2.09	0.007

^{a-b} Literales diferentes dentro de la fila denotan diferencias estadísticas entre los rendimientos de cada tratamiento de humedad ($P \leq 0.05$). Los valores que se presentan son el promedio de ocho observaciones por cada tratamiento de humedad. ¹EE = error estándar, ²P = probabilidad.

El tratamiento del 60 % presentó un rendimiento de forraje seco significativamente ($P \leq 0.017$) mayor al del tratamiento del 100 %. Mientras que el tratamiento del 80 % resultó estadísticamente igual a los tratamientos restantes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje seco de maíz, en función de los tratamientos de humedad aplicados.

	Tratamiento de humedad			¹ EE	² P ≤
	100 %	80 %	60 %		
Forraje seco (t ha ⁻¹)	13.69 ^b	14.82 ^{ab}	16.76 ^a	0.68	0.017

^{a-b} Literales diferentes dentro de la fila denotan diferencias estadísticas entre los rendimientos de cada tratamiento de humedad ($P \leq 0.05$). Los valores que se presentan son el promedio de ocho observaciones por cada tratamiento de humedad. ¹EE = error estándar, ²P = probabilidad.

Los resultados obtenidos de forraje verde y forraje seco indican que, la aplicación de láminas de riego de menor tamaño (60 y 80 % de la lámina recomendada), no afectan negativamente el rendimiento de los híbridos utilizados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que, es posible producir 7.87 a 12.88 t de forraje verde ha⁻¹ más que el rendimiento estatal promedio (50 t ha⁻¹). Además, se puede ahorrar 20 a 40 % del agua de riego que normalmente se aplica en los cultivos de maíz forrajero.

Se considera necesario continuar evaluando diferentes materiales bajo las condiciones de este trabajo para conocer su respuesta productiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Domínguez-Martínez, P.A., Rosales-Serna, R., Flores-Gallardo, H., Jiménez-Ocampo, R., y Santana-Espinoza, S. 2016. Productividad de especies forrajeras cultivadas bajo distintas condiciones de humedad en Durango. INIFAP – CIRNOC – Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico 83. ISBN: 978-607-37-0699-5. 28 pp.
- Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores-Magdaleno, H. Ojeda-Bustamante, W. y Ramos-García, C.R. 2014. Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. Rev. Méx. Cienc. Agríc. 5(2):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.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Cierre de la producción agrícola por estado (2016). http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Consultado el 01 de agosto de 2017).

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN CAMPO DE PLÁNTULAS DE PASTO NAVAJITA PRODUCIDAS EN ENVASES DE DIFERENTE TAMAÑO

**Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Erickson Basave Villalobos, Celi Gloria Calixto
Valencia, Rafael Jiménez Ocampo y Saúl Santana Espinoza**

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5, Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

*dominguez.pablo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento irracional o excesivo de los recursos forrajeros del agostadero no solo causa daños en la vegetación, sino que también daña el ecosistema, ya que aumentan los escurrimientos, se incrementa la tasa de erosión, ocurren cambios en el flujo de nutrientes, hay pérdida de la biodiversidad, se acelera el avance de especies exóticas, disminuye la producción y contenido de nutrientes del forraje, debido a la reducción en la cobertura de las especies nativas (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016).

Con la intención de desacelerar los daños que se ocasionan en los agostaderos, se han emprendido diversas acciones que tienen como finalidad promover la conservación y el establecimiento de pastos nativos (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016). Existe gran interés en repoblar los agostaderos con pastos nativos debido a su mayor adaptación edafoclimática y para no perturbar aún más estos ecosistemas con la introducción de especies exóticas (Valdés y Cabral, 1993). De ahí, la producción de plántula en sistema de envase en invernadero está adquiriendo importancia como eslabón clave para abastecer el material vegetal necesario para los trabajos de rehabilitación, esto como consecuencia de las ventajas que ha mostrado el establecimiento de plántulas en lugar de la siembra directa (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016). Sin embargo, la producción de las plántulas de pastos nativos requiere la implementación de técnicas adecuadas que permitan obtener plántulas vigorosas con buenas características morfológicas como follaje y cepellón bien desarrollados, puesto que el envase representa una barrera física que restringe el desarrollo y crecimiento de la raíz, y por ende, el crecimiento de toda la planta (Jones, 2005).

Definir un tamaño de envase es crucial para una producción de plántula de buena calidad. La calidad del cultivo es primariamente influenciada por las condiciones del medio de crecimiento. Si hay un volumen suficiente, la plántula podrá crecer adecuadamente sin comprometer su calidad y así tener un desempeño satisfactorio en campo.

Por lo anterior, en el presente trabajo se evalúa la supervivencia y crecimiento de plántulas de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) trasplantadas 60 días después de la siembra, para analizar la influencia del tamaño del envase y de esa manera definir un volumen apropiado para producir la especie en invernadero, la cual se distribuye de manera natural en el árido y semiárido mexicano y tiene una buena adaptación edafoclimática, excelente palatabilidad y un contenido nutricional alto (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016; Valdés y Cabral, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango. El campo está ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango – El Mezquital, en el municipio de Durango, Dgo. a los 23° 59' 21" N y 104° 37' 33" O, con una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es de tipo franco, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 6.5 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo es 34 %, punto de marchitamiento permanente de 12 % y humedad aprovechable de 22 %. El clima es templado-semiárido, con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura [BS₁ kw (w) (e)], con un promedio anual de 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

El 1 de agosto de 2016 se sembraron seis charolas de poliestireno con 78 cavidades (165 mL cavidad⁻¹) y seis charolas más con 200 cavidades (22 mL cavidad⁻¹). Las charolas se llenaron con sustrato a base de peat moss, corteza de pino compostada y perlita (en proporción 2:1:1, respectivamente). Dentro de cada cavidad se colocaron 35 mg de semilla de pasto navajita *var.* Cecilia, la cual fue inmediatamente cubierta con más sustrato. Una vez que la semilla fue cubierta, se aplicó un riego a saturación. Durante los primeros cinco días después de la siembra se aplicaron riegos a saturación diariamente para garantizar la germinación de la mayor cantidad de semilla posible. A partir del sexto día después de la siembra se aplicaron riegos a saturación en intervalos de dos días hasta el momento del trasplante.

El trasplante de las plántulas de pasto se realizó el 20 de octubre de 2016. La distancia entre plantas fue de 5 cm y 81 cm entre surcos. Al terminar el trasplante se aplicó un riego con una lámina aproximada de 10 cm. Diez días después del trasplante se aplicó un segundo riego con una lámina de alrededor de 10 cm. Posteriormente, los riegos se aplicaron en intervalos de 20 días con la misma lámina que en los riegos anteriores. Durante el periodo de estudio (octubre 2016 – mayo 2017) se aplicó la dosis de fertilización 21-00-00 utilizando sulfato de amonio

como fuente de nitrógeno (100 kg ha⁻¹). También, durante este periodo se realizaron cinco deshierbes manuales para mantener el lote libre de malezas.

Se determinó el porcentaje de sobrevivencia siete meses después del trasplante. Para ello se contabilizaron el número de macollos vivos en ocho metros lineales, divididos en segmentos de dos metros a lo largo de todo el surco. El diámetro basal de los macollos se utilizó como herramienta para monitorear el crecimiento de las plantas. Se realizaron tres muestreos aleatorios del diámetro basal de los macollos producidos en diferentes contenedores, considerando 160 plantas para cada tamaño de contenedor.

Para encontrar diferencias entre los diámetros de las plantas producidas en charolas de diferente tamaño, se realizó una prueba de t-Student ($P \leq 0.05$). El análisis estadístico de la sobrevivencia en campo se realizó bajo un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias estadísticas entre los porcentajes de sobrevivencia de las plantas de pasto navajita producidas en charolas con cavidades de diferente tamaño. En promedio sobrevivieron 96.2 % de plantas producidas en charolas de 200 cavidades (200-C) y 98.1 % de las plantas producidas en charolas de 78 cavidades (78-C) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sobrevivencia siete meses después del trasplante en plántulas de pasto navajita producidas en charolas con cavidades de diferente tamaño.

Charola	% Sobrevivencia	EEM ¹
² 200-C	96.2 ^a	1.6
78-C	98.1 ^a	1.1

^{a-b} Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias. ¹EEM = Error Estándar de la Media. ²200-C = charola con 200 cavidades, 78-C = charola con 78 cavidades.

Las altas tasas de sobrevivencia que se presentaron en las plantas producidas en los contenedores de diferentes tamaños, probablemente se deban a que las plántulas no sufrieron estrés hídrico a causa de los riegos de auxilio aplicados.

En la primera medición del diámetro de los macollos, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre las plántulas (Figura 1). La diferencia promedio entre los diámetros del primer muestreo fue de 1.97 cm (Figura 2).

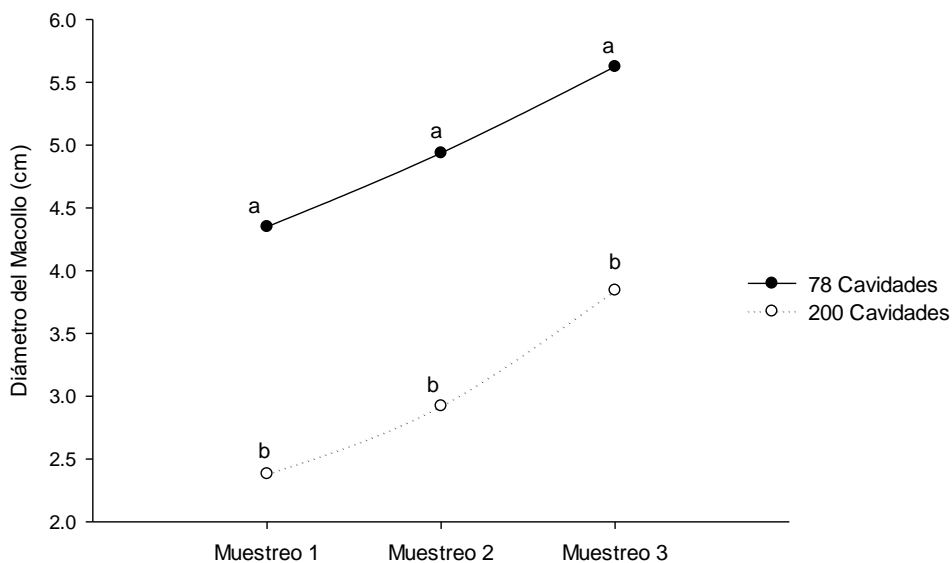


Figura 1. Diámetros promedio en macollos de plantas de pasto navajita var. Cecilia

Para el segundo muestreo el diámetro promedio en los macollos de plantas 78-C fue de 4.93 cm, mientras que el diámetro de las plantas 200-C fue de 2.92 cm (Figura 1). En el tercer y último muestreo se observó un incremento en el diámetro promedio de las plantas 200-C (3.84 cm), sin embargo, las plantas 78-C tuvieron un diámetro promedio de 5.62 cm por lo que la diferencia resultó altamente significativa ($P \leq 0.01$).

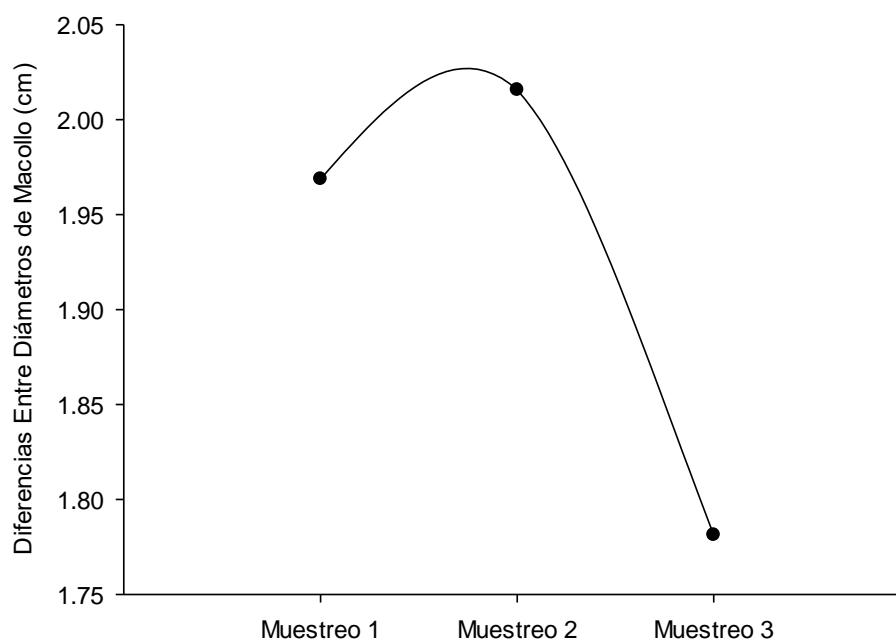


Figura 2. Diferencias promedio entre los diámetros de las plantas de pasto navajita *var.* Cecilia producidas en charolas de 78 y 200 cavidades.

En la Figura 2 es posible observar que a pesar de que las diferencias entre los diámetros fueron estadísticamente significativas, hubo una tendencia a que dichas diferencias se redujeran con el avance del tiempo. Lo anterior sugiere que las plantas 78-C mantuvieron un ritmo de crecimiento constante y que las 200-C posiblemente iniciaron un crecimiento más acelerado a partir del tercer muestreo.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el volumen (tamaño) de los envases en los que se produjeron las plantas de pasto navajita *var.* Cecilia no tiene efecto en la sobrevivencia en campo siete meses después del trasplante. No obstante, utilizar charolas con cavidades de mayor tamaño representa un incremento considerable en los costos de producción de plántulas de pasto navajita. El tamaño del contenedor sí afecta el desarrollo del macollo durante los primeros siete meses después del trasplante.

Se continuará con las mediciones de diámetro de los macollos con la finalidad de averiguar si la aparente superioridad se mantiene a través del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Domínguez-Martínez, P.A., E. Basave-Villalobos, M. Velázquez-Martínez, R. Jiménez-Ocampo y J.A. Sigala-Rodríguez. 2016. Producción en vivero de plántula de gramíneas nativas para el establecimiento de semilleros. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico Núm. 82. ISBN 978-607-37-0697-1. 30 p.
- 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.
- Jones, J. B. 2005. The Plant Root: Its Roles and Functions, Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, CRC Press, Boca Raton Florida. USA. pp. 19-28.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- Valdés, J. e I. Cabral. 1993. Chronology of Mexican grasses. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. lot y J. Fa. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York, E.U.A. 439-446 pp.

APORTE DE MICRONUTRIENTES EN COMPOSTA A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE ENGORDA Y RASTROJO DE MAÍZ.

Maria del Rosario Jacobo Salcedo¹, Uriel Figueroa Viramontes², Lourdes Lucia López Romero³, Arcadio Muñoz Villalobos¹

¹ INIFAP. Centro Nacional de Investigaciones Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta y Atmosfera. Margen Derecho Canal Sacramento, Gómez Palacio Durango. CP 35140; ² INIFAP Centro de Investigaciones Regional Norte Centro. Matamoros Coahuila, Blvd. José Santos Valdez No. 1200, Centro. CP27440; ³ CIMAV-Durango. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Calle CIMAV No.110, Ejido Arroyo Seco, Durango, Dgo. CP 34147.

e-mail: jacobo.rosario@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad agrícola se encuentra cimentada en el grado de fertilidad del suelo, la calidad de este recurso permite hacer frente a los retos internacionales para mejorar la seguridad alimentaria en todo el mundo (FAO, 2013). La producción Agrícola emplea el 11% de la superficie del mundo, esta generación de cultivos recurrentes y la sobreexplotación de suelos ha causado la degradación de la tierra y por consecuencia el deterioro de los ecosistemas(FAO, 2011). Los abonos orgánicos se consideran en la actualidad como una opción de gran valor para la sostenibilidad del recurso suelo; su explotación ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos. El manejo adecuado de abonos orgánicos ha apoyado el desarrollo de la agricultura orgánica que se considera como un sistema de producción agrícola orientado a la obtención de alimentos de alta calidad nutritiva sin el uso de agentes químicos. Los productos obtenidos bajo este sistema de agricultura consideran un sobreprecio por la calidad nutracéutico y escasos o nulos contaminantes (Trinidad Santos, 2007).

El reusó de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria o silvoagropecuaria, convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico, mejorando de esta manera la rentabilidad de la producción. El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente (FAO, 2013). La aplicación de materia orgánica de cualquier fuente genera una innumerable serie de mejoras en el suelo como reservorio de la misma desde aumentar la capacidad de retención de humedad, reducir el riesgo de erosión, aportando macronutrientes y micronutrientes, entre otros.

Los micronutrientes como Cu, Fe, Zn, Mn y B están implicados en prácticamente todas las funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas, como el medio energético, el metabolismo primario y secundario, la regulación de genes de biosíntesis de proteínas y diversos procesos de señalización y transducción celular (Mochida y Shinozaki, 2017). A pesar de que las plantas requieren de bajas concentraciones de micro elementos, en suelos alcalinos, estos se presentan en una baja disponibilidad a los cultivos, debido a que forman compuestos poco asimilables (Miller y Donahue, 1995).

Figuroa-Viramontes *et al.*, (2010) reportan que en la Comarca Lagunera anualmente se generan 925,000 toneladas de estiércol en base a materia seca (MS). El estiércol que se genera en las unidades de producción tiene la posibilidad de ser usado como abono orgánico o posterior a un proceso de composteo de esta manera se puede tener un reciclaje de nutrientes y se evita la contaminación de los mantos acuíferos por lixiviación de nutrientes mejorando la calidad del suelo para uso agrícola. Por lo que este trabajo tiene como objetivo evaluar diferentes proporciones de composteo para la producción de una composta de mejor calidad en relación con su aporte de micronutrientes al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera (CENID RASPA-INIFAP). Este se ubica en Km 6.5 del margen Derecho Canal Sacramento en Gómez Palacio, Durango. El proceso experimental constó del establecimiento de un sistema de composteo aeróbico empleando diferentes materiales, cada tratamiento se hizo con una pila de varias capas de rastrojo de maíz y de estiércol de ganado de engorda. Posteriormente, se mezclaron hasta formar un montículo o pila de composteo sobre plástico. Cuando se tubo formada la pila se cubrió con un plástico para evitar malos olores, producción de vectores y proteger la composta de la lluvia para evitar que absorba exceso de humedad, así como la pérdida agua por evaporación directa, además permite mantener las temperaturas.

Para lograr que el proceso de composteo funcionara en forma óptima se buscaron materiales que al combinarse mostraran una buena relación de carbono-nitrógeno ya mezclados, además que la mezcla tuviera una aireación adecuada y una humedad equilibrada con la proporción de porosidad en la pila durante las primeras fases del proceso (Sánchez et al, 2008).

Los tratamientos evaluados consistieron en dos fuentes; 1) estiércol de bovino de engorda (E); y 2) rastrojo de maíz (R) y cuatro proporciones de los mismos con relación al estiércol: T1: 100 %

E + 0 % R; T2: 75 % E + 25% R; T3: 50% E + 50% R; T4: 25% R + 75 % R. Dichas mezclas fueron establecidas como pilas a cielo abierto, con riegos y volteos periódicos según las necesidades observadas. Los tratamientos se arreglaron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental fue la pila de composta. Para los análisis químicos las muestras pasaron por un proceso de molienda, posteriormente se realizó una digestión húmeda $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (6:4). La concentración de micronutrientes se cuantificó por Absorción Atómica (AA 700, Perkin Elmer). Por otra parte, Boro se determinó por el método colorimétrico de Azometina H.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados a los tratamientos empleados para el presente trabajo muestran que en cuanto al contenido de Fe y B no se manifiesta una diferencia significativa entre el contenido de estos elementos en cuanto a la variación de las proporciones de cada sustrato que constituyen la composta generada (Tabla 1). Así mismo es posible visualizar en los resultados obtenidos que la fuente de micronutrientes es el estiércol empleado y que la estabilidad de estos elementos durante el proceso de composteo no varía significativamente.

Tabla 1. Análisis de Varianza y prueba de Tukey en contenido de micro nutrientes de los tratamientos de composteo.

	Microelementos				
	Fe $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g g}^{-1}$	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Mn $\mu\text{g g}^{-1}$	B $\mu\text{g g}^{-1}$
Tratamiento 1	1728.90 a	357.75 a	170.75 a	189.75 a	62.00 a
Tratamiento 2	1677.34 a	349.75 ab	148.75 a	174.50 ab	63.50 a
Tratamiento 3	1657.03 a	327.75 ab	118.50 b	156.50 bc	45.25 a
Tratamiento 4	1654.68 a	308.75 b	83.25 c	130.50 c	49.50 a

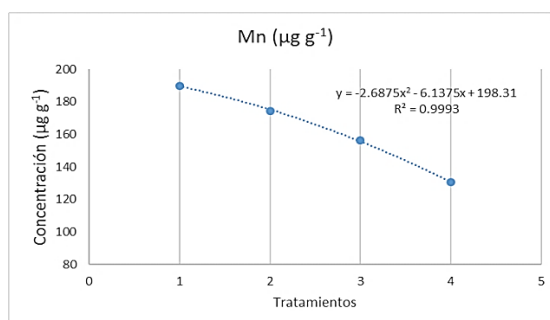
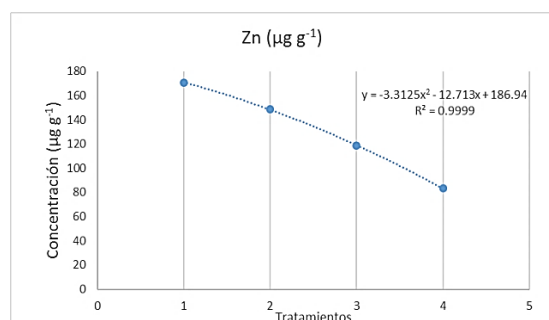
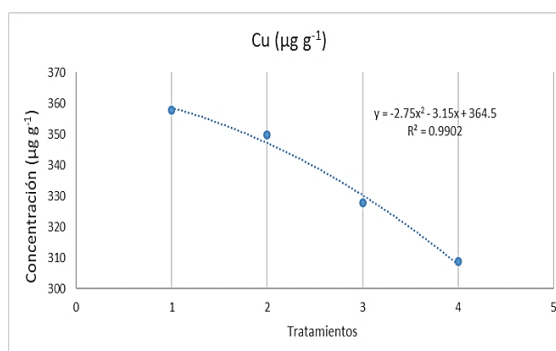
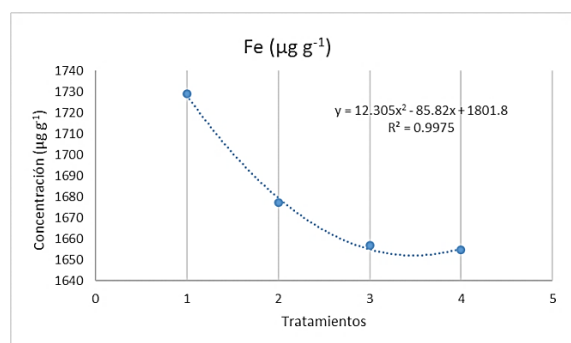
El comportamiento de los elementos menores analizados en los diferentes tratamientos de composta responde a un modelo polinómico de segundo orden que responde a la concentración del elemento bajo las proporciones de los componentes composteados. La disponibilidad de los elementos radica en el proceso de desdoblamiento de los complejos de la materia orgánica en donde se puede dejar de una forma disponible los complejos minerales para su aprovechamiento por los cultivos.

De acuerdo al compendio de datos que presenta Trinidad Santos (2007) las concentraciones de Zn es de 235 ppm, Mn de 265 ppm y Fe de 3000ppm en composta. Lo cual muestra que las

concentraciones generadas en este estudio son entre el 30-50 % menores que los reportes presentados. En donde se deja ver la grandes fluctuaciones que se pueden presentar principalmente debido al tipo de alimentación del ganado del cual se obtenga el estiercol a compostear.

El trabajo publicado por Salcedo-Pérez *et al.*, (2007), reporta como elementos potencialmente tóxicos Cu en una concentración de 383.4 mg/Kg y Zn en 539.9 mg/kg. Estos nutrientes en conjunto con otros no afectaron el desarrollo del cultivo de maíz por el contrario se observó una diferencia significativa entre la producción de forraje y el rendimiento entre el testigo y los tratamientos con el abono orgánico. En relación con lo encontrado en este estudio se pudo observar una concentración de Cu entre los 360-310 $\mu\text{g/g}$ mientras que para Zn 170-80 $\mu\text{g/g}$ lo que refleja concentraciones inferiores a las reportadas en otros estudios con abonos orgánicos.

La toxicidad dada por un elemento menor se da por la capacidad de concentración y fijación a las arcillas, generalmente estos elementos no se lavan o lixivian tan rápidamente. La EPA en el "Biosolids Management Hand Book" se indican concentraciones toxicas de Biosólidos y los niveles tóxicos acumulados anuales, en donde Cu tiene un límite de 1500 mg/Kg y 75 Kg/ha/año y en Zn 2800 mg/Kg y 140kg/ha/año. Considerando lo anterior, en primer lugar, es importante establecer que basados en los criterios indicados la composta generada a partir de los diferentes tratamientos cumple con la normativa y se encuentran muy por debajo de los límites indicados.



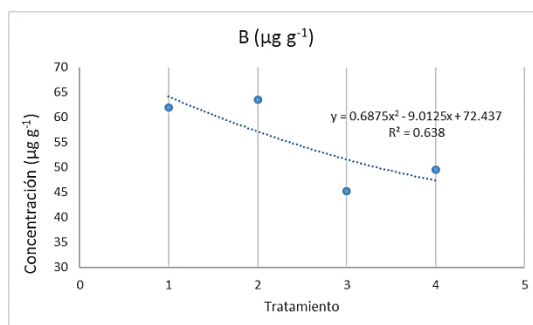


Figura 1. Contenido de Microelementos en los diferentes tratamientos de Composteo.

Un gran número de estudios realizados con el objetivo de evaluar la factibilidad de emplear estiércol, compostas u otros productos orgánicos como mejoradores del suelo y para aportar las dosis de fertilización para un determinado cultivo principalmente se enfocan en el aporte de Ntotal para el cultivo dejando de lado los otros componentes químicos que constituyen este tipo de mejoradores de suelo. Los aportes de diferentes estudios como Figueroa et al., 2009, Olivares-Campos, et al., (2012), Saldaña et al., (2014) entre muchos otros manifiestan la capacidad de las compostas de suplir las necesidades químicas de los cultivos sin mermar su productividad.

CONCLUSIONES

Los resultados observados a partir de los diferentes tratamientos de composteo que se llevaron a cabo es posible indicar que las compostas generadas aportan una concentración favorable de micro nutrientes para el desarrollo de diferentes cultivos. Considerando los aportes nutrimentales de esta se puede mitigar la aplicación de componentes químicos adicionales y colateralmente se realiza una producción más sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. (2011). The state of the world's land and water for food and agriculture (SOLAW). (F. and A. O. of the U. Nations, Ed.).
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Figueroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J., Delgado, J. A., Núñez-Hernández, G., Reta-Sánchez, D., Quiroga-Garza, H., & Faz-Contreras, Rodolfo, Márquez-Rojas, J. L. (2010). Dairy Manure on Yield and Apparent Nitrogen Recovery in Silage Corn. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361–369.
- Miller, R. W., & Donahue, R. L. (1995). *Soils in our environment* (Prentice h).
- Mochida, K., & Shinozaki, K. (2011). Advances in Omics and Bioinformatics Tools for Systems Analyses of Plant Functions. *Plant and Cell Physiology*, 52(12), 2017–2038. <http://doi.org/10.1093/pcp/pcr153>
- Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta Y Composta De Estiércol De Ganado Vacuno Lechero Como Fertilizantes Y Mejoradores De Suelo. *Universidad Y Ciencia*, 28(1), 27–37. Retrieved from www.universidadyciencia.ujat.mx

- Salcedo-Pérez, E., Vázquez-Alarcón, A., Krishnamurthy Rediar, L., Zamora-Natera, F., Hernández-Álvarez, E., & Rodríguez Macías, R. (2007). En Suelos Volcánicos De Uso Agrícola Y Forestal En. *Interciencia*, 32, 115–120. Retrieved from http://www.interciencia.org/v32_02/115.pdf?q=lodos
- Saldaña Y Hernández, M. I., Álvarez, R. G., Rivera Cruz, M. D. C., Solís, J. D. Á., García, C. F. O., & Fernández, J. M. P. (2014). Efecto de abonos orgánicos en la dinámica microbológica del suelo y producción de *Alpinia purpurata* (Vieill) K. Schum. *Interciencia*, 39(11), 809–815. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202014000200008>
- Trinidad Santos, A. (2007). Abonos orgánicos. Sistema de Agronegocios Agrícolas. Retrieved from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos organicos.pdf>

RENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PINO DE NAVIDAD Y CULTIVOS ANUALES EN DURANGO, MÉXICO

Mercedes Borja Bravo¹, Rigoberto Rosales Serna², Sergio Arellano Arciniega³, Miguel Ángel Sigala Rodríguez² y Sergio Rosales Mata²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671. Correo electrónico: borja.mercedes@inifap.gob.mx. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carretera Durango- El Mezquital, Durango, Dgo. México. C. P. 34170. ³Universidad Autónoma de Aguascalientes. Estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas. Carretera a la Posta km. 3, Jesús María, Ags. C.P. 20900.

INTRODUCCIÓN

El estado de Durango se caracteriza por su vocación forestal, propiciada por la presencia de una gran diversidad de vegetación y una superficie forestal de 8.5 millones de hectáreas, de las cuales 5.7 millones se conforman por bosques y selvas, que cubren el 40% de la superficie del estado (Madrid y Barrera, 2008; López, 2012). La perturbación del bosque templado, la demanda generada por la industria y el fortalecimiento de la actividad turística en Durango han orillado a la ampliación de las áreas dedicadas al establecimiento de plantaciones forestales de tipo comercial.

En los últimos años se incrementaron los subsidios federales para el establecimiento de plantaciones forestales, las cuales están encaminadas a la obtención de diferentes productos industriales como son: madera, leña, árboles de navidad, astilla y biomasa útil en la elaboración de pulpa para papel. En 2015, se registró en Durango un total de 1,866 ha de terrenos agrícolas utilizados para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de pino (*Pinus greggii* y *P. engelmannii*) (CONAFOR, 2012).

Uno de los sistemas agroforestales (SAF) con posibilidades para su implementación en Durango es el simultáneo (López, 2007). En este esquema se incluye el sistema de plantación de árboles de pino (*P. greggii*) de navidad intercalados con cultivos anuales. Este sistema es conocido como cultivo en callejones en forma simultánea y continua, donde los árboles se podan para evitar el sombreado excesivo de los cultivos y los residuos se utilizan como abono para mejorar la fertilidad del suelo (López, 2007). En México, existe una demanda insatisfecha de árboles de navidad de origen natural, la cual puede ser atendida con plantaciones especializadas (Jiménez *et al.*, 2009). La producción de árboles de navidad es un negocio atractivo y rentable que permite la incorporación de un producto secundario (Zamora, 2015). Estas aseveraciones vislumbran la posibilidad de generar un producto que tiene un amplio mercado potencial en México.

En la actualidad los sistemas agroforestales han llamado la atención porque incrementan el rendimiento por unidad de superficie y adicionalmente fomentan la biodiversidad y estabilidad productiva frente al cambio climático (Mosquera *et al.*, 2015). Además, los sistemas agroforestales demostraron su capacidad para favorecer la eficiencia en la producción agrícola, sin descuidar los servicios ambientales, entre los que se incluye la captación, infiltración y provisión de agua, mitigación de los efectos negativos del cambio climático, retención y formación del suelo y belleza escénica.

Antes del establecimiento de un sistema agroforestal se debe evaluar la rentabilidad financiera, la cual debe considerar aspectos particulares del manejo de los árboles y cultivos agrícolas. Además, es necesario analizar la obtención y venta de diferentes productos, con la finalidad de proporcionar información que sustente la toma de decisiones por parte de los productores y que con ello se garantice que se recuperará la inversión. La implementación de un sistema viable, desde el punto de vista financiero, contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción y al mismo tiempo se incrementa el nivel de vida de la población rural.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la rentabilidad financiera de dos sistemas agroforestales en los que se incluyeron una especie de pino (*P. greggii*) para árbol de navidad y cultivos agrícolas, como frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*). Se consideró una variedad de cada especie agrícola, mismas que fueron comparadas con la rentabilidad obtenida en el sistema tradicional de monocultivo, que es utilizado de forma común en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación financiera de los sistemas agroforestales se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP, en Durango, México. Durante 2015 se utilizó un lote experimental plantado con *P. greggii*, de ocho años de edad. La plantación forestal comercial fue establecida con una densidad poblacional de 2,222 árboles ha⁻¹, con separaciones de 1.5 m entre árboles y 3 m entre hileras.

En los callejones que se formaron entre las hileras de árboles se establecieron dos especies agrícolas: maíz para grano (cv. CAFIME) y frijol (cv. Pinto Saltillo). Ambas especies se sembraron el 24 de junio, a hilera sencilla, en surcos con 0.81 m de separación. Se aplicó fertilización química conforme a la dosis recomendada para cada cultivo: 40-40-00 (N, P₂O₅ y K₂O) para maíz y 35-50-00 para frijol. Se aplicaron dos riegos de auxilio y el control de la maleza se realizó con dos cultivos mecanizados (escardas) y dos deshierbes manuales. Las labores mecanizadas que se realizaron durante el proceso productivo incluyeron el barbecho,

dos pasos de rastra, siembra y dos escardas. Se asperjó insecticidas para el control de larvas y adultos de conchuela (*Epilachna varivestis*).

Los pinos fueron fertilizados, podados y se deshieron manualmente en dos ocasiones, durante el periodo de lluvias (julio-octubre).

En los sistemas agroforestales se tomaron registros de la cantidad y costos de las actividades e insumos utilizados, dichos datos fueron capturados en una base de datos. En la evaluación de la rentabilidad de los sistemas agroforestales pino- maíz y pino-frijol se realizó un análisis financiero (Gittinger, 1982), para lo cual se consideró el costo de inversión que se desglosó en costos fijos y costos variables para el establecimiento de cada sistema agroforestal. Posteriormente, se calcularon los indicadores: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo (R B/C), mismos que se describen a continuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FI - FC}{(1 + i)^n}$$

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{FI - FC}{(1 + i)^n} = 0$$

$$R\ B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FI}{(1 + i)^n}}{\sum_{i=1}^n \frac{FC}{(1 + i)^n}}$$

Donde FC es el flujo de costos de producción o costo anual del sistema agroforestal; FI es el flujo de ingresos o beneficio anual del sistema; i es la tasa de actualización y n el número de años de la plantación. Los FC y FI se estimaron a partir de los coeficientes técnicos por hectárea del paquete tecnológico propuesto.

El rendimiento se obtuvo de las parcelas experimentales establecidas con pino- frijol y pino-maíz. En los cálculos económicos se utilizó el precio medio rural de venta reportado por el SIAP (SIAP, 2016) para grano de maíz y frijol. Al precio medio rural del grano de frijol se le sumaron 2 pesos por kg, correspondiente al subsidio otorgado por ASERCA a los productores durante 2015, para garantizar un precio de venta del productor de \$ 10 kg, mismo que fue considerado como precio del frijol producido en Durango. Algunos precios como el costo de las plantas, fertilizantes y plaguicidas fueron obtenidos de viveros y empresas comercializadoras de productos agrícolas.

Los costos de establecimiento, de producción e ingresos correspondieron a un periodo de vida del proyecto de 6 años, por lo cual se llevaron a valor presente, aplicando una tasa de actualización de 10.4 % que es la propuesta por el Banco Mundial y se considera como el costo de oportunidad del capital para proyectos de inversión pública en México (Coppola *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que para una plantación de *P. greggii* se requiere de una inversión de poco más de 24 mil pesos por ha y esto implica la preparación del terreno, plantación de los árboles, fertilización y otros gastos como combustible y análisis de suelo. Los rubros donde mayor inversión se requiere son el material vegetativo y fertilización.

Cuadro 1. Costos de establecimiento de una plantación de *Pinus greggii* en Durango, 2015.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario	Total
Subsuelo	Labor	1	600.00	600.00
Traza	Jornales	4	180.00	720.00
Bordeo	Labor	1	600.00	600.00
Material vegetativo	Unidades	2222	4.00	8,888.00
Plantación	Jornales	24	180.00	4,320.00
Fertilización	Dosis/planta	2222	3.05	6,772.66
Aplicación de fertilizantes	Jornales	4	180.00	720.00
Combustible	Litros	80	13.56	1,084.80
Análisis de suelo	Servicio	1	500.00	500.00
Total				24,205.46

Fuente: Elaboración con datos obtenidos en campo.

En el Cuadro 2 se presentan las inversiones que se realizaron para el establecimiento de un sistema agroforestal pino- maíz y pino- frijol. Para establecer un sistema pino más frijol o maíz grano, el costo de inversión se ubicaría en 38 mil pesos por ha en el primer año.

Cuadro 2. Costos de establecimiento de los sistemas Agroforestales en el año cero.

Concepto	Maíz	Frijol
	\$ ha ⁻¹	
Control de plagas y enfermedades	233	233
Semilla	200	480
Material Vegetativo	8,888	8,888
Fertilizantes	8,108	8,108
Labores mecanizadas	3,900	3,900
Mano de obra	14,400	12,420
Cosecha y acarreo de grano/forraje	500	1,400
Riego	566	849
Combustible	1,085	1,085
Análisis de suelo	500	500
Total	38,379	37,862

Fuente: elaboración con datos obtenidos en campo.

En cuanto a los costos de operación, en el año 1 son menores debido a que la plantación está en crecimiento y no hay producción; sin embargo, los árboles se deben mantener en condiciones apropiadas de sanidad. A partir del tercer año, la plantación necesita de mayor inversión en mano de obra, la cual se utiliza principalmente en deshierbes y podas de formación del árbol para darle el aspecto de cono que requiere para su la comercialización como árbol de navidad. Los árboles demandan una mayor cantidad de fertilizante, por lo que este rubro para el sexto año de vida útil de la plantación sufriría un incremento de 40%. A partir del quinto año, se estimó que el 75% de los árboles se pueden comercializar, lo que implicaría que el corte, embalaje y de los árboles representarían el 56% de los costos en los últimos dos años de vida del proyecto.

En el Cuadro 3 se muestran los indicadores financieros evaluados en los dos sistemas agroforestales. Los datos revelan que, si un productor optará por un sistema agroforestal de pino de navidad con maíz para grano "CAFIME" o frijol Pinto Saltillo obtendría ganancias, ya que ambas especies son rentables en un esquema Agroforestal. Por cada peso invertido en el SAF, los productores incrementarían sus beneficios económicos entre 38 y 48 % y podrían contratar un crédito y pagar una tasa de interés entre 19.7 y 32.8 % superior al costo de oportunidad del capital.

Cuadro 3. Indicadores de rentabilidad de los sistemas agroforestales de pino para navidad y frijol o maíz.

Sistema Agroforestal	Rendimiento cultivo kg ha ⁻¹	Rendimiento de pino Unidades anuales	R B/C	TIR (%)	VAN (\$)
Pino - Maíz CAFIME	808	1,000	1.38	30.1	62,677
Pino - Frijol Pinto Saltillo	755	1,000	1.48	38.7	80,853

Fuente: elaboración con datos obtenidos de la corrida financiera.

Con respecto al indicador VAN, este fue mayor a cero e indica que los productores recuperarían su inversión y obtendrían ganancias, por lo que el proyecto es factible de realizarse. Según los resultados los sistemas agroforestales intercalados con maíz y frijol, representan para los productores de maíz, frijol y pino navideño una alternativa de producción y la oportunidad de aprovechar de manera eficiente sus recursos.

CONCLUSIONES

El maíz CAFIME y frijol Pinto Saltillo son variedades que mostraron tener capacidad de adaptación y respuesta positiva para ser utilizadas en un sistema agroforestal con pino de navidad. Estos sistemas son rentables y representan una oportunidad para los productores agrícolas y forestales del estado de Durango, ya que bajo estos esquemas pueden conservar su tradición productiva y aprovechar los recursos forestales con mayores ganancias económicas. Adicionalmente, estos sistemas aportan beneficios ambientales como la captura de CO₂ y de paisaje (recreación), que son servicios de suma importancia y que representan mercados potenciales a nivel nacional e internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales: a 15 años de su creación. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/43/6042Programa%20de%20Desarrollo%20de%20Plantaciones%20Forestales%20Comerciales.%20A%2015%20a%C3%B1os%20de%20su%20creaci%C3%B3n.pdf>. Consultado en octubre de 2016.
- Coppola, A.; F. Fernholz, and G. Glenday. 2014. Mexico: Estimation of the economic opportunity cost of capital for public investment projects. The World Bank. Policy Research Working Paper 8616. Washington, D C. 83 p.

- Espinosa G., J. A.; J. Uresti G.; A. Vélez I.; G. Moctezuma L.; H. D. Inurreta A. y S. F. Góngora G. 2015. Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1051-1063.
- Gittinger, J. P. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico (IDE). Banco Mundial. Tecnos Madrid, España. 241 p.
- Jiménez M., G.; R. Rodríguez H. y M. A. Pérez T. 2009. El mercado potencial de árboles de navidad naturales. *Naturaleza y Desarrollo* 7: 23-32.
- López T., G. 2007. Sistemas agroforestales 8. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Puebla, Méx. 8 p.
- López, A. 2012. Deforestación en México: un análisis preliminar. Centro de Investigación y Docencia Económicas A. C. (CIDE). Disponible en: http://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Deforestacion_en_Mexico_un_analisis_preliminar.pdf. Consultado en octubre de 2016.
- Madrid, L. y J. M. Barrera. 2008. El aprovechamiento forestal en Durango. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A. C. Disponible en: http://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/sintesis_durango5.pdf. Consultado en octubre de 2016.
- Mosquera L., M. R.; G. Moreno; J. J. Santiago F.; N. Ferreiro D. y A. Rigueiro R. 2015. Sistemas agroforestales y PAC. *Ambienta* 112: 110-124.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. (Servicio http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do). Consultado 26 de octubre de 2016.
- Zamora M., M. C. 2015. Producción de árboles de navidad. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(32): 4-6.

LOS EFECTOS DEL TIPO DE CAMBIO EN LA COMPETITIVIDAD DE LA GUAYABA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO.

Mercedes Borja Bravo¹, Raúl Vidal García Hernández¹, Silvia Xochilt Almeraya Quintero², Sergio Arellano Arciniega³ y Lenin Gerardo Guajardo Hernández².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: borja.mercedes@inifap.gob.mx. ²Colegio de Postgraduados. Estudios del Desarrollo Rural. Km. 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Universidad Autónoma de Aguascalientes. Estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas. Carretera a la Posta km. 3, Jesús María, Ags.

INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava*) es una de las frutas con gran aceptación en el sector agroalimentario de México, por su alto contenido en vitamina C y compuestos fenólicos. En el periodo de 2012 a 2015 la superficie sembrada de guayaba en el país fue de 21.15 mil ha, con producción de 297.65 mil t (SIAP, 2015). La producción de Aguascalientes se desarrolla en el municipio de Calvillo, catalogada como la región pionera del país en la producción comercial de guayaba. Datos del SIAP (2015), indican que de 2012 a 2015, este frutal ocupó 6,256 ha en Aguascalientes, lo cual es 29.6% de la superficie nacional plantada. En ese mismo periodo se produjeron, en promedio, 94.87 mil t de guayaba con un valor comercial de 361.82 millones de pesos, equivalente al 27.9 % del valor de la producción nacional de guayaba, y el 15.16 % del valor de la producción del sector agrícola de la entidad.

La cadena productiva de guayaba de Aguascalientes, social y económicamente es la más importante en la entidad; sin embargo, la permanencia de esta fruta en el mercado depende de la competitividad que tenga para mantenerse en el gusto de los consumidores, garantizar el acceso más amplio y mantener las cuotas de mercado obtenidas hasta hoy. La competitividad es la capacidad de un producto por participar con éxito en el mercado de acuerdo a los precios existentes en éste y aumentar su participación (Contreras, 1999), a lo que contribuyen factores como: a) las ventajas comparativas asociadas a las condiciones naturales favorables y menores costos relativos en la producción; b) infraestructura y costos de transporte y comercialización; c) la estacionalidad de la producción y el mercado; d) la relación competitividad-precio en los mercados externos, la cual se ve influenciada por la tasa de cambio; e) las políticas gubernamentales (Contreras, 1999; Avendaño y Schwentesius, 2005). A estos factores se suman la calidad, inocuidad, sanidad y diversificación del producto, así como servicios de certificación y exigencias en materia ambiental (Regúnaga *et al.*, 2008).

El tipo de cambio es la variable principal en la escala macro de la competitividad, porque se relaciona con la forma en que dicho instrumento de política puede alterar los precios de las importaciones y exportaciones de un país generando y restando competitividad, según las modificaciones que sufra (Norton, 2004).

En los últimos tres años el tipo de cambio en México ha mostrado una tendencia al alza, en el 2014 la tasa cambiaria promedio anual fue 13.35 \$ dólar y en 2015 esta se ubicó en 15.81 \$ dólar, que fue un incremento del 19.4%, en 2016 fue de 18.19 \$ dólar y de enero a junio de 2017 de 19.19 \$ dólar que significan incrementos de 17.3 y 20.41% con respecto al tipo de cambio de 2015 (BANXICO, 2017). Estos cambios son significativos para la economía y el sector agrícola del país, por un lado, afectan negativamente los precios de los insumos agrícolas que se adquieren de otros países; pero también afecta positivamente el precio de los productos de exportación que México realiza. En el caso de la guayaba de Aguascalientes, es un sector que mantiene exportaciones de la fruta con el mercado estadounidense y a la par utiliza insumos agrícolas que provienen de los mercados externos. Ante esta situación, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que han tenido los incrementos del tipo de cambio en la competitividad de la guayaba de Aguascalientes y determinar los efectos que la política cambiaria ha ocasionado en dicho subsector.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Calvillo, Aguascalientes fue el área de estudio considerada en esta investigación, el cual se localiza en la parte suroeste del estado y representa el 16 % del territorio estatal. Para lograr el objetivo planteado se utilizó la metodología de la matriz de análisis de política desarrollada por Monke and Pearson (1989), con la cual se realizó un análisis sobre los presupuestos a precios privados y económicos. Además, se midió el impacto que provocó el incremento del tipo de cambio en la competitividad de la guayaba.

Para elaborar la MAP se recopiló información sobre coeficientes técnicos y precios a través de una encuesta aplicada a 28 productores de guayaba en Calvillo, durante octubre y noviembre de 2015. El análisis de la información consistió en estructurar las matrices de coeficientes técnicos y precios de mercado y económicos. En la de coeficientes técnicos se identificaron los bienes comerciables, actividades y productos, se utilizó el promedio de los bienes consumibles, número de jornales y cantidad de riegos, para los bienes de capital se tomó la moda como unidad de medida central. Los precios de mercado de los bienes comerciables y equipo provinieron de la encuesta y de consultas hechas a distintas empresas comercializadoras de insumos agrícolas y maquinaria de la región; el precio del jornal y costo del agua de riego los

proporcionaron los productores. Con base a la metodología propuesta por Salcedo (2007), se calcularon los precios de paridad de importación principalmente para fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, fungicidas, equipo agrícola como fumigadora manual y de motor, desbrozadora y equipo de bombeo. Para la estimación de los precios de paridad de importación se usaron los precios FOB (Free On Board) reportados por la Comisión Internacional de Comercio de Estados Unidos (USITC, 2015) y el Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI) (SE, 2017), después se calculó el precio CIF (Cost, Insurance and Freight), donde se consideró el costo de transporte marítimo de los fertilizantes que se obtuvo de cotizaciones realizadas a empresas de transporte marítimo internacional con puntos de salida en Florida y Miami y punto de llegada al puerto de Veracruz; también se calculó el costo de transporte ferroviario desde Veracruz a Aguascalientes, para ello se consultaron las tarifas y distancias de ferrocarril mexicano S. A. de C. V. (FERROMEX). En el caso del equipo y sistema de riego se estimó el costo por recuperación a precios de mercado y económicos. Para la conversión a moneda nacional se utilizó el tipo de cambio de equilibrio (TCE) calculado para el periodo 2010 a 2015 que fue el año base y para 2016 (escenario). El TCE se estimó con el método de la paridad del poder de compra (PPP) (Lara- Covarrubias *et al.*, 2003), para lo cual se empleó el tipo de cambio nominal (BANXICO, 2017) y el Índice de Precios al Consumidor de México y Estados Unidos (INEGI, 2016). El tipo de cambio de equilibrio fue de 13.16 \$/UDS, con un margen de sobrevaluación de 3.77 % de enero de 2010 a diciembre de 2015, el TCE de 2016 fue de 17.46 \$/UD.

El precio económico de la guayaba se estimó con el precio de paridad de exportación (Salcedo, 2007), se partió del precio CIF reportados por la USITC (2015) colocado en McAllen Texas, USA., a este se le descontó el costo de transporte, seguro y costos generados por la irradiación de la fruta y transporte local de las huertas a los empaques, la información fue proporcionada por las empresas empacadoras de guayaba que se localizan en el municipio de Calvillo.

Se utilizó el salario que paga la industria como el precio de oportunidad de la mano de obra, el cual fue de \$153.85 por una jornada de 8 horas. Adicionalmente, al costo del pago de agua de riego se incrementó el subsidio otorgado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación dentro del Programa especial de energía para el campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola (SAGARPA, 2016).

Al contar con las matrices de coeficientes técnicos y precios, se calcularon el presupuesto privado y económico, proyectados a 25 años y el año base fue 2015. Posteriormente, se estimó el Valor Presente Neto (VPN) para cada presupuesto; en la actualización de los presupuestos se utilizó la tasa de interés promedio TIIE a 91 días (3.34 %) y la tasa Libor a 3 meses (0.32 %)

para 2015 (BANXICO, 2017). El análisis se hizo con la información correspondiente a una superficie de 1 ha de guayabos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observan los resultados obtenidos en el escenario base de 2015 con una tasa cambiaria promedio de 2010 a 2015 y el escenario de 2016 que representa el aumento del tipo de cambio en la economía mexicana durante ese año. Los costos de producción a precios de mercado de la guayaba fueron de 46,682 \$ ha⁻¹, y estos permanecieron constantes en los dos escenarios. Los costos de producción a precios económicos aumentaron debido al incremento de la tasa de cambio que encareció los insumos comerciales como fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, el equipo y las herramientas. Los ingresos obtenidos en 2015 fueron de 74,640 \$ ha⁻¹ y estos incrementaron el 2016 en 3.5% por efecto de un mayor precio de venta de la guayaba de exportación. Por ejemplo, en 2015 esta se ubicó en un precio de venta promedio de 10 \$ kg; mientras que, en 2016 alcanzo un precio de 14.7 \$ kg. Este comportamiento se asocia a una mayor demanda de los empaques de guayaba que exportan la fruta motivada por un tipo de cambio y precios de venta mayores; así como, a una menor cantidad de producción de guayaba para la exportación derivada de la falta de huertas certificadas (condición necesaria para exportar).

Cuadro 1. MAP de guayaba de Aguascalientes a precios de 2015. (\$ ha⁻¹).

Escenario	Ingreso	Costos		Ganancia
		Bienes comerciables	Factores internos	
Base 2015				
Precios privados	74,640	20,704	25,978	24,360
Precios sociales	117,474	14,813	19,202	83,459
Divergencias	-42,834	5,892	6,776	-59,099
2016				
Precios privados	77,281	20,704	25,978	27,002
Precios sociales	147,282	15,567	19,623	112,093
Divergencias	-70,001	5,138	6,355	-85,091

La producción de guayaba en Aguascalientes es rentable, los productores obtienen poco más del 50% de ganancia por la inversión que realizan (CRP). El indicador de RCP es el utilizado para determinar la eficiencia privada, en el caso de la guayaba este indicador fue de 0.48 (RCP<1) lo que significa que los productores son eficientes, ya que con lo obtenido en la

producción de guayaba pagan los factores de producción internos y queda un remanente de en el valor agregado. Como se esperaba, la eficiencia en la producción de la fruta mejoró ante el incremento del tipo de cambio, ya que en 2015 este indicador fue 0.48 y en 2016 disminuyó a 0.46, es decir, ante un escenario con incremento del tipo de cambio, el pago de los insumos comerciales representó el 46% y las ganancias el 54%, lo que significa un 2% más en el margen de ganancia para los productores.

Cuadro 2. Indicadores de rentabilidad y competitividad de la guayaba de Aguascalientes

Indicador	2015	2016
Ganancia Privada (D) (\$ t ⁻¹)	24,360	27,002
Coefficiente de Rentabilidad Privada (CRP) (% / \$ invertido)	0.52	0.58
Relación del Costo Privado (RCP)	0.48	0.46
Valor Agregado a Precios Privados (VAP) (\$)	53,936	56,577

En el Cuadro 3 se observan los indicadores sobre el efecto de la política cambiaria de 2016. El efecto de la política económica sobre la competitividad es la diferencia entre el presupuesto privado y económico, que refleja las distorsiones de política, subsidios e impuestos o la existencia de mercados imperfectos (Monke and Pearson, 1989). El Coeficiente de Protección Nominal de los Insumos muestra el grado de transferencia en los insumos comerciales por las políticas comerciales y el tipo de cambio a través de los precios (González y Alferes, 2010). En la producción de guayaba en el año base se observó que el CPN de los insumos comerciables (fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, herbicidas, herramientas, equipo, combustible) fue mayor a la unidad, lo que denota que en ambos escenarios los insumos tuvieron un impuesto implícito. En cuanto al CPN de la guayaba, los resultados indican que el precio doméstico de la fruta en 2015 fue menor al precio de paridad y los productores solo recibieron el 64 % del precio de referencia a nivel mundial, por lo tanto, la guayaba es un producto que esta desprotegido. El CPN de la guayaba en 2016 se ubicó en 0.52 y se interpreta que a los productores solo les pagaron el 52% del precio internacional, es decir, que, ante un el tipo de cambio mayor, los productores de guayaba no se beneficiaron, sino que, todo lo contrario. Esta situación se explica por qué las exportaciones de guayaba solo representan el 3.2% de la producción nacional y son pocos los productores que exportan la fruta y que tienen oportunidad de obtener mayores ingresos. Además, al tener la producción de guayaba un mercado nacional, el incremento del tipo de cambio genera una contracción de la demanda interna, como consecuencia de un menor poder adquisitivo de la población y a su vez, genera rezago en los precios pagados a los productores (Borja y García, 2014).

Cuadro 3. Indicadores de protección de la producción de guayaba de Aguascalientes.

Protección de Precios	2015	2016
Coeficiente de protección nominal (CPN) de la guayaba	0.64	0.52
Coeficiente de protección nominal (CPN) de los insumos comerciables	1.40	1.33
Coeficiente de Protección Efectiva (CPE)	0.53	0.43

El Coeficiente de Protección Efectiva es un indicador que expresa el efecto combinado de las transferencias realizadas a la guayaba y a los insumos comerciables derivado de las políticas comerciales y del tipo de cambio. En los dos escenarios el CPE fue menor a uno, lo que indica que existe una desprotección en las políticas económicas ya que los productores podrían haber recibido mayores remuneraciones a capital y mano de obra si no existieran distorsiones de mercado y si recibieran precios internacionales. En términos porcentuales, los productores debieron recibir 53 y 43% más de valor agregado, respectivamente; esta pérdida de valor se debió a las transferencias negativas vía insumos comerciales y factores internos y la causa principal fue el incremento en el tipo de cambio nominal durante 2016, el cual se mantuvo en un promedio de \$18.7 por dólar durante ese año, es decir, 17.3 % mayor al tipo de cambio nominal de 2015 (BANXICO, 2017).

CONCLUSIONES

La producción de guayaba en Aguascalientes es rentable y competitiva a precios privados y ante el incremento del tipo de cambio en 2016 se observa un ligero incremento de los ingresos derivados de los precios de exportación más altos de la fruta con respecto a 2015. La política cambiaria ejerce efectos en la competitividad de la guayaba de Aguascalientes, por la existencia de impuestos sobre insumos comerciales y una mayor desprotección del precio nacional de la guayaba, situación que provoca que los productores obtengan ingresos menores.

Si bien, el aumento o depreciación del tipo de cambio puede mejorar la competitividad de la guayaba para los productores que exportan, este tipo de políticas no es recomendable porque pone en desventaja a los productores que comercializan en el mercado nacional y que son más que los que exportan, tiene efectos negativos sobre la inflación del país, el poder adquisitivo de la población y la contracción de la demanda agregada; es por ello que el gobierno debe mantener una estabilidad cambiaria y propiciar la competitividad basada en el cambio tecnológico y mayor productividad del campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño R., B. D. y Schewentesius, R. 2005. Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del valle de Mexicali. *Problemas del Desarrollo*. 36 (140): 165-192.
- BANXICO. Banco de México. 2017. Sistema de Información Económica: tasa y precios de referencia. <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=C134&locale=es> (Consulta: febrero 2017).
- Borja B., M. y García S., J. A. 2014. Los efectos del tipo de cambio en el mercado de tomate en la zona del TLCAN, 2015-2008. *Región y sociedad*. 26 (59): 11-42.
- Contreras C., J. M. 1999. La competitividad de las exportaciones mexicanas de aguacate: un análisis cuantitativo. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. 5: 393-400.
- González E., A. y M. Alferes V. 2010. Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agrí* 1: 381-396.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2016. Banco de Información Económica (BIE): Indicadores Internacionales. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> (Consulta: marzo 2017).
- Lara- Covarrubias, D., J. S. Mora- Flores, M. A. Martínez- Damián, G. García- Delgado, J. M. Omaña- Silvestre y J. Gallegos- Sánchez. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*. 37: 85-94.
- Norton, R. 2004. Política de desarrollo agrícola: conceptos y principios. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/decrep/007/y5673s/y5673s00.htm> (10 de octubre de 2016).
- Monke, E. A. and S. R. Pearson. 1989. The policy analysis matrix for agricultural development. 201 p. http://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_3_pambook.pdf (Consulta: Agosto a diciembre 2016).
- Regúnaga, M., Báez, G., Ganduglia, F. y Massot, J. M. 2008. Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura argentina. CARI. Argentina. <http://www.cari.org.ar/pdf/agricultura-competitividad.pdf>. (15 de octubre de 2016).
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. Programa especial de energía para el campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola. <http://www.gob.mx/sagarpa/acciones-y-programas/programa-especial-de-energia-para-el-campo-en-materia-de-energia-electrica-de-uso-agricola> (Consulta: marzo 2017).
- Salcedo B., S. 2007. Competitividad de la agricultura en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago de Chile. 98 p.
- SE. Secretaría de Economía. 2017. Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAMI). <http://www.economia-snci.gob.mx/> (Consulta: febrero 2017).
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Producción agrícola: cierre de la producción agrícola por estado. http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consulta: enero 2017).
- USITC. United States International Trade Commission. 2015. DataWeb (U.S. Imports/Exports Data). <https://www.usitc.gov/> (Consulta: febrero 2017).
-

FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA DE DIFERENTE FORMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Pinus engelmannii* EN SISTEMA TECNIFICADO

Homero Sarmiento López^{1*}, Sergio Rosales Mata¹, Maihualy Martínez Fernández¹, Erickson Basave Villalobos¹, Uriel González Arroyo²

1 INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Carr. Durango-El Mezquital km 4.5 Durango, Dgo. México. C. P. 34170. 2 Universidad Tecnológica de Poanas. Carr. Villa Unión-Vicente Guerrero km 2, Villa Unión, Poanas, Dgo. México C.P. 34800.

* sarmiento.homero@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Una especie importante por su abundancia y distribución en los bosques templados de la sierra madre occidental es *Pinus engelmannii* habita en bosques puros o con otras especies del género *Pinus* y *Quercus* y se puede encontrar entre los 23° 15' y 32° 00' N y entre los 03° 30' y 111° 10' W, en altitudes que van de los 1600 a los 2500 m (Eguiluz, 1977; García y González, 1998).

En México, en las últimas décadas se han establecido plantaciones forestales mediante diferentes programas de apoyo, y por ello es necesario implementar las mejores tecnologías para producir planta con las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para cumplir los objetivos de las plantaciones que consideren las condiciones del sitio de plantación (Rueda *et al.*, 2012).

La producción de planta de calidad en sistema tecnificado, requiere conocer de qué forma las propiedades físicas y químicas, afectan el ambiente en el que crece dentro del contenedor (Cabrera, 1999). La fertilización es, después del riego, la práctica que más influye en el crecimiento de las plantas al incidir en los procesos fisiológicos, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de complejos orgánicos moleculares (Prieto *et al.*, 2004).

El aporte de fertilizante es fundamental ya que se usan de manera general sustratos con características fisicoquímicas adecuadas, pero son bajos en contenido de nutrientes; de este modo la aplicación de fertilizantes al sustrato puede ser usando fertilizantes en el agua de riego (fertirrigación), que es un método muy usado en viveros tecnificados o puede ser incorporando un fertilizante sólido al mismo (Oliet *et al.*, 1999). En el caso de la incorporación de nutrientes sólidos en el sustrato, son utilizados los fertilizantes de liberación lenta los cuales liberan los nutrientes de manera regular a través del tiempo (Jiménez-Gomez, 1992).

El objetivo fue evaluar cuatro formulaciones diferentes de fertilizantes de liberación lenta, en la producción de planta de *Pinus engelmannii* en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el vivero de INIFAP-Durango, ubicado en las coordenadas 23° 58' 23"N y 104° 37' 26", el lugar donde permaneció la planta en la etapa de establecimiento, y la mitad de la etapa de crecimiento rápido, es un invernadero multicapilla con techo baticenital, y la cubierta superior de plástico color blanco lechoso calibre 720, ventilación lateral por medio de cortinas enrollables con malacate y cable acerado. El sistema de riego manual por medio de manguera de ¾ de pulgada con regadera plástica con nueve orificios por cm². Durante el resto de la etapa de crecimiento rápido y durante el prea condicionamiento la planta permaneció a la intemperie.

El contenedor utilizado en la producción de la planta fue charola de poliestireno expandido de 77 cavidades, con volumen por cavidad de 162 ml. La semilla de pino fue sometida a un tratamiento pre germinativo que consistió en remojo en agua potable durante 20 horas. Transcurrido ese tiempo, se desinfectó por 15 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 0.61 %, se enjuagó cuatro veces con agua potable y fue secada con papel absorbente. La testa de la semilla se impregnó con benomil. En la preparación del sustrato se utilizó una mezcla compuesta por 50% de peat moss, 40 % de corteza de pino composteada y 10 % de perlita expandida. El fertilizante de liberación lenta se agregó a la mezcla de sustrato a razón de 4 kg por m³ y los tratamientos que se utilizaron fueron los siguientes: T1 multicote® de formulación 18-6-12 de 8 meses, T2 multicote® formulación 12-25-12 de 8 meses, T3 multicote® de formulación 17-17-17 de 8 meses y T4 fosfato diamónico granulado 18-46-0.

Para la nutrición complementaria durante el desarrollo de la planta, se fertilizó por medio del agua de riego (fertirrigación), dos veces por semana. La etapa de establecimiento duro tres meses durante los cuales se fertilizó con los niveles: 55 ppm de Nitrógeno (N), 150 ppm de fosforo (P) y 76 ppm de potasio (K). La etapa de crecimiento rápido duró 9 meses y se fertilizó con los niveles: 149 ppm N, 32 ppm P y 123 ppm K. La etapa de finalización duró 6 meses durante los cuales se fertilizó con los niveles 55 ppm N, 150 ppm P y 400 ppm K. Para fertilizar se usaron los siguientes fertilizantes: sulfato de amonio soluble (21 - 0 - 0), fosfato monoamónico soluble (12 - 61 - 0) y sulfato de potasio soluble (0 - 0 - 52) a partir de los cuales se prepararon las soluciones de fertirrigación.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones donde cada contenedor fue la unidad experimental. Dieciocho meses fueron extraídas cinco plantas al azar de cada unidad experimental y se evaluaron en laboratorio. Las variables medidas fueron altura, diámetro del cuello, biomasa de la parte aérea y la raíz, y se calculó el índice de robustez, índice de lignificación y el índice de calidad de Dickson. Para la medición de biomasa, las plantas se seccionaron y se pesaron en fresco y se colocaron dentro de bolsas de papel estraza las cuales se introdujeron a una estufa de secado marca Felisa® a una temperatura de 70 ° C hasta peso constante.

Para calcular los índices se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Índice de robustez} = \frac{\text{Altura (mm)}}{\text{Diámetro (cm)}} \quad \text{Prieto et al., (1999).}$$

$$\text{Índice de lignificación} = \frac{\text{Peso total seco (g)}}{\text{Peso total húmedo (g)}} \times 100 \quad \text{Prieto et al., (2004).}$$

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \frac{\frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Altura (cm)}}}{\frac{\text{Diámetro (mm)}}{\text{Peso seco raíz (g)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad \text{Dickson et al., (1960).}$$

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de Kruskal-Wallis y donde hubo diferencias significativas se realizó un prueba de separación de medias por comparaciones múltiples. Se utilizó el programa Infostat® versión 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que solamente se presentaron diferencias en la variable índice de lignificación. El resto de las variables no tuvieron diferencias entre tratamientos (Cuadro 1). Para la variable diámetro se obtuvo un promedio general de 8.51 mm (cuadro 2). Esta variable es importante ya que se contempla dentro de los indicadores por especie que especifica la comisión nacional forestal en la norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016). El diámetro junto con la altura define la producción de biomasa en la parte aérea y la raíz, además, permite pronosticar la supervivencia ya que diámetros mayores presentan mayores tasas de supervivencia, además (Mexal y Landis, 1990).

Cuadro 1. Significancia de las pruebas de Kruskal-Wallis para las variables analizadas

Variable	Significancia
Altura	0.8410
Diámetro	0.3294
biomasa seca aérea	0.0979
biomasa seca raíz	0.0602
biomasa seca total	0.1032
Índice de lignificación	0.0035*
Índice de robustez	0.6919
Índice de calidad de Dickson	0.0940

*Diferencias significativas

La biomasa aérea obtuvo un promedio de 5.53 g, la biomasa de la raíz 2.12 g y la biomasa total 7.66 g (Cuadro 2). Una planta de calidad debe ser lo más pesada para tener buena eficiencia fisiológica y crecer más, siempre y cuando exista un balance entre la parte aérea y la raíz (Thompson, 1985).

Cuadro 2. Promedios obtenidos en las variables diámetro y biomasa en planta de *Pinus engelmannii* con diferentes fertilizantes de lenta liberación.

Fertilizante de lenta liberación	Diámetro (mm)	Biomasa aérea (g)	Biomasa raíz (g)	Biomasa total (g)
18-6-12	9.05	5.86	1.93	7.79
12-25-12	8.32	5.15	2.07	7.21
17-17-17	8.93	6.34	2.63	8.97
18-46-0	7.76	4.8	1.88	6.68

El Índice de robustez obtenido fue de 1.09 (Cuadro 3). Esta variable tuvo un valor bajo lo cual indica un crecimiento adecuado y balanceado que indica plantas robustas. La importancia de esta variable radica en que es un estimador de la resistencia de la planta a factores como desecación por el viento, supervivencia y desarrollo en sitios con baja humedad; se recomienda un valor menor a seis ya que valores mayores indican plantas desproporcionadas (Prieto *et al.*, 1999),

El mayor índice de lignificación se obtuvo en los tratamientos 1 y 4. El promedio más bajo se obtuvo en el tratamiento 3. Este indicador expresa el nivel de preacondicionamiento o endurecimiento de las plantas (Prieto *et al.*, 2004).

Por otro lado, el promedio general del índice de calidad de Dickson obtenido fue de 2.12 que se considera aceptable para la edad de la planta ya que como mencionan Dickson *et al.*, (1960) y Prieto *et al.*, (1999), a mayor índice mayor calidad de planta.

Cuadro 3. Promedios obtenidos en los índices de calidad de planta de *Pinus engelmannii* con diferentes fertilizantes de lenta liberación.

Fertilizante de lenta liberación	Índice de robustez	Índice de lignificación *	Índice de Calidad de Dickson
18-6-12	1.03	32.02 a	1.96
12-25-12	1.04	30.48 ab	2.07
17-17-17	1.08	29.66 b	2.64
18-46-0	1.23	32.05 a	1.84

* Letras diferentes denotan diferencias significativas con base en la prueba de comparaciones por pares ($p > 0.05$).

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias en los indicadores morfológicos de calidad de planta al utilizar diferentes fertilizantes de liberación lenta excepto en el índice de lignificación en donde el fertilizante que promovió mayor índice de lignificación fue la formulación 18-6-12 y 18-46-0.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1), 5-11.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eguiluz, P. T. 1977. Los pinos del mundo. Publicación especial No. 1. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México. 74 p.
- García A. A. y González E.M. S. 2003. Pináceas de Durango. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal-Instituto de Ecología, A.C. Durango, Durango. 187 p.
- Jiménez-Gómez S. 1992. Fertilizantes de liberación lenta: Introducción. *In*: Fertilizantes de liberación lenta. Jiménez Gómez S. (ed). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 1-7.

- Mexal, J. G. y Landis, T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. General technical report RM-Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, US Department of Agriculture, Forest Service (USA).
- Oliet J., Segura M. L., Dominguez F. M., Blanco E., Serrada R., Arias M. L., y Artero F. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. Forest Systems 8(1):207-228.
- Prieto R. J.A., Cornejo O. E. H., Domínguez C. P. A., Návar Ch. J. de J., Marmolejo M. J. G. y Jiménez P. J. 2004. Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr. producido en vivero. Inves. Agrar: Sist. Recur. For. 13(3). pp. 443-451.
- Prieto R. J.A., Vera C. G. y Merlín B. E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación. Folleto técnico Núm. 12 Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP-SAGAR Durango, Durango. 23p.
- Rueda S, A., Benavides S. J. de D., Prieto R. J. A., Sáenz R. J. T., Orozco G. G. y Molina C. A. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Revista Mexicana Ciencias Forestales 3(14):70-82.
- Secretaría de Economía (SE). 2016. Norma Mexicana NMXAA-170-SCFI-2016. Certificación de la Operación de Viveros Forestales. Comisión Nacional Forestal. México. 172 p.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Duryea, M.L. (ed). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis. pp:59-71.

UNA PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE JARDINES DE MARIPOSAS EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

**José Manuel Vázquez Navarro^{*1}, Bertha Alicia Cisneros Flores²,
Víctor Manuel Almaraz Valle¹ y José Javier Carlos Cabral³**

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez el Estado de Durango, Km 35, Carr. Gómez Palacio-Tlahualilo, Ej. Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. México. *mavazna@hotmail.com

²Univ. Aut. Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna, Torreón, Coah.

³Científico Ciudadano.

INTRODUCCIÓN

Los insectos constituyen el grupo de seres vivos más abundante del planeta y su presencia impacta de manera positiva y negativa a las actividades humanas. Desafortunadamente, los perjuicios causados por las plagas insectiles son muy reconocidos, sin embargo, los servicios que proveen los insectos al hombre son poco apreciados. Al respecto, Losey y Vaugahn (2006) consignan que el servicio que proveen los insectos silvestres, por servicios ambientales como descomposición, polinización, parte de la cadena alimenticia y control natural de plagas se estima en 57 mil millones de dólares.

La pérdida de hábitat, el uso indiscriminado de plaguicidas y algunas enemigos naturales han diezmando las poblaciones de polinizadores a nivel mundial, estamos desde hace años en una crisis de polinizadores (Coro, 2009); la Comarca Lagunera, no se ha visto exenta de este fenómeno, a inicios de 2016 la asociación local de apicultores consigné la desaparición del 53 por ciento de las colmenas de abejas melíferas (Milenio Diario Laguna, 2016).

Ante la pérdida de espacios en los que los polinizadores puedan tener sitio para expresarse poblacionalmente, una buena cantidad de instituciones gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil han establecido estrategias mediante las que se puede estudiar y conservar a polinizadores. Una de estas estrategias es el diseño de jardines con flores para atraer a estos insectos.

Si bien las mariposas no son los polinizadores que más contribuyen en el proceso de la polinización, es uno de los grupos más emblemáticos del reino animal y nuestro país cuenta con una diversidad privilegiada de estos insectos. De acuerdo con Llorente y colaboradores (2014) se estima que México contiene 23 750 especies de Lepidoptera, con cerca de 14 500 descritas y documentadas. Esa riqueza biológica, adicionada con el hecho de que una de las especies ícono del conservadurismo mundial la mariposa monarca (Oberhauser, 2015) se encuentre en nuestro país y que la existencia del fenómeno migratorio de esta especie se encuentre

amenazada, han generado esfuerzos importantes para la creación de espacios con el fin de proporcionar hábitat a las mariposas. El término “jardín de mariposas” no es un tema reciente; al respecto, Sedenko (1991) señala que el tamaño y diseño de un espacio para mariposas debe tender a lo silvestre y estar basado en relaciones conocidas localmente.

Debido a lo anteriormente señalado, nos dimos a la tarea de establecer este trabajo con el objetivo de construir conocimiento sobre las posibilidades de establecer jardines de mariposas en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODO

El trabajo se llevó a cabo de 2014 a 2016 en dos predios: el “Jardín de Polinizadores de Sierra Hermosa” y el “Jardín de Polinizadores FAZ-UJED”. El primero es un predio particular de aproximadamente 0.5 ha en el poblado, Sierra Hermosa en el Municipio de Gómez Palacio, Dgo. (Ubicado en 25.68 grados de Latitud Norte y -103.62 grados de Longitud Oeste). Este jardín cuenta con una mezcla de plantas nectaríferas entre las que se encuentran varias especies de *Lantana* sp., *Ruellia* sp., *Ruta graveolens*, *Duranta erecta*, *Salvia greggi*, *Tecoma stans*, *Asclepias curassavica* y algunos árboles como naranjos (*Citrus x sinensis*), limas (*Citrus x limetta*), toronjos (*Citrus x paradisi*), limoneros (*Citrus x aurantifolia*) y mandarinos (*Citrus reticulata*), así como también nogales pecaneros (*Carya illinoensis*). El predio de Sierra Hermosa es parte de una casa de campo y se encuentra bardeado y cerca del área natural denominada “Sierra del Sarnoso”. Por su parte, el Jardín FAZ-UJED cuenta con una superficie es un terreno de 0.1 ha en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Dgo. (Ubicado en 25.78 grados de Latitud Norte y -103.35 grados de Longitud Oeste). Este espacio cuenta con la misma composición florística que el otro ya descrito con excepción de las especies arbóreas y está localizado entre un espacio de intensa explotación agrícola.

Posterior al establecimiento de los jardines, se buscaron especies locales o introducidas que pudieran cumplir una o tres de las siguientes condicionantes: que su follaje fuese alimento para larvas de algún lepidóptero; que fuesen plantas con flores preferidas por las mariposas o su floración fuese muy abundante en tiempo y espacio; que su fuesen nectaríferas y usaran poca agua. Para ello se recurrió a la literatura y se realizaron recorridos por espacios naturales exprofeso. Las especies localizadas se establecieron en los jardines y se adicionaron a las ya existentes. A la vez se inició un programa de propagación de dichas especies, algunas de las cuales no estaban disponibles en los viveros locales.

En ambos espacios se registraron las diferentes especies de lepidópteros que se encontraban libando en las flores del jardín. Los ejemplares se capturaban usando red entomológica, se mataban con acetato de etilo y se llevaban al laboratorio de Entomología FAZ-UJED para su identificación y montaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que en el Jardín de Sierra Hermosa se había trabajado ya determinando la abundancia de una población de mariposa Monarca (*Danaus plexipus*) en 2014-2015 (Vázquez, et al., 2015) y dado que dependíamos de *Asclepias curassavica* que es una especie introducida que requiere bastante agua y sobre la que hay advertencia sobre la posibilidad de que pueda promover la incidencia del protozooario patógeno *Ophryocystis elektroscirrha* (Altizer et al., 2000; Satterfield et al., 2015), la primera adición vegetal a los espacios fue *Asclepias brachystephana*, especie local de la que se obtuvo semilla y se empezó a propagar. De igual forma, de manera azarosa, en un recorrido en un paraje natural a 150 km de la región, se encontró otra especie de *Asclepia* (aún no determinada) de cuyo follaje también se alimentan las larvas de monarca. Esta especie se reprodujo con facilidad y ya se ha adicionado a nuestras áreas. En 2016, ambos jardines se registraron en el programa “Aventura compartida de la monarca” (Monarch Joint Venture) y en ese mismo año, el Jardín de Sierra Hermosa se registró como la estación en el camino 14667 del Programa “Observa monarca” (Monarch Watch); con lo cual hemos podido compartir experiencias con otras personas interesadas en el tema.

Una de nuestras mayores incógnitas había sido la abundancia regional del papiliónido *Battus philenor* y nuestro desconocimiento de su planta hospedera. También de manera azarosa, en 2014 encontramos a dicha mariposa ovipositando en una planta muy modesta; se identificó la planta como *Aristolochia wrightii*, se buscó conocer más sobre su distribución local, se consiguieron cinco plantas y se plantaron en maceta en el jardín de Sierra Hermosa. Las plantas, han producido semilla abundante que ya se han sembrado para producir algunos nuevos ejemplares; lo anterior a pesar de que en los Estados Unidos se dice que requiere al menos dos años para germinar (Glassberg, 2001).

El Cuadro 1 muestra nueve relaciones planta-lepidóptero que se han encontrado de las especies de mariposas regionales y que se han incorporado a las opciones para los jardines bajo diseño. Las plantas ahí señaladas se encuentran bajo propagación a fin de poderlas poner a disposición de los interesados en establecer un jardín de mariposas o polinizadores. Cabe señalar que sólo las dos especies de *Asclepias* ya señaladas y la *Aristolochia wrightii* son nativas, el resto de las plantas son introducidas, pero pueden conseguirse en viveros locales.

Cuadro 1.- Casos de relación Lepidóptera-Planta que se han establecido en los jardines de Sierra Hermosa y FAZ-UJED.

Especie de Lepidóptero	Especie (s) Planta (s)
<i>Danaus plexippus</i>	<i>Asclepias brachystephana</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Asclepia no determinada</i>
<i>Danaus gilippus</i>	<i>Asclepias brachystephana</i> , <i>Asclepias curassavica</i> , <i>Asclepia no determinada</i>
<i>Battus philenor</i>	<i>Aristolochia wrighti</i>
<i>Papilio cresphontes</i>	<i>Citrus x sinensis</i>
<i>Papilio polyxenes</i>	<i>Ruta graveolens</i>
<i>Heliconius charitonia</i>	<i>Passiflora sp.</i>
<i>Dione moneta</i>	<i>Passiflora sp.</i>
<i>Agraulis vanillae</i>	<i>Passiflora sp.</i>
<i>Alypia octomaculata</i>	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>

En cuanto a plantas nectaríferas que no alojan larvas, la adición de una asterácea a la que sólo conocemos como “invierno” ya que aún no ha sido determinada su especie, pero que tenemos buen tiempo propagando y que provino como obsequio de una comunidad rural de la región, ha potenciado la llegada de visitantes florales a los jardines ya que florece abundantemente y lo hace en el período de invierno, espacio temporal en el que menos floración tenemos regionalmente. En la Figura 1, se muestra una imagen de esta planta en el Jardín de Sierra Hermosa.

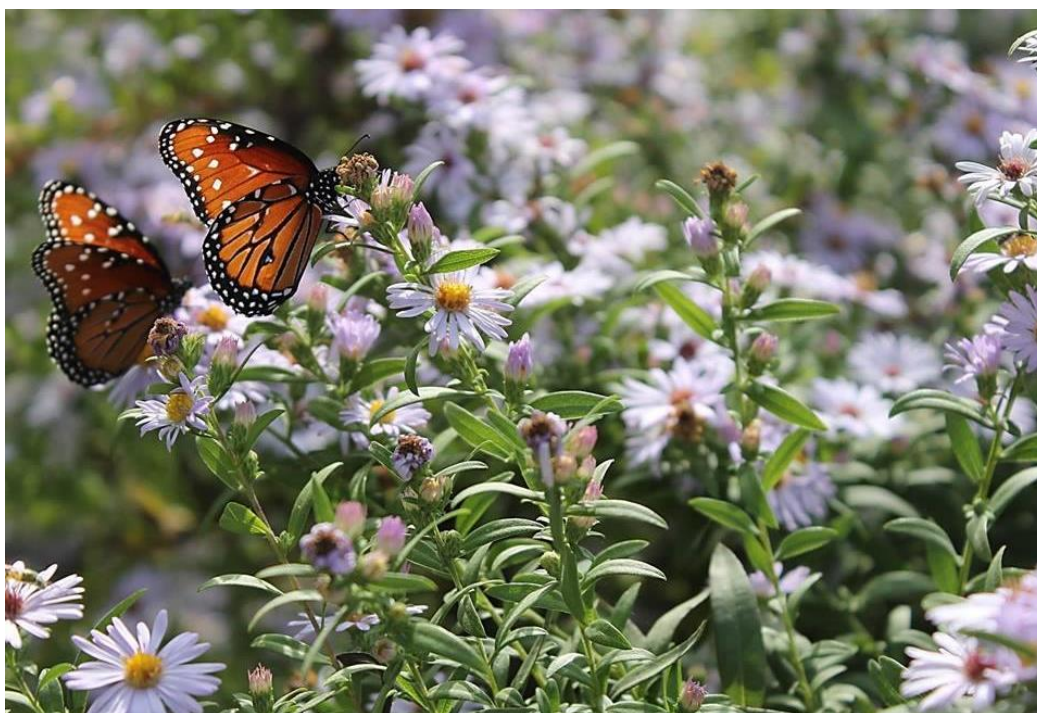


Figura 1.- Una toma en el “Jardín de polinizadores de Sierra Hermosa” del “Invierno” (Asterácea, no determinada a especie) que muestra su abundante floración y una pareja de mariposa reina (*Danaus gilippus*) libando.

En el Cuadro 2, se muestra una relación de las especies más capturadas y observadas en los jardines de Sierra Hermosa y FAZ-UJED. Existen muchos más ejemplares aun no identificados. De los más de veinte registros aquí señalados, como ya se mencionó, sólo de nueve se conoce su planta hospedera, por lo que la búsqueda de las hospederas locales es requerida. Eso se potencia en el caso de las plantas tropicales, como es el caso de *Passiflora*, que si bien es fácil de conseguir en viveros, demanda mucha agua para su desarrollo; situación que no es sostenible en un ambiente semidesértico como la Comarca.

Cabe añadir, que ambos jardines, al recibir visitas se convierten en verdaderos muestrarios vivientes de biodiversidad y si añadimos la presencia de otros visitantes florales como abejas, avispas, moscas, escarabajos, e incluso colibríes, el potencial educativo y de conservación de estos espacios se magnifica.

Cuadro 2.- Relación parcial de especies encontradas en los jardines de Sierra Hermosa y FAZ-UJED.

Especie	Familia
<i>Chioides albofasciatus</i>	Hesperiidae
<i>Urbanus proteus</i>	Hesperiidae
<i>Danaus plexippus</i>	Danaidae
<i>Danaus gilippus</i>	Danaidae
<i>Battus philenor</i>	Papilionidae
<i>Papilio cresphontes</i>	Papilionidae
<i>Papilio polyxenes</i>	Papilionidae
<i>Helichonius charitonia</i>	Nymphallidae
<i>Dione moneta</i>	Nymphallidae
<i>Agraulis vanillae</i>	Nymphallidae
<i>Libytheana carinenta</i>	Nymphallidae
<i>Chlosyne lacinia</i>	Nymphallidae
<i>Anartia jatrophae</i>	Nymphallidae
<i>Vanessa cardui</i>	Nymphallidae
<i>Libytheana carinenta</i>	Nymphallidae
<i>Asterocampa leilia</i>	Nymphallidae
<i>Alypia octomaculata</i>	Noctuidae
<i>Zerene cesonia</i>	Pieridae
<i>Leptophobia aripa</i>	Pieridae
<i>Eurema mexicana</i>	Pieridae
<i>Anteos clorinde</i>	Pieridae
<i>Pontia protodice</i>	Pieridae
<i>Phoebis agarithe</i>	Pieridae

CONCLUSIONES

Se cuenta con una recomendación regional para el establecimiento de jardines de mariposas para la Comarca Lagunera, que incluye algunas especies locales y donde pueden criarse nueve especies de lepidópteros a campo abierto.

A pesar de que las especies en los jardines ya se propagan a baja escala, se requiere continuar con el seguimiento de las especies nativas de las mariposas que aún no se ha encontrado una planta hospedera local.

Estos jardines resultan ser espacios reproducibles para ser incluidos como herramientas vivas de educación ambiental hacia el cambio de paradigma en la forma generalmente negativa como la sociedad percibe a los insectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Altizer, S.M., Oberhauser K.S. and L.P. Brower. 2000. Associations between host migration and the prevalence of a protozoan parasite in natural populations of monarch butterflies. *Ecol. Entomol.* 25:125-139.
- Coro A., M. 2009. La crisis de los polinizadores. *CONABIO Biodiversitas.* 85:1-5
- Glasberg, J. 2001. The Pipedream Project. *American Butterflies.* Vol 9: No.2
- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, C. y A.D. Warren. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85: S353-S371.
- Losey, J.E. and M. Vaughan. 2006. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. *BioScience.* Vol. 56 No. 4: 313-323.
- Milenio Diario Laguna. 2016. Apicultores en crisis por la desaparición masiva de abejas. Disponible en <http://www.milenio.com/estados/Apicultores_crisis-desaparicion_abejas-misterio_caso_abejas_0_726527382.html> [consultado el 12 de marzo de 2017].
- Monarch Joint Venture.* [Página de Internet]. <<http://monarchjointventure.org/success-stories/map-of-successes>> [consultado el 12 de marzo de 2017].
- Monarch Watch.* [Página de Internet]. <<http://www.monarchwaystationnetwork.res.ku.edu/outreach/waystation-map/>> [consultado el 12 de marzo de 2017].
- Oberhauser, K.S. 2015. Overview: Monarchs and People: Model programs for citizen science, education, and conservation. *In: Oberhauser KS, Nail KR, Altizer SM, eds. Monarchs in a Changing World: Biology and Conservation of an Iconic Insect.* Ithaca, USA: Cornell University Press.
- Satterfield D.A., Maerz J.C., and Altizer S. 2015 Loss of migratory behavior increases infection risk for a butterfly host. *Proc. R. Soc. B* 282: 20141734.. Disponible en <<http://news.uga.edu/documents/Satterfield-20141734full.pdf>> [consultado el 12 de Febrero de 2015].
- Sedenko, J. 1991. *The butterfly garden.* 1ª. Ed. Villard Books. 144 p.p.
- Vázquez N., J.M., Cisneros F., B.A., Martínez R., J.J. y J.J. Carlos C. 2015. Abundancia estacional de la mariposa monarca *Danaus plexippus* e incidencia del protozoario *Ophryocystis elektroscirrha* en un jardín de mariposas en la Comarca Lagunera, México. *Entomología Mexicana* Vol. 2: 517-521.

ADAPTACIÓN DE ESPECIES CULTIVADAS EN SISTEMA DE MONTE BAJO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DENDROENERGÉTICA EN DURANGO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Julio César Ríos Saucedo¹, José Ángel Sigala Rodríguez¹, Artemio Carrillo Parra² y Rafael Jiménez Ocampo¹

¹INIFAP-Durango. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carr. Durango - El Mezquital, Durango, Dgo. México. C. P. 34170. ²Profesor-Investigador del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA). Universidad Juárez del Estado de Durango. Boulevard del Guadiana Núm. 501. Ciudad Universitaria. Durango, Dgo. México. C. P. 34120. *rosales.rigoberto@inifap.gob.mx; rigoberto_serna@yahoo.com.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la necesidad de diversificar las fuentes de biomasa para incrementar la productividad y reducir costos en la generación de bioenergía. Por ello, se reinició la selección y caracterización de especies vegetales que muestran uso ambiental eficiente, producen cantidades altas de biomasa en varios ciclos de corte, son útiles en la generación de bioenergía y favorecen la sostenibilidad de la producción agropecuaria y forestal en Durango. Los trabajos realizados para la identificación de especies con crecimiento rápido han llevado al uso de plantas exóticas, que son introducidas en una región para producir biomasa dendroenergética de forma sostenible. Las especies más comunes a nivel mundial en el establecimiento de plantaciones comerciales, de monte bajo, para la producción de biomasa son: eucalipto (*Eucalyptus nitens*, *E. globulus*, *E. denticulata*) y álamo (*Populus* spp.) (Ríos *et al.*, 2016).

En Durango, existen diferentes especies endémicas e invasoras que deben ser evaluadas con base en su potencial en la producción sostenible de biomasa para diferentes usos. Se ha determinado que se logran mayores índices de productividad cuando se utilizan especies nativas y se registran condiciones favorables para su establecimiento (Rodríguez *et al.*, 2004). Entre las especies exóticas, endémicas y prominentes en Durango para la producción de biomasa se puede mencionar la jarilla (*Dodonaea viscosa* y *Baccharis salicifolia*) y tabacón (*Nicotiana glauca*) (Salazar *et al.*, 2015). Otras opciones son diferentes especies de sauce (*Salix* spp.) y álamo (*Populus* spp.), las cuales se adaptan en las condiciones climáticas de Durango. Además, se han introducido para su evaluación otras especies de crecimiento rápido como son: eucalipto (*E. globulus* y *E. nitens*), maralalfalfa (*Pennisetum* sp.), higuera (*Ricinus communis*) y acacia (*Acacia retinoides*).

La supervivencia, adaptación y productividad de las especies utilizadas en monte bajo (rotación de ciclo corto) las convertirá en una opción con potencial para la obtención de biomasa útil en la industria de los biocombustibles lignocelulósicos en Durango. Con base en lo anterior, el

objetivo fue determinar la adaptación de especies cultivadas en un sistema de monte bajo para la producción sostenible de biomasa dendroenergética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un lote de plantación establecido en Durango, Dgo., dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Dichas instalaciones se ubican en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital, a los 23° 59' 08" N, 104° 37' 13" O y una altitud de 1,878 m. El suelo predominante en el sitio es del tipo franco (arenoso y arcilloso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima de la región es templado, semiárido, con régimen de lluvias en verano, muestra 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).

Se evaluaron 27 especies vegetales de rápido crecimiento para determinar su adaptación en Durango. La plantación se realizó el día 26 de abril de 2016, con reposición de faltantes el 27 de julio de 2016 y 23 de marzo de 2017. El lote usado en la plantación tiene 180 m de longitud y 30 m de ancho, lo cual representa una superficie de 5,400 m². Se utilizaron hileras de 3 m de separación y 3 m de distancia entre plantas. Se establecieron parcelas cuadrangulares (5 x 5) de 25 plantas para cada especie, con la finalidad de utilizar como parcela útil nueve plantas del núcleo interior, con una hilera de borde en cada lado.

Las especies incluidas en el estudio fueron: acacia (*Acacia retinoides*), álamo (*Populus deltoides*), álamo plateado (*Populus alba*), bambú (*Phyllostachys* sp.), carrizo (*Arundo donax*), casuarina (*Casuarina* sp.), cedro (*Cupressus* sp.), encino rojo (*Quercus rubra*), chinese (*Sapium sebiferum*), encino siempre verde (*Quercus virginiana*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), fresno (*Fraxinus* sp.), grevillea (*Grevillea robusta*), higuera (*Ricinus communis*), jarilla (*Dodonaea viscosa*, *Baccharis salicifolia*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), lila (*Melia azedarach*), lila japonesa (*Koelreuteria bipinnata*), maralfalfa (*Pennisetum* sp.), mezquite (*Prosopis laevigata*), negundo (*Acer negundo*), nogal (*Juglans* sp.), pino (*Pinus greggii*), sauce (*Salix* sp.), tabacón (*Nicotiana glauca*) y trueno (*Ligustrum vulgare*). En 2017, se sustituyeron algunas especies como leucaena, colorín, jarilla (*D. viscosa* y *B. salicifolia*), para incluir moro 'macho' (*Morus alba*), moringa (*Moringa oleifera*), cedro limón (*Cupressus macrocarpa*) y ciprés italiano (*Cupressus sempervirens*).

El lote se plantó en condiciones de riego y fue regado conforme a las condiciones meteorológicas y al requerimiento de las especies, con la finalidad de evitar el estrés drástico de agua en las plantas. El control de la maleza se realizó mecánicamente (tractor y rastra) y se complementó con dos deshierbes manuales en 2017. Después del periodo invernal (2016-2017), se aplicaron seis riegos, para activar el crecimiento en las plantas que sobrevivieron a las temperaturas invernales y apoyar el establecimiento de nuevas especies incluidas en el vivero 2017.

Variables evaluadas. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de supervivencia, altura de la planta y diámetro basal del tallo (Db). El porcentaje de supervivencia se determinó, el 6 de septiembre de 2016, contando las plantas que sobrevivieron en relación con el número total establecido en cada parcela (25). La altura se evaluó con la ayuda de una regla métrica con precisión de 1 cm y el diámetro basal se determinó con la ayuda de un pie de rey (vernier) digital (Mitutoyo®). Las evaluaciones se realizaron en cinco fechas: 1) 15 de septiembre de 2016, 2) 30 de noviembre de 2016, 3) 27 de febrero 2017, 4) 20 de abril de 2017 y 5) 6 de julio de 2017.

Análisis estadísticos. Los datos obtenidos se analizaron mediante el uso de estadística descriptiva (media y desviación estándar), para cada una de las especies incluidas en el estudio. El análisis de los datos experimentales se realizó con el programa de cómputo Excel versión 14.5.6®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia. En la evaluación inicial se observaron especies con alto nivel de supervivencia (100 %), como fue el caso de maralfalfa, sauce, carrizo, fresno, grevilea, cedro y trueno. (Cuadro 1). Las gramíneas, maralfalfa y carrizo, mostraron alto nivel de supervivencia y aunque resultaron dañadas por las temperaturas bajas (heladas), después mostraron rapidez en el rebrote, con el riego y el incremento natural de las temperaturas, en marzo de 2017. Otras especies, como el sauce, registraron alto nivel de supervivencia debido a la adaptación natural de esta especie en la entidad, lo que favoreció el establecimiento de sus plantas, similar a lo expuesto por Rodríguez *et al.* (2004). El sauce es una especie arbórea adaptada localmente, la cual mostró capacidad para establecerse y crecer en condiciones de riego, con el manejo agronómico proporcionado en Durango.

El colorín y leucaena mostraron nivel bajo de supervivencia debido al tamaño reducido de las plántulas usadas en la plantación y al pobre nivel de enraizamiento que se logró en el recipiente utilizado en vivero. Lo anterior, provocó disgregación del sustrato al momento del trasplante, exposición de las raíces y marchitamiento de las plantas. Se requiere mayor conocimiento del

manejo de especies que crecen de manera natural en áreas perturbadas de Durango, como es el caso del tabacón (*N. glauca*) y jarilla (*D. viscosa* y *B. salicifolia*). También, es necesario avanzar en la tecnología para la producción de planta de calidad en condiciones de vivero, para lo cual se deben identificar fechas óptimas para la siembra y trasplante de estacas. Con ello, se incrementará la eficiencia en el trasplante y el nivel de supervivencia en campo.

Cuadro 1. Porcentaje de supervivencia inicial en especies utilizadas en un sistema de monte bajo para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango.

Especie	Supervivencia (%)
	23 Enero de 2017
Maralfalfa	100
Sauce	100
Carrizo	100
Fresno	100
Grevilea	100
Cedro	100
Trueno	100
Lila	96
Nogal	96
Acacia	94
Álamo Plateado	92
Pino	92
Encino Rojo	92
Mezquite	92
Casuarina	92

Altura de planta. Las especies que alcanzaron la mayor altura de la planta durante el ciclo Primavera-Verano 2016 (15 septiembre 2016) fueron: fresno (174 cm), higuierilla (135 cm), pino (81 cm) y grevilea (80 cm) (Cuadro 2). Después, durante el otoño (30 noviembre de 2016) la maralfalfa mostró el mayor nivel de crecimiento con 192 cm y una diferencia de 132 cm entre mediciones. Otra especie sobresaliente fue higuierilla que aumentó su altura hasta 238 cm y obtuvo una diferencia de 103 cm. En este grupo de especies grevilea, lila y pino mostraron el menor aumento de la altura en las plantas evaluadas. Se observó una fuerte variación del nivel de incremento de la altura de la planta entre especies, lo cual favorecerá la selección de individuos que muestren mayor crecimiento y acumulación de biomasa.

En el ciclo Primavera-Verano 2017, las especies que mostraron una respuesta mayor para el incremento en altura, entre las evaluaciones de febrero y abril, fueron: carrizo (81 cm),

maralfalfa (79 cm), higuera (24 cm) y sauce (22 cm) (Cuadro 3). Otras especies sobresalientes fueron eucalipto (15 cm), lila (11 cm) y álamo (9 cm). Las especies con mayor incremento en altura el mes de julio de 2017 fueron sauce (119 cm) y tabacón (102 cm), las cuales son especies con adaptación local y en condiciones de riego mostraron respuesta sobresaliente.

Cuadro 2. Altura y diámetro basal del tallo en especies utilizadas en un sistema de monte bajo para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. 2016.

Especie	Altura (cm)			Diámetro Basal (mm)		
	15 Sept	30 nov	Dif.	15 Sept	30 nov	Dif.
Maralfalfa	*60 ± 19	192 ± 36	132	17 ± 6	15 ± 3	0
Higuera	135 ± 40	238 ± 29	103	23 ± 7	56 ± 10	33
Tabacón	57 ± 34	122 ± 60	65	22 ± 11	23 ± 6	1
Sauce	49 ± 27	108 ± 35	59	13 ± 8	15 ± 6	2
Negundo	14 ± 7	66 ± 21	52	13 ± 4	14 ± 4	1
Carrizo	44 ± 30	92 ± 31	48	9 ± 4	11 ± 4	2
Álamo Plateado	34 ± 18	81 ± 35	47	14 ± 8	10 ± 5	0
Álamo	25 ± 6	70 ± 31	45	11 ± 5	14 ± 6	3
Fresno	174 ± 58	215 ± 61	41	34 ± 14	39 ± 14	5
Acacia	71 ± 34	110 ± 53	39	10 ± 5	17 ± 8	7
Grevilea	80 ± 53	112 ± 19	32	16 ± 3	19 ± 3	3
Lila	47 ± 12	72 ± 14	25	8 ± 2	13 ± 2	5
Pino	81 ± 43	99 ± 57	18	10 ± 3	11 ± 3	1

*Promedio ± desviación estándar.

Diámetro basal del tallo. En el periodo del 15 de septiembre a 30 de noviembre de 2016, se observó que el incremento en el diámetro basal del tallo fue mayor en higuera (33 mm), al pasar de 23 mm a 56 mm (Cuadro 2). En el caso de acacia se observaron valores inferiores de Db entre fechas de evaluación al pasar de 10 mm a 17 mm; lo mismo que, en fresno que pasó de 34 mm a 39 mm y lila de 8 mm a 13 mm. Las especies con incremento más alto de Db, entre el 27 de febrero y 20 de abril, fueron carrizo (12 mm) y maralfalfa (10 mm) (Cuadro 3). Entre marzo y julio de 2017, sobresalieron el sauce (20 mm) y tabacón (19 mm); así como, álamo, higuera y álamo plateado, todos con un incremento de 14 mm (Cuadro 4). El sauce y tabacón son especies endémicas y mostraron respuesta para el Db debido a la presencia de condiciones favorables de temperatura y humedad.

Cuadro 3. Altura y diámetro basal del tallo en especies utilizadas en un sistema de monte bajo para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. 2017.

Especie	Altura (cm)			Diámetro Basal (mm)		
	27 Feb	20 Abril	Dif.	27 Feb	20 Abril	Dif.
Carrizo	0 ± 0	81 ± 26	81	0 ± 0	12 ± 2	12
Maralfalfa	0 ± 0	79 ± 19	79	0 ± 0	10 ± 3	10
Higuerilla	229 ± 43	253 ± 47	24	67 ± 15	72 ± 18	5
Sauce	108 ± 36	130 ± 44	22	20 ± 10	24 ± 6	4
Eucalipto	69 ± 22	84 ± 26	15	28 ± 13	20 ± 7	0
Lila	53 ± 11	64 ± 13	11	13 ± 1	15 ± 2	2
Álamo	62 ± 33	77 ± 21	9	60 ± 25	13 ± 5	0
Cedro	50 ± 13	59 ± 14	9	12 ± 2	15 ± 2	3
Casuarina	102 ± 40	110 ± 61	8	12 ± 3	16 ± 6	4
Chinese	22 ± 9	29 ± 14	7	6 ± 1	7 ± 1	1
Encino Rojo	50 ± 17	50 ± 17	7	6 ± 1	6 ± 1	0
Álamo Plateado	90 ± 32	101 ± 27	5	12 ± 5	14 ± 6	2
Negundo	55 ± 27	58 ± 31	3	16 ± 3	15 ± 4	0

Promedio ± desviación estándar; *replantado en abril de 2017.

Cuadro 4. Altura y diámetro basal del tallo en especies utilizadas en un sistema de monte bajo para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. 2017.

Especie	Altura (cm)			Diámetro Basal (mm)		
	30 marzo	6 julio	Dif.	30 marzo	6 julio	Dif.
Sauce	130 ± 44	249 ± 29	119	24 ± 6	44 ± 9	20
Tabacón	124 ± 65	226 ± 72	102	27 ± 9	46 ± 19	19
Maralfalfa	79 ± 19	176 ± 14	97	10 ± 3	--	--
Acacia	69 ± 51	145 ± 54	76	12 ± 13	22 ± 14	10
Álamo	77 ± 21	152 ± 40	75	13 ± 5	27 ± 9	14
Álamo Plateado	101 ± 27	175 ± 34	74	14 ± 6	28 ± 10	14
Negundo	58 ± 31	111 ± 52	53	15 ± 4	19 ± 6	4
Carrizo	81 ± 26	132 ± 22	51	12 ± 2	17 ± 3	5
Bambú	53 ± 52	101 ± 94	48	6 ± 5	9 ± 8	3
Higuerilla	253 ± 47	281 ± 29	28	72 ± 18	86 ± 13	14
Eucalipto	84 ± 26	106 ± 35	22	20 ± 7	24 ± 10	4
Lila	64 ± 13	82 ± 19	18	15 ± 2	18 ± 4	3
Grevilea	99 ± 38	114 ± 38	15	18 ± 5	21 ± 8	3

Promedio ± desviación estándar.

Los resultados mostraron que la evaluación de la altura de planta y diámetro basal del tallo pueden ser utilizadas como criterios iniciales para la selección de especies adaptadas en plantaciones de monte bajo establecidas en Durango. Se observó variación en el aumento de la altura de la planta y Db, lo que facilitará la selección de especies sobresalientes para su uso en la producción de biomasa dendroenergética, bajo las condiciones de cultivo locales. El Db

mostró respuesta considerable debido al crecimiento rápido de las plantas que fueron dañadas por las temperaturas bajas (heladas) y que luego rebrotaron, gracias a la aplicación del riego de auxilio y al incremento de la temperatura durante el ciclo primavera-verano.

CONCLUSIONES

Se observaron diferencias entre especies e individuos para la adaptación en el sistema de monte bajo, cuya finalidad es la producción de biomasa dendroenergética. Lo anterior, permitirá la selección de especies que muestren altos niveles de supervivencia, incremento en altura y aumento en el diámetro basal del tallo. Con ello, se optimizará la producción de biomasa con especies adaptadas en las condiciones de cultivo del estado de Durango. Se evaluarán nuevamente las especies sobresalientes, con la finalidad de seleccionar las opciones más viables para el establecimiento de plantaciones de rápido crecimiento y la obtención de biomasa dendroenergética. Sobresalieron por su nivel de supervivencia, crecimiento y aumento en el diámetro basal del tallo las especies higuera, sauce, tabacón, acacia, maralfalfa, carrizo, eucalipto, álamo, negundo y álamo plateado.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- Ríos S., J. C., E. Acuña C., J. Cancino C., R. Rubilar P., J. de J. Navar C., R. Rosales S. 2016. Allometric equations commonly used for estimating shoot biomass in short-rotation woody energy species: a review. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 22(2): 193-202.
- Rodríguez F., F. de J., J. A. Prieto R., J. de J. Navar C. 2004. Producción de biomasa en plantaciones forestales del norte de México. *Rev. Ciencia Forestal en México* 29(96): 67-90.
- Salazar S., L. M.; R. Rosales S.; R. Jiménez O.; J. C. Ríos S.; J. A. Sigala R.; A. Carrillo P.; P. A. Domínguez M.; M. Martínez F. 2015. Optimización calorífica en especies vegetales con potencial para la producción de biomasa dendroenergética en Durango. *AGROFAZ* 15(1): 147-154.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN POBLACIONES NATURALES DE ESPECIES VEGETALES CON POTENCIAL DENDROENERGÉTICO EN DURANGO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹, Rafael Jiménez Ocampo¹, Artemio Carrillo Parra² y Julio César Ríos Saucedo¹.

¹INIFAP-Durango. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. México. C. P. 34170. ²Universidad Juárez del Estado de Durango-Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Boulevard del Guadiana Núm. 501. Ciudad Universitaria. C. P. 34120.

*rosales.rigoberto@inifap.gob.mx; rigoberto_serna@yahoo.com.

INTRODUCCIÓN

En Durango, existen diferentes especies endémicas e invasoras que deben ser evaluadas con base en su potencial en la producción sostenible de biomasa para diferentes usos. Entre las especies predominantes se puede mencionar la jarilla, cuyas especies más conocidas localmente son la “jarilla de monte”, conocida también como “hierba de la cucaracha” (*Dodonaea viscosa*) (Juan, 2013); “jarilla de río” (*Baccharis salicifolia*) y el tabacón o virginio (*Nicotiana glauca*). Las poblaciones de estas especies de jarilla han proliferado en áreas perturbadas de los ecosistemas de matorral xerófilo, bosque mixto (pino-encino) y pastizales medianos cercanos a la capital del estado de Durango. La agresividad de la especie invasora jarilla de monte (*D. viscosa*) la convierte en una opción con potencial para su uso en la obtención de biomasa para la industria dendroenergética.

La jarilla de río (*B. salicifolia*) ha proliferado también como especie ruderal y riparia, mostrando rápido crecimiento, cuyas plantas alcanzan alturas superiores a 2 m y producen múltiples tallos leñosos que pueden tener utilidad en la industria de los biocombustibles. El tabacón o virginio (*N. glauca*) es otra especie ruderal, que ha resultado ecológicamente exitosa en terrenos baldíos, caminos y áreas perturbadas del municipio de Durango. Las poblaciones naturales de estas especies han avanzado en la colonización de amplios espacios, sin que se hayan evaluado sus posibilidades de uso en la producción de biomasa; así como, en la implementación de métodos efectivos para su control.

Es necesario evaluar la utilidad de las dos especies de jarilla (*D. viscosa* y *B. salicifolia*) y del tabacón (*N. glauca*) en la producción sostenible de biomasa con interés dendroenergético (Salazar *et al.*, 2015); así como, para la obtención de insumos lignocelulósicos con posibilidades de uso en la industria de pulpa y papel. En 2015, se inició la evaluación de la productividad de biomasa en jarilla (*D. viscosa*), con la finalidad de abastecer las necesidades de bioenergía de bajo costo (Salazar *et al.*, 2015). En la actualidad se trabaja en la identificación de fuentes alternas y sostenibles de biomasa para la industria dendroenergética. El objetivo fue determinar

la productividad de biomasa en poblaciones naturales de tres especies vegetales (*D. viscosa*, *B. salicifolia* y *N. glauca*) ecológicamente exitosas, para establecer su potencial dendroenergético en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

En junio de 2017 se obtuvieron muestras de dos poblaciones de jarilla de monte (*D. viscosa*) en el Periférico Sur (Tapias) y Aquiles Serdán, una muestra de tabacón (*N. glauca*) del Ejido Benito Juárez y otra de jarilla de río (*B. salicifolia*) en el predio perteneciente al INIFAP, todos los sitios están ubicados en el municipio de Durango, Dgo. El clima de la región es templado-semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura, con un promedio anual de 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

El suelo del sitio de Periférico Sur (Tapias) es pedregoso con grava, arena y afloramientos rocosos; en Aquiles Serdán es pedregoso con afloramientos rocosos y en los otros sitios predominan los suelos francos (arcillosos y arenosos). Los sitios de muestreo se ubicaron principalmente en áreas perturbadas del ecosistema de matorral xerófilo (*D. viscosa*), predios abandonados (*N. glauca* y *B. salicifolia*) y drenes de riego (*B. salicifolia*) (Cuadro 1). Se utilizaron 20 plantas en cada especie y población, procurando que tuvieran altura similar (muestreo estratificado) y que preferentemente estuvieran en la misma etapa fenológica.

Cuadro 1. Coordenadas y condición actual de los sitios de muestreo de especies con potencial dendroenergético en el municipio de Durango, Dgo.

Sitio	Latitud (N)	Longitud (O)	Condición
Aquiles Serdán	23° 54' 30"	104° 34' 20"	Matorral Perturbado
Periférico Sur (Tapias)	23° 59' 28"	104° 43' 09"	Matorral Perturbado
Ejido Benito Juárez	23° 59' 41"	103° 36' 19"	Ruderal
Predio INIFAP	23° 59' 09"	103° 37' 16"	Ruderal

Se midió la altura de la planta, desde la superficie del suelo hasta el ápice del tallo principal, con el uso de una regla métrica de 3 m de altura y un nivel de precisión de 1 cm. Se determinó también el diámetro de copa en las direcciones norte-sur y este-oeste con el uso del flexómetro. El rendimiento de biomasa verde y seca se determinó a partir del corte de todos los tallos en cada planta a una altura de 10 cm del suelo. El peso verde de las muestras obtenidas en campo

se evaluó inmediatamente después del corte, en una báscula electrónica y portátil, (Torrey®) con precisión de 0.01 g. Después, se tomó una sub-muestra de peso conocido en la biomasa de cada planta, se colocó en bolsa de papel y se introdujo en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 72 h, para luego pesarla nuevamente con el fin de obtener el peso seco. Con los datos de peso de biomasa verde y biomasa seca de la sub-muestra se obtuvo el porcentaje de humedad, para luego estimar el peso seco al nivel de planta completa.

Análisis estadísticos. Se utilizó estadística descriptiva para analizar las características de las poblaciones evaluadas. Para ello, se calcularon los valores promedio y se determinó la desviación estándar para cada una de las variables evaluadas en las poblaciones bajo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias numéricas entre las poblaciones evaluadas, para altura de la planta, diámetro de copa, peso verde y peso seco (Figuras 1 a 4). El tabacón (*N. glauca*), registró la mayor altura de la planta (360.5 cm) y alta fluctuación (desviación estándar) entre observaciones debido a la variación registrada entre las plantas evaluadas (Figura 1). En el caso de la jarilla de monte (*D. viscosa*), la población evaluada en Aquiles Serdán (*D. viscosa* 2) registró la altura menor (173 cm), debido a su crecimiento en terreno rocoso, lo que dificultó su crecimiento debido a que la ausencia de suelo limitó la capacidad de reciclaje de nutrientes (Ramos, 2002).

El diámetro de copa mayor (141 cm) se observó en la jarilla de monte obtenida en el Periférico Sur (*D. viscosa* 1); mientras que, la población evaluada en Aquiles Serdán (*D. viscosa* 2) mostró un valor de 124 cm (Figura 2). El mayor crecimiento en altura y diámetro de copa de la jarilla (*D. viscosa* 1) del Periférico Sur se debió a la presencia de una mayor proporción de suelo y su ubicación cerca de terreno asfaltado, lo que favoreció el escurrimiento de agua de lluvia y el crecimiento de las plantas (Spellerberg y Morrison, 1998).

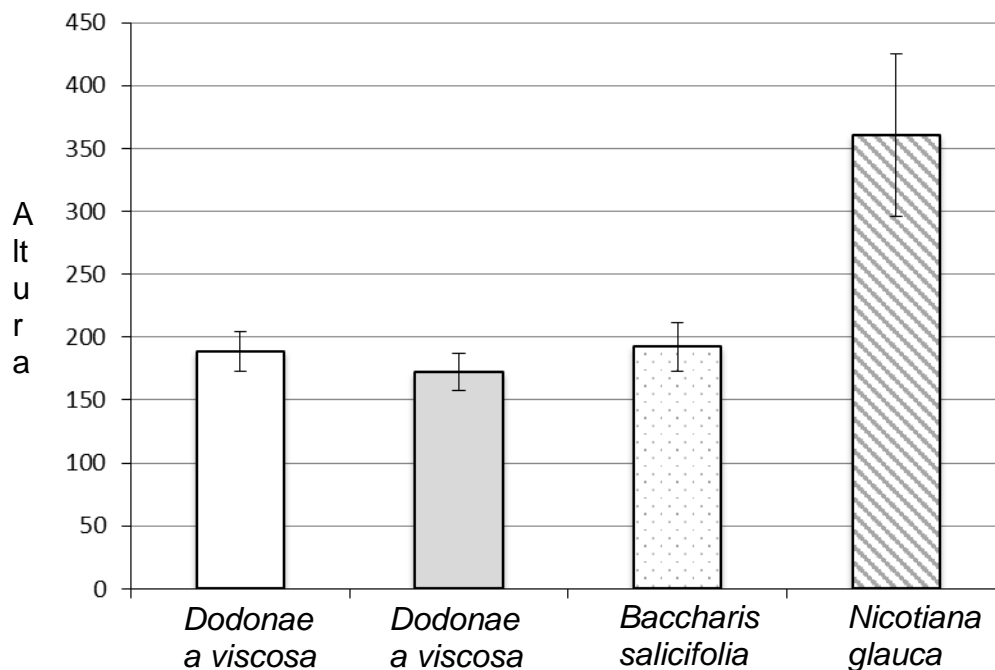


Figura 1. Altura de planta en poblaciones naturales de tres especies con potencial para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. (Valores medios $n= 20 \pm$ desviación estándar).

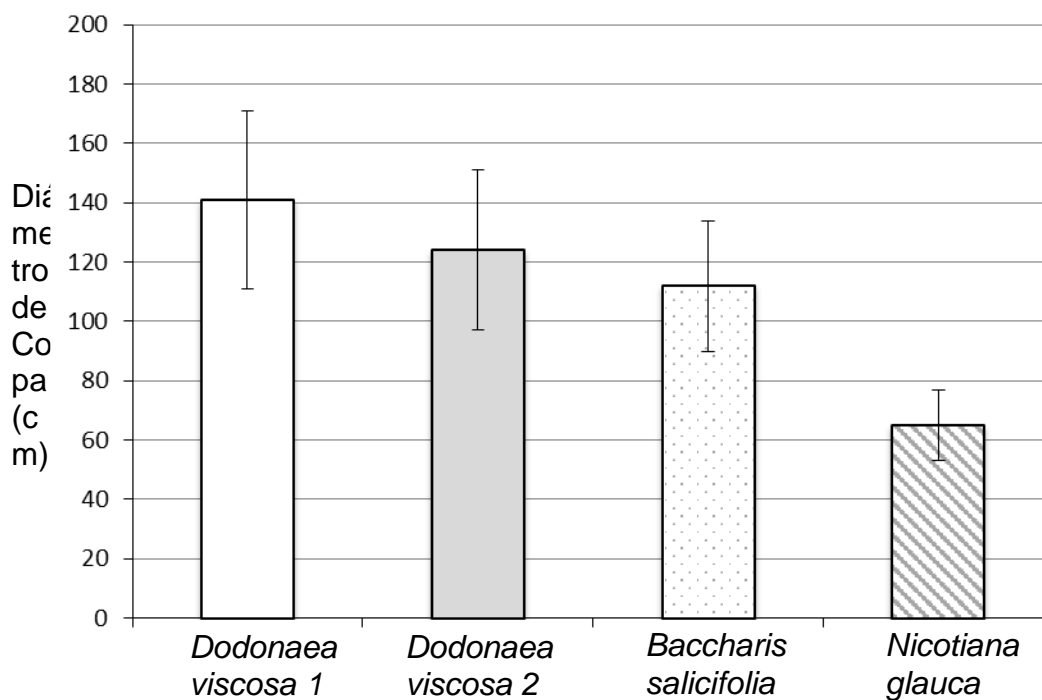


Figura 2. Diámetro de copa en plantas de poblaciones naturales de tres especies con potencial para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. (Valores medios $n= 20 \pm$ desviación estándar).

El peso verde ($2.7 \text{ kg planta}^{-1}$) y seco ($1.8 \text{ kg planta}^{-1}$) fue mayor en la población de jarilla de monte (*D. viscosa*) cortada en Periférico Sur (*D. viscosa* 1) (Figuras 3 y 4); mientras que, la población de Aquiles Serdán (*D. viscosa* 2) registró un valor de $1.8 \text{ kg planta}^{-1}$ para el peso verde y $1.3 \text{ kg planta}^{-1}$ en el caso del peso seco. Los resultados fueron similares a los obtenidos en otros estudios con jarilla, en los que las plantas de dos a cuatro años de edad mostraron peso seco entre 1.0 y $2.1 \text{ kg planta}^{-1}$ (Melo *et al.*, 2011). La jarilla de río (*B. salicifolia*) mostró un rendimiento de biomasa verde de $2.5 \text{ kg planta}^{-1}$ y un peso seco $1.4 \text{ kg planta}^{-1}$. Por su parte el tabacón (*N. glauca*) registró un peso verde de $1.9 \text{ kg planta}^{-1}$; mientras que, en el caso del peso seco mostró el rendimiento más bajo ($0.7 \text{ kg planta}^{-1}$). En todas las especies se observaron valores bajos de peso seco por planta, por lo que se realizarán estudios de la densidad poblacional para determinar la productividad potencial de biomasa por hectárea. También, se iniciará la caracterización industrial de la biomasa de las especies bajo estudio, mediante la determinación del poder calorífico superior y el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina.

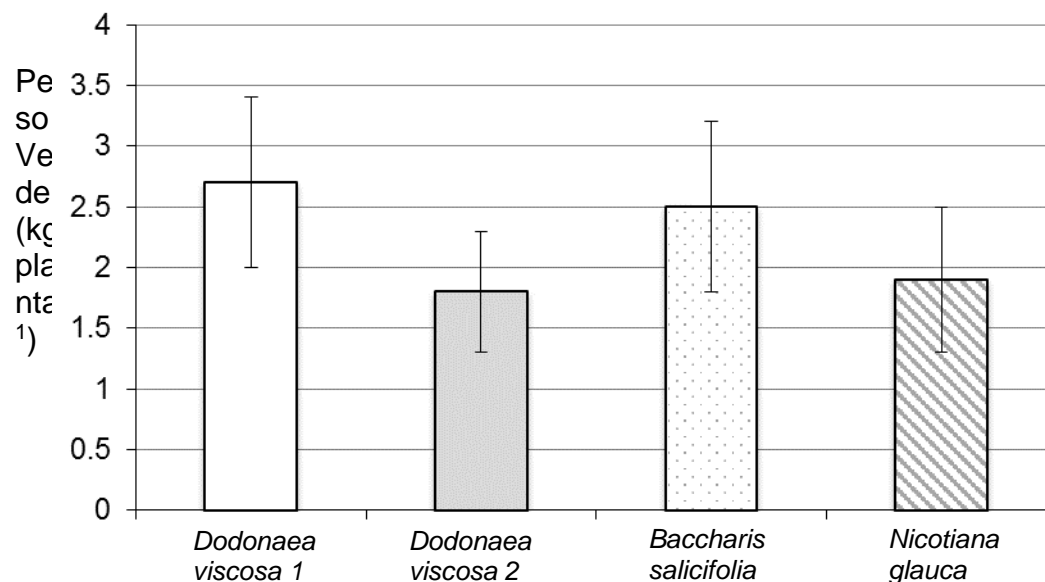


Figura 3. Peso en verde en plantas de poblaciones naturales de tres especies con potencial para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. (Valores medios $n= 20 \pm$ desviación estándar).

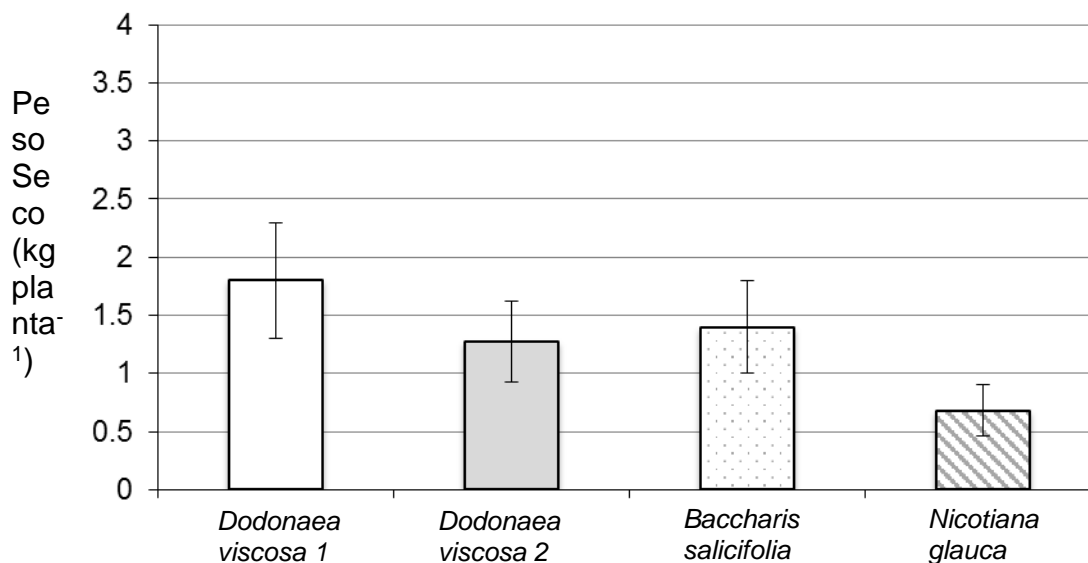


Figura 4. Peso seco en plantas de poblaciones naturales de tres especies con potencial para la obtención de biomasa dendroenergética en Durango. (Valores medios $n= 20 \pm$ desviación estándar).

CONCLUSIONES

Se identificaron especies de alternativa para incluirse en programas de producción sostenible de biomasa y su utilización en la industria dendroenergética. La producción de biomasa de las especies estudiadas fue baja, lo cual puede ser compensado con una alta densidad de población para incrementar el rendimiento por unidad de superficie. El uso de biomasa obtenida de especies arbustivas y ecológicamente exitosas reducirá la presión sobre el bosque templado, su recolección generará empleos y se obtendrán beneficios económicos para los productores del área rural del municipio de Durango.

BIBLIOGRAFÍA

- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Juan P., J. I. 2013. Funciones e importancia económica del recurso chapulxtle (*Dodonaea viscosa*) en un ejido del Subtrópico Mexicano. OIDLES 7(14): 1-23.
- Medina G., G.; G. Díaz P.; J. López H.; J. A. Ruiz C.; 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, Dgo. México. 224 p.
- Melo, O., N. Rodríguez, y F. Rojas. 2011. Carbono capturado y acumulación de biomasa en cinco especies leñosas nativas de la cordillera oriental, utilizadas en programas de restauración ecológica en la sabana de Bogotá. Rev. Asoc. Col. Cienc. Biol. 23: 91-102.
- Ramos M., C. 2002. Producción de hojarasca en *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae): Un mecanismo que facilita la sucesión primaria. Acta Biológica Colombiana 7(1): 53-57.

- Salazar S., L. M.; R. Rosales S.; R. Jiménez O.; J. C. Ríos S.; J. A. Sigala R.; A. Carrillo P.; P. A. Domínguez M.; M. Martínez F. 2015. Optimización calorífica en especies vegetales con potencial para la producción de biomasa dendroenergética en Durango. *AGROFAZ* 15(1): 147-154.
- Spellerberg, I. F., and T. Morrison. 1998. The ecological effects of new roads: a literature review. Dept. of Conservation. Wellington, New Zealand. Consulted on line 25/07/2017. 58 p. <http://www.doc.govt.nz/Documents/science-and-technical/Sfc084.pdf>.

LÍNEAS MEJORADAS DE FRIJOL CON ALTA CALIDAD COMERCIAL ADAPTADAS BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN DURANGO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Hilario Flores Gallardo¹, Reynaldo Alfredo Domínguez Gándara², Arely Concepción Estrada Flores² y Mauricio Salvador Meza Simental²

¹INIFAP-Durango. Campo Experimental Valle del Guadiana. km 4.5 carretera Durango - El Mezquital, Durango, México. C. P. 34170. ²Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. km 22.5 Carretera Durango - México. Villa Montemorelos, Durango, México. C. P. 34371. *rosales.rigoberto@inifap.gob.mx; rigoberto_serna@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El programa de mejoramiento genético de frijol del INIFAP ha generado líneas mejoradas con diferente tipo comercial de grano y adaptación en condiciones de riego y temporal (secano). Dichas líneas mejoradas pueden utilizarse en el incremento de la productividad y competitividad del cultivo de frijol en Durango. Sin embargo, es necesaria la validación del germoplasma mejorado en condiciones de campo (validación interna) y luego en terrenos de productores cooperantes (validación externa), para seleccionar aquellas que cumplan con los requerimientos de los agricultores, comerciantes, industriales y consumidores. Los agricultores requieren variedades precoces, resistentes a enfermedades, rendimiento alto y grano de fácil comercialización. El consumidor demanda un producto de alta calidad visual, tiempo de cocción reducido, pocos granos reventados durante la cocción y sabor agradable (palatabilidad) (Rosales *et al.*, 2014).

En el INIFAP, se tienen avances considerables en el mejoramiento genético del frijol y se cuenta con líneas que incluyen características deseables en precocidad, rendimiento y calidad comercial del grano; así como, para la tolerancia a algunos patógenos causantes de enfermedades como son antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*) (Rosales *et al.*, 2009). Se han generado líneas mejoradas de frijol dentro de las clases comerciales de mayor importancia en México, con la finalidad de diversificar la producción y abastecer el déficit observado en el caso de grano pinto, flor de mayo, negro (opaco y brillante), alubia (blanco) y azufrado. Con lo anterior, se espera facilitar la comercialización del grano producido en Durango y al mismo tiempo mejorar el beneficio económico obtenido por los productores agrícolas dedicados al cultivo de frijol.

Los productores de frijol de Durango han manifestado la necesidad de incrementar el tamaño del grano de la variedad Pinto Saltillo. El tamaño del grano es determinado con base en el peso y el valor registrado en dicha variedad (<35 g /100 semillas) reduce su aceptación en el

mercado nacional e internacional. Por ello, se han generado líneas y variedades mejoradas de frijol pinto con tamaño de grano mediano y grande (35 a 45 g/100 semillas) (CIAT, 1987; Rosales *et al.*, 2015). También, se han desarrollado líneas dentro de otras clases comerciales de grano con importancia económica y social en México, como es negro opaco (Jamapa), flor de mayo, alubia y azufrado. Dichas líneas carecen de validación en ambientes múltiples, lo cual limita su recomendación para siembras comerciales de frijol en Durango. Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar un grupo de 14 líneas mejoradas de frijol de alta calidad comercial del grano, con base en su adaptación bajo condiciones de riego en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembró un grupo de 14 líneas mejoradas de frijol con diferente tipo comercial de grano: pinto (PT, 7), negro opaco (NGO, 4), alubia (AL, 2) y flor de mayo (FM, 1). La siembra se realizó durante tres ciclos agrícolas (primavera-verano; P-V): 26 de junio (2014), 10 de julio (2015) y 07 de julio (2016), mediante el uso de franjas apareadas de cuatro surcos de 50 m de longitud y 0.81 m de separación. El sitio experimental establecido en el municipio de Durango, en los ciclos P-V 2014 y 2016, se ubicó a los 23° 59' 15" N, 104° 37' 17" O y una altitud de 1,879 m. El suelo predominante del sitio es del tipo franco (arenoso y arcilloso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante en la región es templado semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y la media anual para dicha variable es de 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).

En todos los ciclo agrícolas de evaluación se realizaron dos escardas, una aplicación de herbicida fomesafen (Flex®) y de dos a tres deshierbes manuales, para mantener el cultivo libre de maleza. De igual forma, en todos los casos, la fertilización se aplicó durante la primera escarda y se utilizó la dosis recomendada, por el INIFAP, para el frijol cultivado en condiciones de riego (35-50-00, para N-P₂O₅-K₂O). Se aplicaron entre uno y dos riegos de auxilio para evitar el estrés hídrico severo de las plantas de frijol. Se evaluó el número de días a floración y madurez fisiológica, contabilizados en días después de la siembra (DDS). En madurez fisiológica se tomaron cinco muestras (muestreo sistemático), para determinar el rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y el peso de 100 semillas (g). Las muestras consistieron de dos surcos de 5 m de longitud con una separación entre sí de 0.81 m (8.1 m²). El análisis de varianza para

rendimiento se obtuvo en un diseño completamente aleatorio con cinco repeticiones y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias fueron obtenidos con el paquete estadístico SAS® Ver. 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2014, se observó el valor más alto para el número de días a floración (53 DDS) y madurez (108 DDS), con variaciones entre 46 DDS (PT14059) y 59 DDS (NGO14013, NGO14014 y NGO14035) en el caso de la floración y entre 101 DDS (PT14061 y PT14069) y 114 DDS (NGO14013 y NGO14014) para la madurez fisiológica (Cuadro 1). En 2015 se observó un promedio de 44 DDS para floración y 105 DDS en el caso de la madurez (Cuadro 2); mientras que, en 2016 la floración se presentó 44 DDS y la madurez 96 DDS (Cuadro 3). Las líneas de grano pinto mostraron precocidad a floración y madurez, en comparación con el resto del germoplasma evaluado. A pesar de lo anterior, en 2014 y 2015 se observó mayor duración del ciclo biológico en comparación con otras variedades de frijol, como Pinto Centauro (Rosales *et al.*, 2015), la cual madura entre los 81 DDS y 97 DDS. El incremento en el número de días a madurez se debió al uso de progenitores sensibles al fotoperiodo y con ciclo biológico de intermedio a tardío (Pinto Saltillo y Negro San Luis) (Rosales *et al.*, 2004).

Se obtuvieron diferencias significativas para rendimiento entre las líneas evaluadas, únicamente en 2015 ($p \leq 0.0023$) y 2016 ($p \leq 0.04$). El rendimiento promedio más alto se obtuvo en 2014, con un valor de 3,709 kg ha⁻¹ y fluctuaciones entre 2,039 kg ha⁻¹ (AL14008) y 5,365 kg ha⁻¹ (PT14053). El rendimiento alto, observado en todas las líneas mejoradas de frijol durante 2014 se relacionó con la sobre-estimación de esta variable debido al uso de progenitores genéticamente distantes, ambiente favorable para el cultivo de frijol en siembras tempranas (junio), riego aplicado de forma oportuna y siembra realizada en un lote previamente en descanso, esto último propició un contenido mayor de algunos elementos nutricionales.

Cuadro 1. Líneas mejoradas de frijol seleccionadas en Durango durante el ciclo agrícola primavera-verano 2014.

Línea	Durango 2014			
	Floración	Madurez	Rendimiento kg ha ⁻¹	Peso de 100 Semillas (g)
PT14053	50	110	5,365	37.8
PT14055	55	110	4,640	33.9
PT14029	48	106	3,518	38.2
PT14036	50	106	3,524	38.7

PT14059	46	108	4,167	44.3
PT14061	48	101	3,694	43.6
PT14069	48	101	3,746	40.8
NGO14013	59	114	3,744	32.5
NGO14014	59	114	3,363	28.1
NGO14035	59	110	3,482	25.7
NGO14063	55	110	3,905	23.8
FM14011	54	106	3,026	35.9
AL14008	54	108	2,039	47.9
B. Grande	--	--	--	--
Promedio	53	108	3,709	36.2

En 2015, el rendimiento promedio fue de 1,701 kg ha⁻¹ y se observó fluctuación entre 857 kg ha⁻¹ (NGO14013) y 2,653 kg ha⁻¹ (FM14011). En 2016, el rendimiento promedio fue de 2,673 kg ha⁻¹ y se observaron variaciones entre 1,639 kg ha⁻¹ (AL14008) y 3,508 kg ha⁻¹ (NGO14014). Se registraron niveles altos de rendimiento de grano en algunas de las líneas evaluadas, los cuales deberán corroborarse en siembras semi-comerciales establecidas en Durango (2017). Se observó que el uso de progenitores genéticamente distantes como Negro San Luis, México 332 y Pinto Claro; así como, la obtención de cruza múltiples favorecieron el vigor de las líneas obtenidas en este ciclo de selección.

Es importante mencionar que durante 2015, influyó negativamente la cantidad (221 mm, Cuadro 4) y distribución de la lluvia; así como, las variaciones en la temperatura, ya que a pesar de la aplicación del riego se tuvieron periodos sin lluvia considerable, en varias ocasiones a lo largo del ciclo de cultivo, lo cual en combinación con las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas redujeron el rendimiento del frijol.

El tamaño de la semilla mostró variación a través de los ambientes de estudio y los valores más altos se obtuvieron en 2014, con las líneas de la clase comercial alubia, las cuales alcanzaron 47.9 g/100 semillas (AL14008). La misma línea mejorada de frijol (AL14008) registró el peso más alto de la semilla en 2015 con 45.2 g/100 semillas; mientras que, en 2016 presentó un valor de 45.0 g/100 semillas. Por su parte, el tamaño de semilla menor se registró en la línea de grano negro opaco NGO14063, con valores de 23.8 g/100 semillas en 2014, 21.4 g/100 semillas en 2015 y 22.9 g/100 semillas en 2016. El tamaño de la semilla de esta última línea cumple con los requisitos impuestos por el mercado del frijol negro opaco pequeño (Jamapa), cuyo peso debe ser inferior a 25 g por cada 100 semillas (CIAT, 1987).

Cuadro 2. Líneas mejoradas de frijol seleccionadas en Durango durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015.

Durango 2015				
Línea	Floración	Madurez	Rendimiento kg ha ⁻¹	Peso de 100 Semillas (g)
PT14053	41	110	1,544 ^{abc}	35.6
PT14055	47	110	1,403 ^{abc}	33.4
PT14029	44	98	1,993 ^{abc}	37.6
PT14036	42	97	1,490 ^{abc}	35.8
PT14059	40	97	1,762 ^{abc}	39.3
PT14061	39	97	1,535 ^{abc}	38.2
PT14069	41	98	1,831 ^{abc}	33.9
NGO14013	42	115	857 ^c	24.6
NGO14014	42	115	1,233 ^{bc}	26.1
NGO14035	47	100	2,033 ^{abc}	27.6
NGO14063	48	105	2,343 ^{ab}	21.4
FM14011	45	105	2,653 ^a	34.0
AL14008	43	104	1,439 ^{abc}	45.2
B. Grande	51	115	1,698 ^{abc}	42.7
Promedio	44	105	1,701	34.0

Cuadro 3. Líneas mejoradas de frijol seleccionadas en Durango durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016.

Durango 2016				
Línea	Floración	Madurez	Rendimiento kg ha ⁻¹	Peso de 100 Semillas (g)
PT14053	43	98	3,499 ^a	38.9
PT14055	45	98	2,987 ^a	37.5
PT14029	42	91	2,378 ^a	36.3
PT14036	42	91	2,604 ^a	37.0
PT14059	40	90	3,118 ^a	41.8
PT14061	41	88	2,234 ^a	38.4
PT14069	42	94	2,907 ^a	37.3
NGO14013	46	103	3,031 ^a	31.8
NGO14014	47	104	3,508 ^a	30.0
NGO14035	46	101	2,628 ^a	26.5
NGO14063	47	99	2,533 ^a	22.9

FM14011	46	101	2,507 ^a	35.6
AL14008	43	94	1,639 ^b	45.0
B. Grande	50	98	1,849 ^b	42.1
Promedio	44	96	2,673	35.8

Cuadro 4. Variables climáticas registradas en tres ciclos agrícolas de evaluación de líneas mejoradas de frijol desarrolladas en Durango.

Sitio	Fecha de Siembra	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Lluvia (mm)
Durango, 2014	26/06/2014	27.4	13.1	351
Durango, 2015	10/07/2015	27.7	13.4	221
Durango, 2016	07/07/2014	26.8	14.2	357

(INIFAP, 2017).

CONCLUSIONES

Se cuenta con líneas mejoradas de frijol sobresalientes en Durango, con base en su rendimiento, calidad comercial del grano y adaptación, principalmente en condiciones de riego. Es recomendable que las líneas sean validadas en parcelas semi-comerciales, para verificar sus niveles de rendimiento y calidad del grano bajo condiciones de riego. El uso de padres genéticamente distantes y cruzamientos múltiples favorecieron el incremento del rendimiento potencial obtenido con líneas mejoradas de frijol en Durango.

BIBLIOGRAFÍA

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. *In*: A. van Schoonhoven, y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 87 p.
- 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.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Consultado en línea 15/07/2017. <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, Dgo. México. 224 p.
- 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.
- Rosales S., R., J. A. Acosta G., F. J. Ibarra P., E. I. Cuéllar R., y C. A. Nava B. 2009. Validación de variedades y líneas mejoradas de frijol en Durango. Publicación Especial Núm. 27. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 92 p.

- Rosales S., R., C. A. Nava B., H. González R., M. D. Herrera, J. C. Jiménez G., N. Y. Z. Ramírez C., y E. S. Osuna C. 2014. Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(2): 309-315.
- Rosales S., R., E. I. Cuéllar R., y L. M. Salazar S. 2015. Variedades para incrementar el rendimiento y la calidad del frijol. INIFAP-CIRCE-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 2 p.

MANEJO INTEGRAL DEL RIEGO PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN VARIEDADES DE FRIJOL CULTIVADAS EN DURANGO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Hilario Flores Gallardo¹, Juan Carlos López González², Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹ e Ixchel Abby Ortiz Sánchez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, México. C. P. 34170. ²Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG). Carretera Durango - México km 22.5. Villa Montemorelos, Durango, México. C. P. 34371. *rosales.rigoberto@inifap.gob.mx, rigoberto_serna@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es uno de los cultivos de mayor importancia económica, alimenticia y social en Durango, donde se utiliza para el consumo humano y comercialización de excedentes en el mercado nacional e internacional. Esta leguminosa es cultivada principalmente en condiciones de temporal (secano), a pesar de su importancia en la economía, nutrición y carga nutracéutica que favorece la salud humana (Rosales *et al.*, 2016). En Durango, se han realizado algunos intentos para cultivar frijol en condiciones de riego, con la finalidad de incrementar la productividad del agua, reducir el gasto hídrico y obtener un rendimiento de grano competitivo (Rosales *et al.*, 2016). En esta entidad, el mejoramiento genético del frijol ha favorecido la precocidad y reducción del requerimiento hídrico de las variedades que se cultivan en la actualidad, principalmente Pinto Saltillo.

Se requiere la caracterización de las variedades de frijol cultivadas en Durango, para implementar el uso de herramientas tecnológicas en la programación precisa del riego; así como, para la predicción fenológica y el incremento de la productividad del agua y del rendimiento de grano (Flores *et al.*, 2016; Rosales *et al.*, 2016). La mayoría de las variedades de frijol pinto, predominantes en siembras comerciales realizadas en Durango (Pinto Saltillo), son sensibles al fotoperiodo (Rosales *et al.*, 2004; Rosales *et al.*, 2012). Lo anterior, causa modificación del tiempo requerido para que dichas variedades alcancen cada una de las etapas fenológicas, en respuesta a la duración del periodo iluminado del día. En condiciones de riego se prefieren variedades neutras para aprovechar la posibilidad de sembrarlas en cualquier época del año, cuando las temperaturas sean favorables para el cultivo del frijol.

Se han desarrollado varios métodos para predecir la fenología del frijol en diferentes ambientes de producción (Miller *et al.*, 2001; Baez *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2016). El método de grados día (°D) se basa en las temperaturas reales, acumula grados día entre umbrales térmicos y es considerado como el más preciso para predecir el momento en que ocurrirán las etapas fenológicas en diferentes especies vegetales (Miller *et al.*, 2001; Rosales *et al.*, 2016). La evaluación de la productividad del agua se realiza con el método que incluye la división del

rendimiento comercial obtenido sobre un determinado volumen de agua, este último medido con base en la lámina de riego aplicada (Sadras *et al.*, 2011; Spurgeon y Yonts, 2013; Hari Krishna *et al.*, 2014; Rosales *et al.*, 2016). El objetivo fue evaluar un sistema de manejo integral del riego basado en el tiempo térmico y lámina de riego apropiada para aumentar la productividad del agua en dos variedades de frijol pinto cultivadas en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento para la evaluación del rendimiento de grano en dos variedades de frijol cultivadas en tres regímenes de humedad (100, 80 y 60 % de humedad aprovechable) y tres ambientes (Durango 2015; Canatlán 2015 y Durango 2016). El sitio experimental establecido en el municipio de Durango, en 2015 y 2016, se ubicó a los 23° 59' 16" N, 104° 37' 16" O y una altitud de 1,879 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. En Canatlán, el sitio experimental se ubicó a los 24° 33' 08" N, 104° 44' 33" O y una altitud de 1,945 m. El suelo predominante es franco-arenoso, con baja capacidad de retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4 %, pH de 8.3 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima que predomina en los dos sitios de estudio es el templado semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, muestra variación fuerte de temperatura y la media anual para esa variable es 17.4 °C (García, 1987).

Se sembraron las variedades de frijol Pinto Saltillo y Pinto Centauro el 10 de julio (Durango, 2015), 13 de julio (Canatlán, 2015) y 7 de julio (Durango, 2016). Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas y de cuatro (2015) a ocho (2016) repeticiones. La parcela experimental consistió en 12 a 32 surcos de 8 a 10 m de longitud y 0.81 m de separación. Se realizaron dos escardas, una aplicación de herbicida (fomesafen) y dos deshierbes manuales, para mantener el cultivo libre de maleza. La fertilización se aplicó durante la primera escarda y se utilizó la dosis 35-50-00 (N-P₂O₅-K₂O).

Se aplicaron tres tratamientos de humedad aprovechable (HA) del suelo: Riego Total (RT) = 100 % y Riego Deficitario (RD) al 80 % y 60 %. El contenido de humedad se evaluó antes y después de cada riego mediante el uso del equipo TDR HydroSense II (Time Domain Reflectometer, Campbell Scientific, Logan UT, USA). La lámina de reposición (dc) se calculó con la ecuación $dc = [(Wc-Wa)/100]*PEA*D$; Donde Wc es la capacidad de campo (%), Wa es el contenido de humedad del suelo antes del riego, PEA corresponde al peso específico aparente (g cm⁻³) y D es la profundidad efectiva de raíces (0.30 m) (Morábito *et al.*, 2008).

Se registró cada una de las etapas fenológicas del frijol, desde la emergencia de las plántulas y hasta la madurez fisiológica de cada variedad. Para el registro fenológico se utilizaron los métodos del número de días después de la siembra (DDS) (CIAT, 1987) y el cálculo de grados día de desarrollo ($^{\circ}\text{D}$) (Miller *et al.*, 2001; Rosales *et al.*, 2016). Se registró también, la temperatura máxima y mínima (INIFAP, 2017), cantidad de agua aplicada [Lámina de riego acumulada (L_{r_a}) = lluvia (mm) + riego (mm)], rendimiento y productividad del agua (PA).

El número de $^{\circ}\text{D}$ fue estimado con las condicionantes propuestas por Ojeda *et al.* (2006) y se utilizaron los valores de temperatura mínima (10°C) y máxima (28°C), relacionados con el intervalo requerido (umbral) para el crecimiento de las plantas del frijol (Jenni *et al.*, 2000; Araujo *et al.*, 2016). En madurez se tomaron tres sub-muestras de plantas en dos surcos de 5 m de longitud y una separación de 0.81 m (8.1 m^2), para determinar el rendimiento de grano. La productividad del agua se calculó con la ecuación [$\text{PA} = (\text{rendimiento kg ha}^{-1}) / L_{r_a}\text{ mm}$] (Sadras *et al.*, 2011; Spurgeon y Yonts, 2013; Hari Krishna *et al.*, 2014; Rosales *et al.*, 2016).

El análisis de varianza para el rendimiento en cada sitio se obtuvo en un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y de cuatro a ocho repeticiones. La comparación de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En el análisis de varianza y la prueba de medias se utilizó el paquete estadístico SAS® Ver. 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad Pinto Centauro mostró precocidad a floración (40 a 41 DDS) y madurez (92 a 99 DDS) en todos los ambientes (sitios x condición de humedad) (Cuadro 1). Con base en lo anterior, la acumulación de $^{\circ}\text{D}$ fue también inferior en Pinto Centauro (floración 406°D a 430°D y madurez 893°D - 967°D), ya que la fenología evaluada en DDS mostró relación estrecha ($R^2 = 0.99$) con la estimación obtenida con el uso del tiempo térmico (Figura 1). Los resultados muestran que es posible utilizar cualquiera de las variables para describir el desarrollo del frijol y se comprobó que la evaluación basada en DDS es más sencilla por su determinación visual, aunque el uso de $^{\circ}\text{D}$ es más común en los programas de cómputo para la predicción fenológica (Ojeda *et al.*, 2006).

El rendimiento de grano fue estadísticamente igual entre variedades y únicamente en Canatlán (2015) se observaron diferencias ($p \leq 0.0001$) entre tratamientos de humedad (Cuadro 1). En este sitio se observó igualdad estadística entre variedades y el valor más alto de rendimiento en Pinto Saltillo ($3,344\text{ kg ha}^{-1}$) y Pinto Centauro ($3,157\text{ kg ha}^{-1}$) se registró en el tratamiento de 100 % de HA. Se observó respuesta similar en ambas variedades conforme se incrementó la cantidad de agua aplicada, lo que demostró su cercanía genética y potencial de rendimiento

similar (Rosales *et al.*, 2012). En Durango 2015, se obtuvieron rendimientos entre 2,546 kg ha⁻¹ a 3,380 kg ha⁻¹; mientras que, en 2016 el rendimiento de ambas variedades fluctuó entre 3,200 kg ha⁻¹ a 3,687 kg ha⁻¹. Se observaron resultados similares a los reportados en otros estudios con frijol, donde se dificultó la detección de diferencias estadísticas entre niveles de aplicación de agua (Spurgeon y Yonts, 2013), debido principalmente a los mecanismos de tolerancia presentes en las variedades bajo estudio.

Cuadro 1. Fenología y rendimiento registrado en dos variedades de frijol evaluadas en tres sitios y tres tratamientos de humedad.

Variedad	(Durango, 2015)			(Canatlán, 2015)			(Durango, 2016)		
	DF [†]	DMF [¶]	Rd	DF [†]	DMF [¶]	Rd	DF [†]	DMF [¶]	Rd
	§100 % (765 mm)			100 % (631 mm)			100 % (566 mm)		
P. Saltillo	43 ₍₄₄₈₎	103 _(1,013)	3,129	45 ₍₄₅₉₎	101 ₍₉₅₀₎	3,344 ^a	43 ₍₄₄₈₎	95 ₍₉₁₇₎	3,576
P. Centauro	41 ₍₄₂₇₎	97 ₍₉₆₇₎	2,546	40 ₍₄₀₆₎	99 ₍₉₃₇₎	3,157 ^a	41 ₍₄₃₀₎	92 ₍₈₉₃₎	3,548
	§80 % (425 mm)			80 % (497 mm)			80 % (538 mm)		
P. Saltillo	42 ₍₄₃₈₎	102 _(1,007)	3,380	45 ₍₄₅₉₎	99 ₍₉₃₇₎	1,946 ^b	42 ₍₄₄₀₎	94 ₍₉₀₉₎	3,466
P. Centauro	41 ₍₄₂₇₎	96 ₍₉₅₈₎	2,890	41 ₍₄₁₆₎	98 ₍₉₃₀₎	2,190 ^b	41 ₍₄₃₀₎	93 ₍₉₀₀₎	3,687
	§60 % (377 mm)			60 % (401 mm)			60 % (440 mm)		
P. Saltillo	43 ₍₄₄₈₎	103 _(1,013)	2,665	44 ₍₄₄₇₎	100 ₍₉₄₃₎	1,645 ^c	43 ₍₄₄₈₎	93 ₍₉₀₀₎	3,292
P. Centauro	41 ₍₄₂₇₎	97 ₍₉₆₇₎	2,686	41 ₍₄₁₆₎	97 ₍₉₂₃₎	1,705 ^c	41 ₍₄₃₀₎	92 ₍₈₉₃₎	3,200
Media	42 ₍₄₃₈₎	99 ₍₉₈₆₎	2,883	43 ₍₄₃₆₎	99 ₍₉₃₇₎	2,331	42 ₍₄₄₀₎	93 ₍₉₀₀₎	3,461

†DF = días a floración; ¶DMF = días a madurez fisiológica, el subíndice representa la acumulación de grados día (°D); Rd = rendimiento kg ha⁻¹; §Valor relativo, basado en el contenido hídrico del suelo y lámina de riego acumulada (L_a). ^{a-c}Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre variedades y L_a, de acuerdo con la prueba de Tukey (p ≤ 0.05).

Fenología y acumulación de grados día. En Durango 2015, se observó similitud en la respuesta fenológica en ambas variedades para días a emergencia y °D (subíndice) (8₈₄ DDS_{°D}), hojas primarias (12₁₂₄ DDS_{°D}) y primera hoja trifoliolada (15₁₅₃ DDS_{°D}) (Figura 1). Después, la variedad Pinto Saltillo, comparada con Pinto Centauro, presentó menor cantidad de días a la aparición de la tercera hoja trifoliolada (21₂₁₁ vs. 23₂₂₈ DDS_{°D}) y retraso en prefloración (41₄₂₄ vs. 39₄₀₆ DDS_{°D}), floración (43₄₄₅ vs. 41₄₂₄ DDS_{°D}), formación de vainas (56₅₈₂ vs. 53₅₅₁ DDS_{°D}), llenado de grano (60₆₃₆ vs. 57₆₀₂ DDS_{°D}) y madurez fisiológica (103_{1,013} vs. 97₉₆₄ DDS_{°D}).

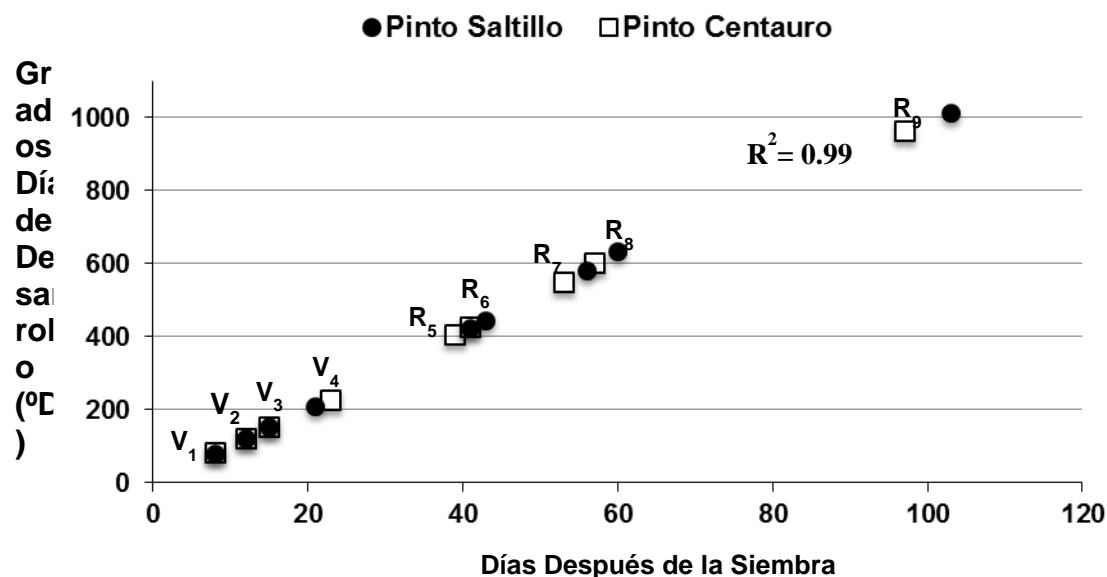


Figura 1. Relación entre el número de días para alcanzar una etapa fenológica y la cantidad de grados día ($^{\circ}\text{D}$) acumulados en dos variedades de frijol. Durango, 2015.

En Canatlán (2015), la variedad Pinto Centauro mostró menor acumulación de $^{\circ}\text{D}$ a madurez fisiológica (98_{930} $\text{DDS}^{\circ}\text{D}$) en comparación con Pinto Saltillo (100_{943}). Para el caso de Durango 2016, se observó que la madurez fisiológica de Pinto Centauro fue menor (92_{895} $\text{DDS}^{\circ}\text{D}$) en comparación con Pinto Saltillo (94_{909}). El retraso inicial en la fenología de Pinto Centauro, observada en algunos sitios, se debió al mayor tamaño de sus semillas ($34 \text{ g } 100 \text{ semillas}^{-1}$) en comparación con Pinto Saltillo ($31 \text{ g } 100 \text{ semillas}^{-1}$) (Rosales *et al.*, 2012), lo que retrasó la imbibición, germinación y emergencia. Se observó relación estrecha entre el registro de la fenología con base en el número de DDS y la cantidad de $^{\circ}\text{D}$ acumulados ($R^2 = 0.99$). Los resultados permitieron corroborar la influencia de las temperaturas máximas y mínimas sobre la respuesta del frijol en todos los sitios de cultivo y regímenes de humedad, por lo que debe considerarse este factor al momento de la calendarización del riego.

Productividad del agua. La productividad del agua en las variedades de frijol evaluadas fluctuó entre $3.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ y $8.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, a través de sitios de siembra y tratamientos de humedad. Se observó tendencia a reducir la productividad del agua (PA) cuando se incrementó la lámina de riego aplicada (L_r) al frijol (Figura 2). El nivel más alto de PA (7.3 a $8.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), en ambas variedades, se registró con L_r entre 425 mm y 460 mm . En las L_r que sobrepasaron los 750 mm se registró un nivel bajo de PA ($3.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), debido principalmente al exceso de humedad con respecto al nivel recomendado para frijol (400 - 631 mm ; Villordo *et al.*, 2015; Rosales *et al.*, 2016). Los valores de PA resultaron inferiores a los

observados en otros estudios con frijol, en los que se registraron niveles de PA entre $4.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ y $10.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Beebe *et al.*, 2013; Spurgeon y Yonts, 2013).

La fluctuación en la PA se relacionó directamente con el tipo de suelo, sitio de siembra, temperatura y láminas de riego aplicadas. En Durango, la aplicación apropiada del agua de riego puede incrementar entre 59 y 65 % el rendimiento medio estatal del frijol irrigado ($1,200 \text{ kg ha}^{-1}$) y reducir entre 22 % (2016) y 51 % (2015) la cantidad de agua utilizada en la producción de esta leguminosa. En Canatlán, la disminución de 21 % y 36 % del agua aplicada redujo significativamente el rendimiento de grano, debido al tipo de suelo y las temperaturas (máximas y mínimas) registradas durante el ciclo de cultivo.

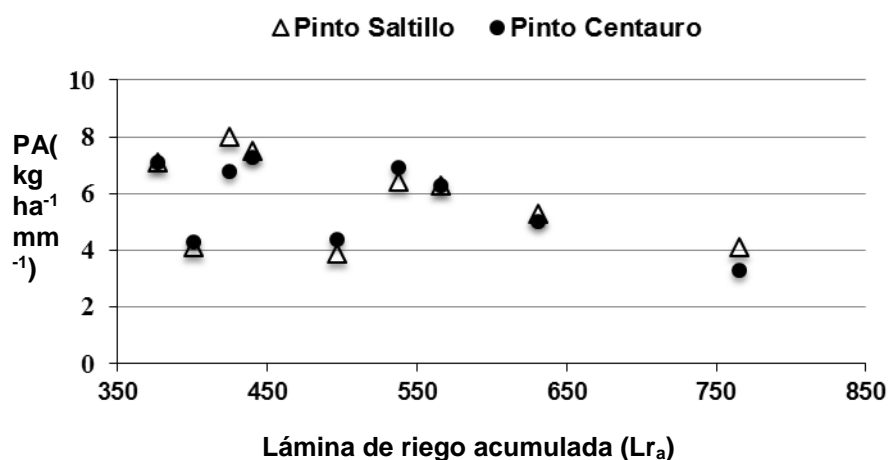


Figura 2. Relación entre la lámina de riego acumulada y la productividad del agua (PA) en dos variedades de frijol cultivadas en tres sitios y tres tratamientos de humedad.

CONCLUSIONES

El frijol requirió condiciones de cultivo apropiadas para la acumulación entre $893 \text{ }^{\circ}\text{D}$ a $1,013 \text{ }^{\circ}\text{D}$, durante el periodo de cultivo, según la variedad, sitio de siembra y variaciones en la temperatura máxima y mínima. Esta leguminosa es una opción productiva en condiciones de riego, donde expresó su potencial de rendimiento con L_{r_a} entre 425 y 631 mm. En Durango, se observó que ambas variedades de frijol, Pinto Saltillo y Pinto Centauro, mostraron valores altos para rendimiento en 80 % de humedad aprovechable del suelo. Se corroboró la influencia de la temperatura y humedad edáfica sobre la productividad del agua en frijol. La aplicación de dos láminas de riego moderadas (50.0 mm a 102.6 mm) y el uso de variedades con valores altos de la productividad del agua (cercana a $8.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) incrementarán la sostenibilidad de la producción de frijol en Durango.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se desarrolló dentro del proyecto: Parametrización de modelos para el pronóstico del riego en tiempo real a través de un portal web y dispositivos móviles, con clave 1123333087 y financiado con Fondos Fiscales INIFAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Araujo de M., G., L. Antonio D., and F. Hashimoto F. 2016. Growth, development, and water consumption of irrigated bean crop related to growing degree-days on different soil tillage systems in southeast Brazil. *Intl. Jour. Agron.* 216: 1-7.
- Baez G., A. D., J. R. Kiniry, J. S. Padilla R., G. García M., J. L. Ramos G., and E. S. Osuna C. 2015. Parametrization of almanac crop simulation model for non-irrigated dry bean in semi-arid temperate areas in México. *Interciencia* 40(3): 185-189.
- Beebe, S. E., I. M. Rao, M. W. Blair, and J. A. Acosta G. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Front. Phys.* 4(35): 170-189.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia. 87 p.
- Flores G., H., P. A. Domínguez M., M. P. Narváez M., F. Zavala E., S. Santana E., y R. V. García H. 2016. Predicción fenológica en cultivos agrícolas bajo tiempo térmico. Folleto Técnico Núm. 85. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 28 p.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Hari Krishna, B., A. Mani, M. Uma Devi, and V. Ramulu. 2014. Water productivity of agricultural crops in Upper Manair Catchment. *Intl. Jour. Innov. Res. Develop.* 3(1): 377-382.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Consultado en línea 15/04/2017. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>.
- Jenni, S., G. Bourgeois, H. Laurence, G. Roy, and N. Tremblay. 2000. Improving the prediction of processing bean maturity based on the growing-degree day approach. *HortScience* 35(7): 1234-1237.
- Miller, P., W. Lanier, and S. Brandt. 2001. Using growing degree days to predict plant stages. Montana State University. Bozeman, MT. 7 p.
- Morábito, J., S. Salatino, G. Anbella, y D. Prieto. 2008. Evaluación de campo al riego de los agricultores: casos prácticos y ventajas para la difusión de la tecnología apropiada; asesoramiento a los regantes para la modernización de los regadíos y su ambientalidad. Jornada sobre "ambiente y riegos: modernización y ambientalidad. CYTED-Ministerio de Asuntos Exteriores. Agencia Española para la Cooperación Internacional. La Antigua, Guatemala. pp. 3-81.
- Ojeda B., W., E. Sifuentes I., y H. Unland W. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia* 40(1): 13-25.
- 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.
- Rosales S., R., E. I. Cuéllar R., C. A. Nava B., H. González R., F. J. Ibarra P., y J. A. Acosta G. 2012. Pinto Centauro: variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Folleto Técnico Núm. 62. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 30 p.
- Rosales S., R., H. Flores G., and J. C. López G. 2016. Water regime effects on phenology and seed yield of two common bean cultivars grown in Durango, México. *Ann. Rpt. Bean Improv. Coop.* 59: 241-242.
- Sadras, V. O., P. Grassini, and P. Steduto. 2011. Status of water use efficiency of main crops. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Rome and Earthscan, London. 41 p.
- Spurgeon, W. E., and C. D. Yonts. 2013. Water productivity of corn and dry bean rotation on very fine sandy loam soil in western Nebraska. *Biol. Syst. Eng. Paper* 416: 885-892.
- Villordo P., E., M. M. González C., P. Giraldo C., J. A. Acosta G., and J. Caballero P. 2015. Identification of novel drought-tolerant-associated SNPs in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Frontier in Plant Science* 6: 546.

FERTILIZACIÓN EXPONENCIAL DE *Pinus engelmannii* Carr. EN VIVERO

^{1*} Ramírez-Chairez Edgar José, ²Prieto Ruíz José Ángel, ² Goche Telles José Rodolfo, ³Wehenkel Christian, ³ Hernández Díaz José Ciro

¹Alumno de la Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales (UJED), Carretera Durango-Mezquital Km. 11.5, Durango, Dgo. ²Facultad de Ciencias Forestales (UJED), Río Papaloapan y Blvd. Durango S/N Col. Valle del Sur, C.P. 34120, Durango, Dgo., México. ³Boulevard del Guadiana #501 Ciudad Universitaria C.P. 34120 Durango, Dgo. México. *ramirez-chairez@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En México, la pérdida de cubierta forestal por causas diversas, es un problema importante que debe atenderse, ya que anualmente se deforestan 155 mil hectáreas de bosque (CONAFOR-SEMARNAT, 2014). En este sentido, las actividades de reforestación contribuyen a contrarrestar el deterioro a los recursos forestales. La producción de planta forestal en vivero es parte de la cadena del proceso de reforestación; dentro de esta actividad existen prácticas culturales que ayudan a obtener planta de calidad, una de ellas es la fertirrigación, medio a través del cual se suministran los nutrimentos necesarios a la planta para su crecimiento adecuado. La fertirrigación puede ser convencional o exponencial, esta última ha sido menos estudiada y utilizada; sin embargo, Timmer y Aidelbaum (1996) mencionan que la fertilización convencional puede tener como resultado planta sobrefertilizada en las primeras etapas de crecimiento y al final de su estadía en vivero puede presentar dilución de nutrimentos; en cambio, con la fertilización exponencial se logra cubrir la demanda de nutrimentos conforme la planta va creciendo. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo comparar el efecto de la fertilización convencional y exponencial sobre las características morfológicas de *Pinus engelmannii* Carr en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. El experimento se realizó en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), ubicado en el municipio de Durango, Dgo, México, a 1860 m de altitud y en las coordenadas 24°00'47.5" N y 104° 41'02.5 W.

Condiciones de producción. Las especie evaluada fue *Pinus engelmannii* Carr. con semilla procedente de la localidad de San José de Miravalles, San Dimas, Durango, el sitio de colecta está ubicado en las coordenadas 24°18'1.0" N y 105°26'34" W. Previo a la siembra, como tratamiento pregerminativo la semilla se remojó en agua durante 24 horas; posteriormente se desinfectó en una solución compuesta por 90% de agua y 10% de cloro y por último se

impregnó con el fungicida en polvo Tecto® (tiabendazol: 2-(4-Tiazolil)-1H-benzimidazol). Como envases se utilizaron charolas de poliestireno expandido de 77 cavidades y 170 mL de volumen por cavidad. El sustrato empleado estuvo compuesto por una mezcla de peat moss (50%) y corteza compostada de pino (50%), la cual tuvo una porosidad total del 51.1%, una porosidad de aireación del 24.7% y una capacidad de retención de agua del 26.4%, lo anterior con base a la metodología propuesta por Landis *et al.* (1990).

La siembra se realizó el 06 de octubre del 2015 con una resiembra el 03 de noviembre del mismo año. Las condiciones ambientales en las que estuvo la planta fueron: invernadero (29 semanas), malla sombra al 50% (cuatro semanas) e intemperie (cinco semanas). De estas condiciones y durante todo el ciclo de producción se registró la temperatura, humedad relativa y la intensidad lumínica con un data logger HOBO® U12-012 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedio de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz durante el crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero.

Condición ambiental	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Intensidad lumínica (Lum/ft ²)
Invernadero	17.1	32.3	272.8
Malla sombra	24.2	42.4	286.2
Intemperie	24.2	44.4	646.5

Tratamientos evaluados. Se evaluaron 10 tratamientos, producto de un testigo y la combinación del fertilizante de entrega controlada (FEC) Multicote® 18N - 6P₂O₅ - 12K₂O + 2MgO + micro nutrientes (Haifa Chemicals Ltd.) de 8 a 9 meses de liberación con o sin fertilizante soluble y con la dosis fija o exponencial. Los fertilizantes solubles fueron: Peters Professional® General Purpose 20 N - 10 P₂O₅ - 20 K₂O (eveRRIS ILC Fertilizer Company) y Ultrasol® 19 N – 19 P₂O₅ – 19 K₂O + MgO + ME (SQM The Worldwide Business formula) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de *Pinus engelmannii* Carr. bajo fertilización exponencial en vivero

Tratamiento	Descripción	Dosis
1	Testigo (sin fertilizar)	-
2	Multicote (8-9*) + Sin fertilizante	-
3	Multicote (8-9*) + Ultrasol	Fija
4	Multicote (8-9*) + Peters Professional**	Fija
5	Multicote (8-9*) + Ultrasol (Exponencial)	Exponencial
6	Multicote (8-9*) + Peters Professional**	Exponencial
7	Sin fertilizar + Ultrasol	Fija
8	Sin fertilizar + Peters Professional**	Fija
9	Sin fertilizar + Ultrasol (Exponencial)	Exponencial
10	Sin fertilizar + Peters Professional**	Exponencial

Dónde: N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, *= Meses de liberación y **= General Purpose.

La fertirrigación se aplicó a partir del 21 de enero del 2016, aplicándose los días lunes, miércoles y viernes; la dosis empleadas fueron: *a) dosis fija*: Se adicionaron 1.5 g/L de los fertilizantes solubles mencionados al agua de riego durante todo el ciclo de fertirrigación y, *b) dosis exponencial*: la primera etapa (establecimiento) constó de 15 semanas donde las primeras cinco semanas se aplicó 1.0 g/L, después por cinco semanas se aumentó a 1.5 g/L y en las cinco semanas restantes se administraron 2.0 g/L. La etapa dos duró tres semanas (crecimiento rápido) y se adicionaron 2.0 1.5 y 1.0 g/L por semana, respectivamente; la etapa tres (preacondicionamiento) fue de nueve semanas; en las primeras tres semanas se aplicó 1.0 g/L, después, por tres semanas se aumentó a 1.5 g/L y en las tres semanas restantes se aplicaron 2.0 g/L. El FEC se aplicó a razón de 4 g/L de sustrato y se adicionó al sustrato cuando se preparó.

Variables evaluadas. Después de 11 meses en vivero, para cuantificar las características morfológicas de las plantas, por unidad experimental se seleccionaron 10 individuos al azar a los que se les registró: diámetro del cuello de raíz, evaluado con un vernier digital (con precisión de 0.1 mm), peso verde y seco de la biomasa aérea y de la raíz, registrados con una báscula digital Precisa® (con precisión de 0.01 g), posteriormente cada planta se puso en una bolsa de papel y se secaron en una estufa durante 72 horas a una temperatura constante de 70°C, después se registró el peso seco de la biomasa de cada componente

Con las variables anteriores se determinaron los siguientes índices:

1). Índice de lignificación (IL). Relaciona el peso total seco (g) con el peso total húmedo (g) multiplicado por 100:

$$IL = \left(\frac{\text{Peso total seco (g)}}{\text{Peso total húmedo (g)}} \right) 100$$

2). Índice de calidad de Dickson (ICD). Relaciona distintas variables morfológicas:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro. Presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El mejor valor se presentó en el tratamiento 2 con 4.92 mm seguido del tratamiento 9 con 4.45 mm, mientras que el valor más bajo fue en el testigo con 2.69 mm (Figura 1).

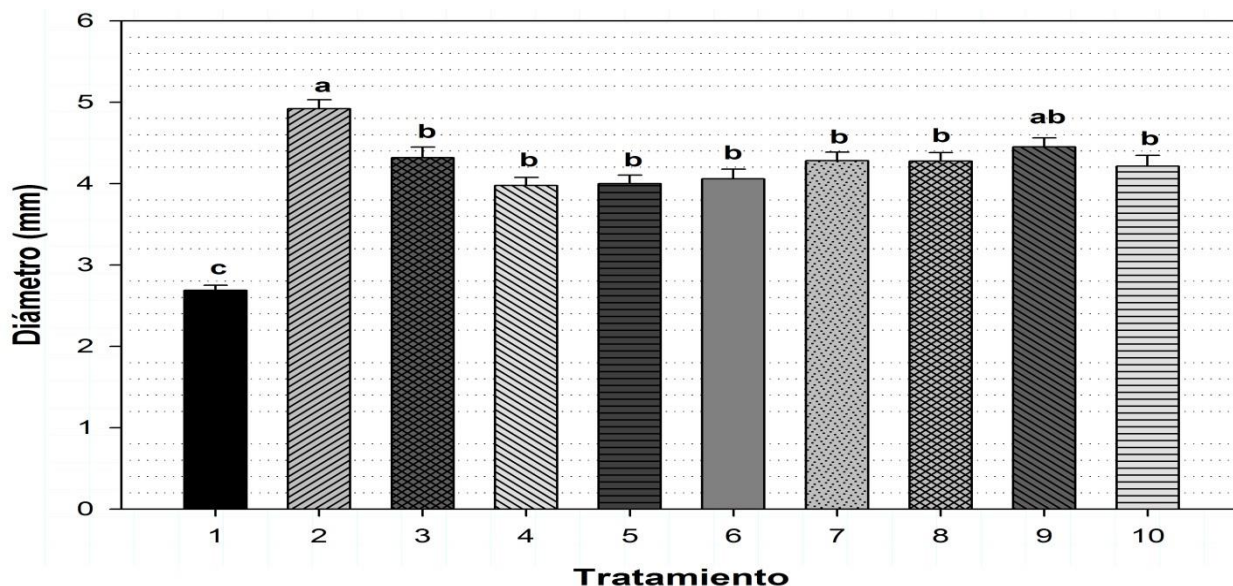


Figura 1. Diámetro de *Pinus engelmannii* Carr a los 10 meses de crecimiento en vivero. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Estos resultados contrastan con los obtenidos por Carrasco *et al.* (2004), donde no encontraron diferencias significativas entre fertilización convencional y exponencial en *Pinus nigra* y *P. halapensis*. La norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (SCFI 2016), menciona que el diámetro para esta especie al salir de vivero debe ser $\geq 5,0$ mm, la causa por la que la planta no presentó un diámetro mayor se pudo deber a la resiembra que se realizó por poca germinación, disminuyendo así, el tiempo que pasó la planta en vivero para desarrollarse.

Producción de biomasa seca. La producción de biomasa seca aérea, radical y total presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. La mejor producción de biomasa aérea, radical y total se presentó en el tratamiento 2 con 1.87, 0.57 y 2.45 g, respectivamente, mientras que la menor producción de biomasa ocurrió en el testigo con 0.26, 0.22 y 0.48 g, respectivamente (Figura 2).

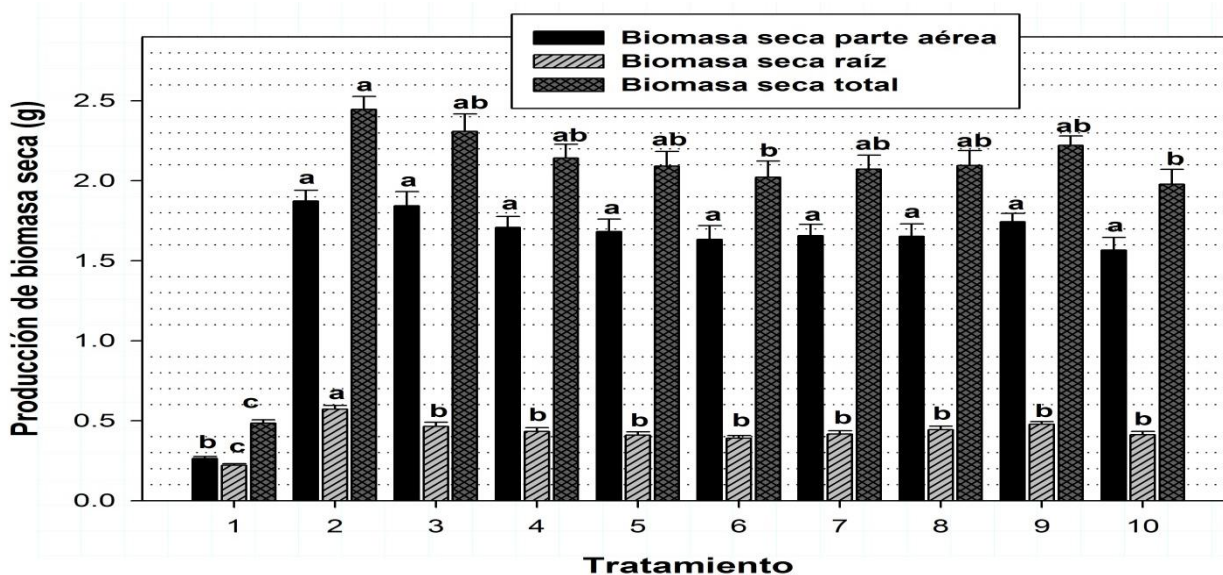


Figura 2. Producción de biomasa seca aérea, radical y total de *Pinus engelmannii* Carr a los 10 meses de crecimiento en vivero. Letras diferentes para cada columna muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Al respecto, en un estudio de calidad de planta Alarcón *et al.* (2010) obtuvieron biomásas secas entre 1.20 y 1.96 g. Por otro lado, Basave *et al.* (2014), utilizando un fertilizante similar (Peters Professional® General Purpose 20-20-20 NPK) en la especie *Enterolobium cyclocarpum*, encontraron que hubo una respuesta negativa a la fertilización exponencial en producción de biomasa, dando mejores resultados la fertilización convencional

Índice de lignificación. Este índice presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El mayor porcentaje de lignificación se obtuvo en el testigo (Figura 3); sin embargo, en los otros indicadores de calidad, la planta de este tratamiento fue inferior a los demás tratamientos, ya que los individuos presentaron el diámetro y la biomasa con el valor menor; debido a que en este índice intervienen el porcentaje de peso seco y contenido de agua en la planta, la relación fue más fuerte. En estudios anteriores, y utilizando fertilizantes y condiciones similares, así como la misma especie, Ávila-Flores *et al.* (2014) reportaron valores de 24.30 a 26.63 %, mientras que Prieto *et al.* (2009) obtuvieron valores de 18 a 29%, siendo similares con los obtenidos en el presente trabajo

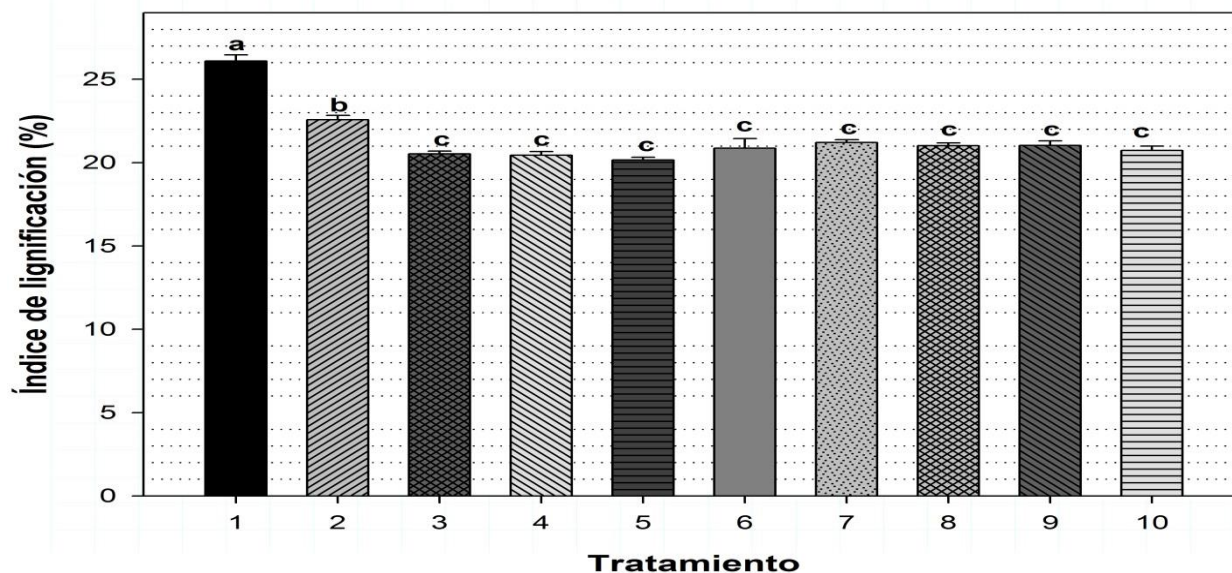


Figura 3. Índice de lignificación de *Pinus engelmannii* Carr a los 10 meses de crecimiento en vivero. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Índice de calidad de Dickson. Este índice presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El mejor índice ocurrió en el tratamiento 2 con 0.55 seguido de los tratamientos 3 y 9 con 0.44, mientras que el testigo obtuvo el valor más bajo con 0.20 (Figura 4). Al respecto, Sáenz *et al.* (2014) y Muñoz *et al.* (2015) establecieron que este índice debe ser ≥ 0.5 para que la planta se considere de calidad alta, en este sentido sólo el tratamiento 2 cumplió dicho valor.

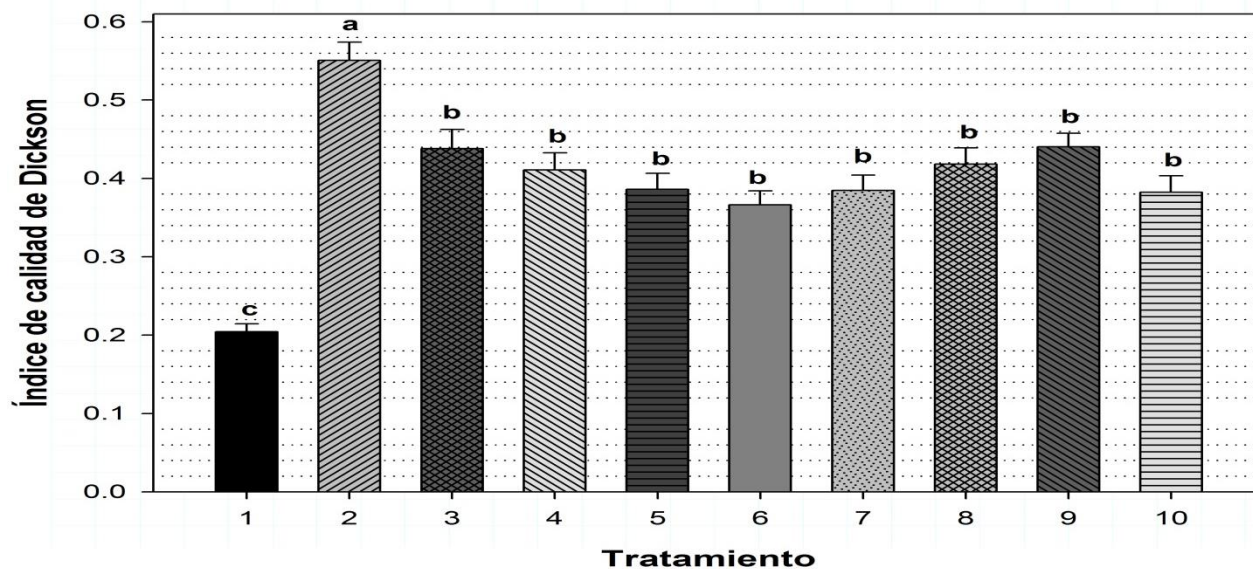


Figura 4. Índice de calidad de Dickson de *Pinus engelmannii* Carr a los 10 meses de crecimiento en vivero. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

- La mejor calidad de planta se obtuvo en el tratamiento 2, cuando se fertilizó con Multicote® 18-6-12 de NPK y sin fertirrigación.
- La planta de menor calidad se produjo cuando no se fertilizó
- Se puede considerar excluir la fertirrigación o bajar las dosis administradas, ya que al adicionar sólo el FEC se podría cumplir con los indicadores de calidad de planta.
- Se recomienda seguir realizando ensayos sobre fertilización ya sea convencional o exponencial, para ampliar el panorama y poder establecer alguna rutina específica para esta especie que permita obtener la mejor calidad de planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón B., M.; Sigala R., J. Á.; Lara M., C. R. 2012. Calidad de planta en ocho viveros forestales del estado de Chihuahua. Publicación especial No. 2. Sitio Experimental La Campana-Madera. Chihuahua, México. 65 p.
- Ávila-Flores I. J.; Prieto-Ruiz J. A.; Hernández-Díaz J. C.; Wehenkel C. A.; Corral-Rivas J. J. 2014. Precondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 20(3): 237-245.
- Basave V., E.; López L., M. Á.; Cetina A., V. M.; Aldrete A.; Almaraz S., J. J. 2014. Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum*. *BOSQUE* 35(3): 301-309.
- CONAFOR-SEMARNAT (Comisión Nacional Forestal, MX - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2014. Programa Institucional 2014 – 2018. México, D. F. 117 p.
- Carrasco M., I.; Peñuelas R., J. L.; Benito M., L. F.; Villar S., P.; Domínguez L., S.; Herrero S., N.; Nicolás P., J. L. 2004. Fertilización convencional y exponencial con diferentes dosis en plantas de *Pinus halepensis* y *Pinus nigra* cultivadas en contenedor. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17: 29-33.
- Landis T.D. 1990. Containers: Types and functions. *In*: Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett . The Container Tree Nursery Manual, volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp: 41-89.
- Muñoz F., H. J.; Sáenz R., J. T.; Coria A., V. M.; García M., J. J.; Hernández R., J.; Manzanilla Q., G. E. 2015. Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27): 72-89.
- Prieto R., J. Á.; Sigala R., J. Á.; Pinedo L., S.; García R., J. L.; Madrid A., R. E.; García P., J. L.; Mejía B., J. M. 2009. Calidad de planta en los viveros forestales de Durango. Publicación especial No. 30. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. 81p.
- Sáenz R., T.; Muñoz F., H. J.; Pérez D., C.M.Á.; Rueda S., A.; Hernández R., J. 2014. Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero Morelia, estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26): 98-111.
- SCFI. 2016. Norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. México, D.F. pp: 69.
- Timmer V. R.; Aidelbaum A.S. 1996. Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve outplanting performance on competitive forest sites. Ontario, Canada.

INFLUENCIA DE LA MICORRIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD DE PLANTA DE *Pinus engelmannii* Carr. PRODUCIDA EN VIVERO

Laura Elena Martínez Nevárez^{1*}, José Ángel Prieto Ruíz², Erickson Basave Villalobos³, Homero Sarmiento López³, Jorge Armando Chávez Simental⁴.

¹Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, UJED. [*laura.elena.mn@gmail.com](mailto:laura.elena.mn@gmail.com) Carretera Durango-El Mezquital, Km. 11.5, Durango, Dgo.; ²Facultad de Ciencias Forestales, UJED. Río Papaloapan, Valle del Sur, Durango, Dgo.; ³Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Carretera Durango-El Mezquital, Km. 4.5, Durango, Dgo.; ⁴Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, UJED. Boulevard del Guadiana #501, Cd. Universitaria, Durango, Dgo.

INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas en viveros forestales con cualidades morfológicas y fisiológicas apropiadas, es sólo un eslabón de la cadena para el éxito de las reforestaciones, que se ve reflejado en el crecimiento y la supervivencia de las plantas (Prieto *et al.*, 2016). La nutrición en vivero representa una de las labores más importantes para alcanzar los estándares de calidad necesarios para que la planta pueda crecer en campo (Oliet *et al.*, 2016).

La micorriza ayuda a mejorar la nutrición de las plántulas, y se debe a una asociación simbiótica entre una planta hospedera y un hongo huésped, en la cual se da un intercambio de nutrientes minerales y carbohidratos derivados de la fotosíntesis (Brundrett *et al.*, 1996). Durante los últimos años la micorrización se ha implementado en la producción de planta en los viveros forestales (Rodríguez, 2008). La fertilización N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio) es el factor principal para lograr una planta en buen estado nutricional. Se han utilizado numerosas formulaciones de estos nutrientes para lograr una buena nutrición (Oliet *et al.*, 2004; Oliet *et al.*, 2009; Latsague *et al.*, 2014), aunque se carece de un procedimiento estándar.

En algunas ocasiones la fertilización detiene el crecimiento de la micorriza (Chávez *et al.*, 2009), y en otras, la micorriza representa un gasto energético para la planta (Choi *et al.*, 2005). No siempre la micorrización refleja en las plantas los mejores parámetros de crecimiento en vivero de las plantas, sin embargo, sí es determinante para la supervivencia en campo (Gómez *et al.*, 2013). En este sentido, se pretende evaluar los efectos que tienen en la nutrición y variables morfológicas de calidad de planta, la producción de *Pinus engelmannii* en vivero con fertilización 19-19-19 N-P-K y la inoculación de hongos micorrícicos del género *Russula*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en el vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CEVAG-INIFAP) ubicado a 23°59'21.82" N y 104° 37'24.01" O, y a 1880 m de altitud.

Se sembró semilla de *P. engelmannii*, procedente de rodales semilleros del ejido Río Verde, Durango, a los 18 días de la siembra se trasplantó a tubetes individuales de plástico rígido con capacidad de 220 mL. El sustrato consistió en una mezcla de turba de musgo de esfango, perlita y vermiculita en proporciones 2:1:1; cuyas características físicas son las siguientes: 56% de porosidad total, 32.8% de porosidad de aireación y capacidad de retención de humedad de 23.2%.

El desarrollo inicial de la planta ocurrió en un invernadero con radiación fotosintéticamente activa de 815 PAR Y 49% de transmitancia. A los 212 días de la siembra (dds) la planta se puso en malla sombra con radiación fotosintéticamente activa de 732 PAR Y 44% de transmitancia, y a los 73 días posteriores, para su preacondicionamiento, creció en condiciones de intemperie total.

El material fúngico se obtuvo del beneficio de cuerpos fructíferos de *Russula* spp. colectados en el predio "Puentecillas" del ejido El Brillante en Pueblo Nuevo, Durango; un bosque de pino-encino a 23°40'42.25" N y 105°26'48.08" O, con una elevación de 2780 m. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos de nutrición fueron: a) sin micorriza y sin fertilizante (testigo), b) con micorriza sin fertilizante (M), c) sin micorriza con fertilizante (F) y, d) con micorriza y fertilizante (M+F). La inoculación de micorriza fue mediante el riego en tres aplicaciones de 0.2 g L⁻¹. Para esto se adicionó al agua de riego 0.1 mL L⁻¹ de polisorbato 80. La primera aplicación se realizó a los 75 dds y las dos siguientes a los 15 y 30 días después de la primera. A los dos meses de edad se comenzó la aplicación del fertilizante 19-19-19 (N-P-K), por riego, dos veces por semana, a razón de 50 ppm durante la etapa inicial del ciclo durante 21 semanas; 150 ppm en el crecimiento rápido por 11 semanas, y para terminar con 50 ppm durante el preacondicionamiento durante las últimas cuatro semanas de cultivo.

A los 11 meses (320 dds) se observaron los cepellones de todas plantas para determinar la tasa de micorrización, expresada como el porcentaje de plantas micorrizadas; después, se realizó una evaluación destructiva de nueve plantas por unidad experimental sumando un total de 36 plantas por tratamiento. Después de retirar el sustrato de la raíz y lavar las plantas, se midió el

diámetro del cuello de la raíz (mm) y la altura (cm), cada planta se fraccionó en follaje, tallo y raíz, y se procedió con el secado a 72 °C por 48 horas. Con estos datos se determinaron los pesos secos para estimar la asignación de biomasa al follaje (ABF), la asignación de biomasa al tallo (ABT) y la asignación de biomasa a la raíz (ABR), expresada por el porcentaje del cociente entre el peso seco de cada uno y el peso seco total de cada planta; y el índice de Calidad de Dickson (ICD) (Dickson *et al.*, 1960). Además, se estimó la Tasa de Crecimiento Relativo (mm día⁻¹) con la siguiente fórmula:

$$TCR = \frac{\ln(D 2) - \ln(D 1)}{T 2 - T 1}$$

Donde:

- TCR = Tasa de crecimiento
- Ln (D 2) = Logaritmo natural del diámetro en la evaluación final
- Ln (D 1) = Logaritmo natural del diámetro en la primera evaluación
- T 2 = Días después de la siembra en la evaluación final
- T 1 = Días después de la siembra en la primera evaluación

Los datos fueron analizados en el programa Infostat® versión 2017 y sometidos a un análisis de Kruskal - Wallis, y se realizaron pruebas de separaciones de medias por comparaciones múltiples.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de micorrización mayor ocurrió en el tratamiento M (75%) seguida por M+F (69%) y 0% de micorrización en el testigo y F. Honrubia *et al.* (1997) inocularon con *Pisolithus tinctorius* a *P. halepensis* cultivado en vivero y obtuvieron un 100% de micorrización, mientras que Salgado *et al.*, (2009) evaluaron plántulas de *P. ponderosa* y encontraron un 33% de tasa de micorrización con hongos de los géneros *Suillus*, *Rhizopogon* y *Amphinema*.

El efecto de la fertilización 19-19-19 (N-P-K), en conjunto con la inoculación con *Russula* spp. en *Pinus engelmannii*, influyó en los parámetros de calidad de planta, ya que se obtuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en las variables morfológicas de la planta (diámetro, ICD, ABF, ABT y ABR); la TCR mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros morfológicos de calidad de planta de *P. engelmannii* en simbiosis con *Russula* spp. y fertilización 19-19-19 de N-P-K.

Tratamiento	Diámetro (mm)	ICD	Asignación de biomasa (%)			TCR (mm d ⁻¹)
			Follaje	Tallo	Raíz	
Testigo	2.65 c	0.45 b	42.88 c	7.50 a	49.62 a	0.0028 b
M	3.59 b	0.60 b	48.81 b	8.32 a	42.87 b	0.0044 a
F	5.43 a	1.22 a	63.51 a	5.92 b	30.57 c	0.0045 a
M+F	5.32 a	1.16 a	63.71 a	6.14 b	30.15 c	0.0100 a

Valores con la misma letra son significativamente iguales.

Los tratamientos con fertilizante 19-19-19 (F y M+F) mostraron los mejores valores en cuanto al diámetro, el ICD y la ABF. En los tratamientos testigo y M el diámetro no cumplió con el indicador morfológico de calidad de planta (>5 mm) para *P. engelmannii* en la edad establecida en la NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016), mientras que F y M+F si cumplieron con este criterio. La asignación de biomasa al follaje también resultó mayor en F y M+F y en los tratamientos sin fertilización sobresalió donde se aplicó micorriza; de alguna manera, la micorriza favoreció la producción de follaje, con relación a cuando no se inoculó, como lo encontraron Chávez *et al.*, (2009) al inocular en tres formas a *Pinus radiata* con *Rhizopogon luteolus*, *Suillus bellinii* y *Suillus luteus*, en los tres casos observaron mayor aumento en biomasa aérea ante el control.

Las asignaciones de biomasa al tallo y la raíz fueron mayores en los tratamientos sin fertilización (testigo y M), lo que sugiere que las plantas al carecer de fertilización presentan mayor elongamiento de raíz para la absorción de nutrientes, que fue mínima, efecto que en etapa de vivero no se atribuye a la acción micorrícica. En este sentido, Chávez *et al.* (2009) afirman que los altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) reducen la cantidad de carbohidratos producidos por las plantas que son necesarios para el desarrollo de la misma y para mantener al hongo. Por ello, cuando existe una mayor fertilización el porcentaje de micorrización disminuye y aumentan los parámetros morfológicos de calidad de planta, como lo encontraron Martínez *et al.* (2016) al obtener un mayor desarrollo radical en plántulas de *P. engelmannii*, donde los porcentajes de micorrización fueron inferiores (6.1-7.9%) al resto (30.1-40.8%).

Chávez *et al.*, (2009) afirman que muchos de los beneficios de la simbiosis entre pino y hongo se observan hasta después del plantado. Gómez *et al.* (2013) encontraron en *Pinus pseudostrabus* una supervivencia del 86% al ser inoculadas en vivero con *Pisolithus tinctorius*, mientras que la planta no inoculada tuvo un 62% de supervivencia; sin embargo, los análisis

previos de variables de crecimiento no mostraron diferencias significativas, lo cual sugiere que en etapa de vivero no se muestran en gran medida los beneficios de la asociación simbiótica, ya que puede haber un gasto energético para proveer carbohidratos al huésped, pero una vez establecidas en campo, sí les otorga beneficios en las funciones fisiológicas para adquirir nutrientes y la absorción de agua (Choi *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007). La tasa de crecimiento relativo mostró un mayor desarrollo por día de los tratamientos M, F y M+F en comparación con el testigo, esto demuestra la efectividad de la fertilización y la micorrización.

CONCLUSIONES

La aplicación de *Russula* spp. favoreció la micorrización de las plantas; sin embargo, con relación a los tratamientos donde se fertilizó junto con la micorriza, el desarrollo radical de las plantas fue inferior.

Los tratamientos que más favorecieron el crecimiento de las plantas fueron aquellos donde se adicionó micorriza más fertilizante y sólo fertilizante.

La planta de menor calidad se obtuvo cuando no se micorrizó ni se fertilizó.

BIBLIOGRAFIA

- Brundrett M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuk. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural. Canberra, Australia. Research 32. 374p.
- Chávez M., D., G. Pereira C. y A. Machuca H. 2009. Efecto de tipos de inóculos de tres especies fúngicas en la micorrización controlada de plántulas de *Pinus radiata*. Bosque. 30(1): 4-9.
- Choi, D. S., A. M. Quoreishi, Y. Maruyama, H. O. Jin y T. Koike. 2005. Effect of ectomycorrhizal infection on growth and photosynthetic characteristics of *Pinus densiflora* seedlings grown under elevated CO₂ concentrations. Photosynthetica. 43(2): 223-229.
- Dickson, A., A. L. Leaf y J. F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Department of Silviculture, State University College of Forestry at Syracuse University. New Syracuse, NY, USA. 10-13.
- Gómez R., M., J. Villegas, C. Sáenz R. y R. Lindig C. 2013. Efecto de la micorrización en el establecimiento de *Pinus pseudostrobus* en cárcavas. Madera y Bosques. 19(3): 51-63.
- Honrubia M., G. Díaz y A. Gutiérrez. 1997. Micorrización controlada de *Pinus halepensis* en vivero en función del tipo de inóculo y técnicas de cultivo. En: II Congreso Forestal Español. 301-306.
- Latsague, M., P. Sáez y M. Mora. 2014. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f. Gayana Bot. 71(1): 37-42.
- Martínez, D. B., C. Barroetaveña y M. Rajchenberg. 2007. Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en etapa de vivero. Bosque. 28(3): 226-233.
- Martínez N., L. E., H. Sarmiento L., J. A. Sigala R., S. Rosales M. y J. B. Montoya Ayón. 2016. Respuesta a la inoculación inducida de *Russula delica* Fr. en plantas de *Pinus engelmanni* Carr. en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 7(33): 108-117.

- Oliet, J. A., M. Tejada, K. F. Salifu, A. Collazos y D. F. Jacobs. 2009. Performance and nutrient dynamics of holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings in relation to nurse tree nutrient loading and post-transplant fertility. *Eur J Forest Res.* 128: 253-263.
- Oliet, J., R. Planelles, M. L. Segura, F. Artero y D. F. Jacobs. 2003. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. *Scientia Horticulturae.* 103: 113-129.
- Prieto R., J. A., J. C. Hernández D., J. R. Goche T., J. M. Olivas G., J. Hernández S., C. Luján A. C. A. Wehenkel y A. Aldrete. 2016. Factores que influyen en la supervivencia y crecimiento de las reforestaciones. En: Prieto R., J. A., y J. R. Goche T. *Las reforestaciones en México: problemática y alternativas de solución.* UJED editorial. 27-54 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa México. México, D.F., México. 156 p.
- Salgado S., M. E., M. Rajchenberg y C. Barroetaveña. 2009. Evaluación del estado micorrícico de plántulas de *Pinus ponderosa* producidas bajo fertirriego, sin manejo de la micorrización. *Bosque.* 30(3): 127-134.
- Secretaría de economía. 2016. Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales (Cancela a la NMX-AA-170-SCFI-2014). Ciudad de México. 194 p.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TRIGO DURO Y TRITICALE, EN DOS CALENDARIOS DE RIEGO EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez¹, Alma Angélica Ortiz Avalos¹,
Gerardo Zazueta Encinas¹, Miguel Rivera Gonzalez²

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81224.

²Centro Interdisciplinario de Relación Agua, Suelo y Atmósfera, Km. 6.5 Margen Derecha Canal De Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35150, Tel. (0155) 38718700 Ext.80513

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México el trigo alcanzó un valor de 14 mil millones de pesos para el 2016, que lo coloca como el noveno cultivo más importante. Se cultiva en 23 estados, seis concentran 80% del total; Sonora, Baja California, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán y Tlaxcala (SIAP, 2017). En el ciclo O-I 2015-2016, la superficie de trigo en Sonora fue de 292,494 ha, de las cuales 90% se concentró en el sur del estado conformado por los municipios de Cajeme, San Ignacio Río Muerto, Bácum, Etchojoa, Benito Juárez, Guaymas, Empalme, Navojoa y Huatabampo. En 95% de la superficie se establecieron variedades de trigos duros y los harineros en un 5% (CESAVE, 2017). En el manejo tradicional de este cultivo se aplican una gran variedad de agroquímicos, la aplicación de los conceptos de agricultura orgánica es muy incipiente y son muy pocos los productores involucrados en este sistema.

El triticale se creó a finales del siglo XIX con el fin de tener un cereal que reuniera las bondades del trigo y el centeno. El tipo de grano, la resistencia a las condiciones ambientales, la fecha de siembra y adaptación cambian dependiendo de la variedad. Aunque el triticale no es muy adaptable, lo hace mejor que otras gramíneas en áreas con suelos pobres, salinos y ácidos. También tiene mayor tolerancia a las heladas que el trigo (SIAP-SAGARPA, 2015). El triticale muestra en general una mayor resistencia a enfermedades que el trigo, con un elevado nivel de resistencia a *Septoria tritici*, y buena resistencia a roya del tallo y de la hoja. Durante el ciclo 2001-02, Cortés (2002) comparó en siete localidades el rendimiento de triticale con las tres variedades de trigo cristalino más sembradas en el Valle del Yaqui, y reportó rendimientos promedio de 6.611, 6.493, 6.435 y 6.874 ton ha⁻¹ para las variedades de trigo Altar C84, Rafi C97, Atil C2000 y triticale Pollmer, respectivamente. En el ciclo 2002-03, el promedio de 4 sitios y 4 variedades de trigo duro, indicó un rendimiento de 5.603 ton ha⁻¹ para trigo y 6.027 ton ha⁻¹ para triticale Pollmer (Cortés, 2003). Durante las evaluaciones se observó mayor tolerancia del triticale al ataque de pulgón, principal plaga del trigo en el sur de Sonora (Figura 1).



Figura 1. En la foto izquierda plantas de trigo con ataque de pulgón. En la foto derecha plantas de triticale a un lado del trigo, sin presencia de pulgón (Cortés *et al.*, 2015).

En la actualidad ha aumentado la demanda de los consumidores por productos de alta calidad libres de residuos de agroquímicos, lo que ha impulsado el mercado de los productos orgánicos. En México, actualmente 200,039 agricultores se dedican a la agricultura orgánica, cuya producción se destina en su mayoría a la exportación. Para 2015, la superficie orgánica en México alcanzó las 584,093 hectáreas, lo que ubica a nuestro país en el tercer lugar a nivel mundial por el número de productores orgánicos y en el lugar 13 por la superficie en este sistema (Lernoud y Willer, 2017).

La agricultura ecológica es un sistema de producción agrícola sostenible que hace énfasis en la sanidad del producto. Sus principales objetivos son; trabajar con los ecosistemas en forma integrada, mantener y mejorar la fertilidad de los suelos, producir alimentos libres de residuos químicos, utilizar el mayor número de recursos renovables y locales, mantener la diversidad genética del sistema y de su entorno, evitar la contaminación como resultado de las prácticas agrícolas, y permitir que los trabajadores agrícolas hagan su trabajo de forma saludable (Cortés *et al.*, 2009). En el sur de Sonora, cada año parte de la producción de trigo duro se comercializa en el sector pecuario, y desde el punto de vista forrajero, el triticale posee ventajas sobre el trigo. Si el triticale Pollmer tenía un potencial de rendimiento superior al trigo, la producción de triticale orgánico, sería una opción para uso pecuario en la producción de carne o huevo orgánico en el sur de Sonora. El objetivo del presente trabajo fue comparar en un sistema de producción orgánica y dos calendarios de riego, el rendimiento de la variedad de Triticale Bicentenario y la variedad de trigo CIRNO C2008, que es la más utilizada por los productores de la región.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo otoño-invierno 2016/2017 en un suelo arcilloso con una disponibilidad de 74.5 ppm de fósforo Bray P1 y 82 kg ha⁻¹ de nitrógeno nítrico. En un sistema de producción orgánica, se evaluó la respuesta de trigo y triticale a dos calendarios de riego. El terreno se fertilizó al voleo con 9.0 ton ha⁻¹ de Nutripellet el cual se incorporó al suelo con rastra. El Nutripellet es un fertilizante orgánico elaborado a partir de gallinaza, cuenta con registro OMRI nad 5875 con vigencia al 01 de diciembre de 2016. En el Cuadro 1 se describe la composición del fertilizante.

Cuadro 1. Características del fertilizante orgánico Nutripellet de acuerdo a su ficha técnica.

Característica	Valor	Característica	Valor
pH (1:5 agua destilada)	6-7	Potasio (K ₂ O) %	2-3
C.E. dS m ⁻¹ 1:5 agua	10-12	Calcio %	11-16
Densidad g cm ⁻³	0.7-0.9	Sodio %	1.0-1.5
Humedad %	12-18	Magnesio %	1.0-1.6
Cenizas	50-55	Fierro %	0.4-1.0
Relación C/N	11-13	Zinc ppm	400-700
Materia Orgánica %	40-45	Cobre ppm	60-90
Nitrógeno total %	2-3	Manganeso ppm	450-800
Fósforo (P ₂ O ₅) %	2.5-4.0	Boro ppm	40-100
Azufre (S-SO ₄) %	0.5-1.5		

Se sembró sobre humedad el 23 de noviembre de 2016, en franjas de 8 surcos separados a 80 cm por 110 m de largo. La variedad Bicentenario de triticale y la variedad CIRNO C2008 de trigo, se sembraron con 142 y 108 kg ha⁻¹ de semilla respectivamente, la cual no se trató con fungicida. La maleza se controló con dos deshierbes manuales. Para el control de pulgón, se aplicó una mezcla de jabón agrícola con extracto de ajo. Se aplicó un riego de presiembra el 4 de noviembre de 2016 y 4 riegos de auxilio. El primer riego se aplicó el 22 de diciembre de 2016, el segundo, tercero y cuarto riego, se aplicaron el 26 de enero, 15 de febrero y 8 de marzo de 2017 respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y 3 repeticiones, donde la parcela mayor correspondió a los cultivos evaluados y la menor al número de riegos. Para la diferenciación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Los datos se analizaron en MSTAT (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferencias significativas entre el rendimiento de los dos genotipos evaluados. El número de riegos no afectó estadísticamente el rendimiento de ambos cultivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza para el rendimiento de grano de trigo y triticale en agricultura orgánica. CENEB-INIFAP. Ciclo 2016/2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Prob.
Repeticiones	2	0.343	0.172	4.7078	0.1752
Cultivo (A)	1	1.323	1.323	36.2869	0.0265
Error	2	0.073	0.036		
Riegos (B)	1	0.066	0.066	0.5066	
A*B	1	0.453	0.453	3.4829	0.1354
Error	4	0.520	0.130		
Total	11	2.778			

C.V. 7.74%

El rendimiento de trigo superó con 665 kilogramos por hectárea al rendimiento de triticale (Cuadro 2). En un estudio desarrollado por Cortés *et al.* (2015) en donde se compararon variedades de trigo duras, harineras y el triticale en un sistema libre de agroquímicos, la variedad CIRNO de trigo superó al triticale por 1.032 ton ha⁻¹. Resultados similares se observaron en el presente estudio cuando a las variedades se les aplicó un calendario de tres riegos, donde la variedad CIRNO C2008 rindió 1.053 ton ha⁻¹ más que el triticale. Con dos años de evaluación, se considera que la nueva variedad de triticale no supera a la variedad de trigo más sembrada en la región, tal como sucedió hace 15 años. Un nicho de mercado en el sector pecuario para triticale, sería factible con un sobreprecio como producto orgánico. El trigo orgánico tuvo un sobreprecio de \$1000 por ton en la presente cosecha.

Cuadro 2. Respuesta de trigo y triticale a dos calendarios de riego con manejo orgánico. CENEB-INIFAP. Ciclo otoño-invierno 2016/2017.

Cultivo	Número de Riegos		Media
	3 riegos	4 riegos	
CIRNO C2008	5.257	4.720	4.989 a
Triticale Bicentenario	4.204	4.444	4.324 b
Media	4.731	4.582	

Tukey (Variedades)= 0.474

En el sistema convencional, el rendimiento promedio de trigo en el Valle del Yaqui en los últimos 15 años es de 5.79 ton ha⁻¹ con un máximo de 6.82 ton ha⁻¹ y mínimo de 4.92 ton ha⁻¹ (SIAP, 2017). En el ciclo 2016-2017, el rendimiento promedio fue de 6.3 ton ha⁻¹ con un ingreso objetivo de \$4,500 por tonelada y un ingreso bruto de \$28,350 por hectárea. Con un rendimiento de trigo orgánico de 5.257 ton ha⁻¹ obtenido en esta evaluación, el ingreso bruto calculado fue de \$28,913 pesos por hectárea. En la producción orgánica de trigo, se recomienda la aplicación de gallinaza cruda, sin composteo, la cual es más barata, con lo cual, el sistema orgánico una vez considerados los costos de producción, se visualiza como una opción rentable para el Valle del Yaqui. Se destaca en esta evaluación, que el trigo producido obtuvo la Certificación Orgánica Agricert No. 00175/2017, código de control ID SENASICA-OCO-16-005-002415.

CONCLUSIONES

No se observaron diferencias significativas entre tres y cuatro riegos de auxilio en ambos cultivos. La producción orgánica de trigo fue rentable en las condiciones del ciclo 2016-2017. El trigo superó en rendimiento al triticale.

BIBLIOGRAFIA

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora (CESAVE). 2017. Disponible en: <http://www.cesaveson.com/> Consultado (agosto 02, 2017).
- Cortés, J.J.M., Fuentes D.G., Ortiz A.A.A., Ortiz E.J.E., Tamayo E.L.M., Padilla V.I y Ramírez A.J.A. (Comp.). 2009. Primer Simposio Internacional de Agricultura Ecológica. Memoria Científica No. 1. Campo Experimental Norman E. Borlaug. INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. 634 p
- Cortés, J.J.M. 2002. Validación de líneas avanzadas de triticale en la parte central del Valle del Yaqui. Informe técnico. Campo Experimental Valle del Yaqui. INIFAP. 7 p.
- Cortés, J.J.M. 2003. Validación de líneas avanzadas de triticale en la parte central del Valle del Yaqui. Informe técnico. Campo Experimental Valle del Yaqui. INIFAP. 6 p.
- Cortés, J.J.J., Ortiz, A.A.A. y Zazueta, E.G. 2015. Producción de trigo y triticale sin el uso de agroquímicos, en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C., México. p 473-477.
- Lernoud, J. and Willer, H. 2017. Current statistics on Organic Agriculture Worldwide: Area, Operators, and Market. The World of organic agriculture statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. p 23, 25, 30.
- SIAP-SAGARPA. 2005. El triticale grano. <http://www.siap.gob.mx/tritcale-grano/>
- SIAP. 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Consultado (agosto 01, 2017).

VARIABILIDAD EN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN EN SIEMBRAS ORGÁNICAS DE TRIGO Y TRITICALE EN EL CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG

Juan Manuel Cortés Jiménez¹, Alma Angélica Ortiz Avalos¹, Miguel Rivera Gonzalez²

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81224.

²Centro Interdisciplinario de Relación Agua, Suelo y Atmósfera, Km. 6.5 Margen Derecha Canal De Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35150, Tel. (0155) 38718700 Ext.80513

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México se emplea 15% de la producción de trigo como semilla. La capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo para evaluar su calidad (Fernández et al., 2015). En el sur de Sonora, donde se establece el 90% del trigo que se siembra en el estado (CESAVE, 2017), la cantidad de semilla que se utiliza por hectárea es muy variable. El autor ha constatado la siembra de 130 a 200 kg ha⁻¹, sin embargo, se comenta que la cantidad llega hasta 250 kg ha⁻¹. La cantidad de semilla que recomienda el INIFAP es mucho menor, pero esa recomendación nunca fue adoptada por el productor. Además de la cantidad más adecuada de semilla, existe la interrogante del efecto del tamaño de la semilla. En un estudio realizado en América del sur, donde se evaluaron semillas con un peso de 41, 37, 30 y 23 miligramos, se observó que el mayor tamaño o peso de la semilla de trigo, ayudó a la plántula en su primer desarrollo, lo que podría ser ventajoso especialmente en siembras con deficiente preparación de suelo. Posteriormente, de la etapa de hoja bandera en adelante, no se apreciaron diferencias en el desarrollo de las plantas en los distintos tratamientos (Mellado, 1986). La calidad de la semilla depende de la variedad, las condiciones ambientales donde se produce y del manejo agronómico. Las que presentan resistencia genética a las enfermedades foliares tienen valores altos en parámetros de calidad como peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación, velocidad de emergencia, longitud de plúmula y peso seco; lo que permite ubicar ambientes en los que las variedades logran una expresión óptima de calidad en la semilla. De manera general el tratamiento con aplicación de fungicida generó semilla de mayor calidad física y fisiológica (Fernández et al., 2015).

En el maíz, la calidad de la semilla depende más del genotipo utilizado que del tamaño de la misma. El tamaño de la semilla afectó el peso de mil semillas, longitud, ancho y espesor de la misma y en la calidad fisiológica a la longitud de plántula, raíz y planta total, así como en el peso seco de la raíz. La longitud y el peso seco de la parte aérea, explicaron 67% de la varianza total. El establecimiento en campo del maíz no fue afectado por el tamaño de semilla

(plano grande y medio) sino más bien estuvo determinado por la variedad. Las variables de calidad de semilla más importantes para predecir el establecimiento en campo del maíz, fueron el peso de mil semillas, longitud de semilla, velocidad de emergencia y peso seco de la parte aérea (Pérez *et al.*, 2006). En el caso del maíz, el costo de la semilla impacta más en los costos de producción que la semilla de trigo, cultivo en el cual el productor en ocasiones puede habilitar semilla de la cosecha anterior y reducir los costos de producción por este concepto. El menor costo de la semilla de trigo, es una posible causa de que se utilice mayor cantidad de la recomendada, sin embargo, no existe información en la zona de estudio, sobre la densidad de población a nivel predio, en diferentes fechas de siembra, suelos, salinidad y textura del suelo.

En la actualidad ha aumentado la demanda de los consumidores por productos de alta calidad libres de residuos de agroquímicos, lo que ha impulsado el mercado de los productos orgánicos. En México, actualmente 200,039 agricultores se dedican a la agricultura orgánica, cuya producción se destina en su mayoría a la exportación. Para 2015, la superficie orgánica en México alcanzó las 584,093 hectáreas, lo que ubica a nuestro país en el tercer lugar a nivel mundial por el número de productores orgánicos y en el lugar 13 por la superficie en este sistema (Lernoud y Willer, 2017). La agricultura ecológica es un sistema de producción agrícola sostenible que hace énfasis en la sanidad del producto. Sus principales objetivos son; trabajar con los ecosistemas en forma integrada, mantener y mejorar la fertilidad de los suelos, producir alimentos libres de residuos químicos, utilizar el mayor número de recursos renovables y locales, mantener la diversidad genética del sistema y de su entorno, evitar la contaminación como resultado de las prácticas agrícolas, y permitir que los trabajadores agrícolas hagan su trabajo de forma saludable (Cortés *et al.*, 2009). El objetivo del presente estudio fue evaluar la densidad de siembra en variedades de trigo y triticale en un sistema de producción orgánica.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo otoño-invierno 2016/2017 en un suelo arcilloso con una disponibilidad de 74.5 ppm de fósforo Bray P1 y 82 kg ha⁻¹ de nitrógeno nítrico, Se evaluó la cantidad de semilla por hectárea que una sembradora triguera marca deposita cuando se calibra con de la variedad de trigo duro CIRNO C2008, que es la más utilizada en el sur de Sonora. Con la misma calibración se sembraron tres variedades de trigo harinero y una de triticale. Todos los genotipos se establecieron con dos hileras de semilla separadas a 30 cm sobre la cama de siembra. Después de la emergencia, se cuantificó el número de plantas por metro lineal en cada uno de

los genotipos. La sembradora es de cuatro surcos y se sembraron dos hileras por surco por variedad, por lo cual se realizaron 8 repeticiones por tratamiento. El terreno se fertilizó con 9.0 ton ha⁻¹ de un fertilizante orgánico peletizado, se incorporó con un paso de rastra y posteriormente se dieron dos pasos de rastra, se niveló y se surcó a 80 cm.

Se aplicó el riego de presiembra el 4 de noviembre de 2016, el cual se utiliza para provocar la germinación de maleza y semilla de los cultivos cosechados durante el ciclo anterior. Después de 18 días del riego, se escarificó con triple barra porta-herramientas para eliminar la maleza que emergió y se volvió a hacer el surco en la misma operación. Un día después, el 23 de noviembre, se sembró sobre humedad. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 110 m de longitud. La evaluación de la densidad de plantas por metro se realizó en la parte media de la unidad experimental. La sembradora se ajustó para que tirara 100 kg ha⁻¹ de semilla de la variedad CIRNO C2008 de trigo duro, la cual no se trató con fungicida, al igual que el resto de los materiales. Para determinar la cantidad de semilla sembrada, se puso en la sembradora una cantidad conocida de semilla y al terminar la siembra se pesó el sobrante y por diferencia se obtuvo la cantidad de semilla sembrada. Se determinó la variabilidad en la emergencia de plántulas para los diferentes genotipos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferencias en la cantidad de semilla sembrada para una misma calibración de la sembradora. De trigo duro se sembró 8% más semilla que la programada. Con las variedades harineras se sembró 13% más de lo programado y 4.63% más que lo sembrado con CIRNO. De triticale se sembró 42% más de lo programado, 31.48% más que CIRNO y 25.66% más que las variedades harineras. Lo anterior se atribuye a las diferencias en peso y densidad del grano (Cuadro 1). La variabilidad de la emergencia se reporta en los cuadros 2 y 3.

Cuadro 1. Semilla sembrada de variedades de trigo y triticale. CENEB.

GENOTIPO	Semilla kg ha ⁻¹
Trigo duro CIRNO	108
Trigo harinero Borlaug	113
Trigo harinero Tepahui	113
Trigo harinero experimental	113
Triticale (TCL) Bicentenario	142

Se observó variación en las plantas emergidas de ambas hileras de siembra. En el promedio de variedades, la hilera uno presentó 65.6 plantas por metro y la hilera dos 60.2 plantas por metro, lo que representa 135,000 plantas por hectárea. Entre surcos, el promedio fue de 63.8, 62.7, 59.6 y 65.5 plantas por hilera de un metro para el surco uno, dos, tres y cuatro respectivamente. Entre el valor promedio máximo y mínimo, se sembró con una diferencia de 147,500 plantas por hectárea. En promedio, la hilera que se sembró con menor cantidad de semilla, presentó un mayor coeficiente de variación. Lo cual podría atribuirse al mecanismo de dosificación de la sembradora, el cual es mecánico y no se considera de precisión (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plantas por unidad de superficie y variabilidad de 4 variedades de trigo y un triticale.

GENOTIPO	Plantas en 0.4 m ²							
	SURCO 1		SURCO 2		SURCO 3		SURCO 4	
	H1*	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
CIRNO	76	57	68	65	58	58	62	75
BORLAUG	71	54	67	57	56	52	69	62
TEPAHUI	63	67	67	64	62	58	78	67
EXPERIM	66	56	71	58	68	68	64	61
TCL	65	63	58	52	64	52	59	58
Media	68.2	59.4	66.2	59.2	61.6	57.6	66.4	64.6
Mínimo	63	54	58	52	56	52	59	58
Máximo	76	67	71	65	68	68	78	75
Desv. Std	5.26	5.41	4.87	5.36	4.77	6.54	7.44	6.66
C.V. %	7.72	9.11	7.35	9.05	7.75	11.36	11.20	10.30

* H = Hilera

Las variedades Cirno, Borlaug y Tepahui mostraron coeficientes de variación similares y superiores a los obtenidos con triticale y la variedad experimental, con ésta última, se observó el menor coeficiente de variación. Se destaca la menor densidad de plantas obtenida con el triticale a pesar de que fue el genotipo con el cual se sembró la mayor cantidad de semilla (Cuadro 3). Con Cirno se obtuvo en promedio 1,590,000 plantas por hectárea, con un mínimo de 1,450,000 y un máximo de 1,875,000, con un rango de 425,000 plantas por hectárea. El peso promedio de una semilla de trigo Cirno es de 55 miligramos, con lo cual una cantidad de semilla de 108 kg ha⁻¹, representan 1,963,636 semillas por hectárea, lo cual representa una eficiencia promedio de germinación y emergencia de 80.97%, con un máximo de 95.48%.

Cuadro 3. Plantas por unidad de superficie y variabilidad de 4 variedades de trigo y un triticale.

SURCO	Plantas por metro lineal (0.4 m ⁻¹) por variedad				
	HILERA	CIRNO	BORLAUG	TEPAHUI	EXPERIM
S1 H1*	76	71	63	66	65
S1 H2	57	54	67	56	63
S2 H1	68	67	67	71	58
S2 H2	65	57	64	58	52
S3 H1	58	56	62	68	64
S3 H2	58	52	58	68	52
S4 H1	62	69	78	64	59
S4 H2	75	62	67	61	58
Media	63.6	59.2	65.8	63.8	57
Mínimo	58	52	58	58	52
Máximo	75	69	78	68	64
Desv. Std	7.02	6.53	7.56	4.38	5.10
C.V.	11.04	11.04	11.49	6.87	8.95

* S = Surco; H = Hilera

Es necesario evaluar el rendimiento en diferentes densidades de población utilizando sembradoras de precisión ya que, con las actuales, para una misma variedad existen una variación importante en la densidad de población entre surcos y entre hileras de un mismo surco. Se debe ajustar la sembradora en función de la variedad y su porcentaje de germinación.

CONCLUSIONES

Para una misma calibración de la sembradora, existe variabilidad en la densidad de población entre variedades, entre surcos y entre hileras por surco de una misma variedad.

BIBLIOGRAFIA

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora (CESAVE). 2017. Disponible en: <http://www.cesaveson.com/> Consultado (agosto 02, 2017).
- Cortés, J.J.M., Fuentes D.G., Ortiz A.A.A., Ortiz E.J.E., Tamayo E.L.M., Padilla V.I y Ramírez A.J.A. (Comp.). 2009. Primer Simposio Internacional de Agricultura Ecológica. Memoria Científica No. 1. Campo Experimental Norman E. Borlaug. INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. 634 p
- SIAP. 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Consultado (agosto 01, 2017).
- Fernández, S.R., Carballo C.A., Villaseñor M.H.E. y Adrián Hernández L.A. 2015. Calidad de la semilla de trigo de temporal en función del ambiente de producción. Rev. Mex. Cienc. Agríc. vol.6 no.6 Texcoco ago./sep. p. 1239-1251.
- Mellado, Z.M. 1986. Efecto del peso de la semilla de trigo sobre el rendimiento de grano. IPA, Quilamapu No. 27. 3 p.
- Pérez, M.C., Hernández L.A., González C.F.V., García D.G., Carballo C.A., Vásquez R.T.R. y Tovar G.M.R. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agric. Téc. Méx vol.32 no.3 México sep./dic p. 341-352.

ANÁLISIS DEL INCREMENTO RADIAL EN CONIFERAS DEL EJIDO TALAYOTES, CHIHUAHUA MEDIANTE TÉCNICAS DENDROCRONOLOGICAS

Gerardo Esquivel Arriaga¹, Fernando A. Dorantes García², Julián Cerano Paredes^{1,4}, Rosalinda Cervantes Martínez³, Jorge Méndez González²

¹INIFAP. CENID-RASPA. Km. 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango.

Correo: cerano.julian@gmail.com

²UAAAN. Departamento Forestal, Saltillo, Coahuila, México.

³FAZ-UJED. DICSRA. Venecia, Durango, México.

⁴UNAM, Instituto de Geografía. Ciudad de México, México.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de clima templado frío tienen un gran valor por ser la fuente principal de madera, por su contribución al ciclo hidrológico y por su valor estético (Granados *et al.*, 2007). Un quehacer del manejo forestal es desarrollar herramientas prácticas y nuevos métodos para evaluar opciones de manejo y técnicas para el análisis de las prácticas forestales (Gadow *et al.*, 2004).

En el caso de las metodologías existentes para determinar el incremento y la producción en la ordenación de bosques, se pueden clasificar en cuatro principales grupos: tablas de incremento y producción, método del taladro de Pressler, método de control y análisis troncales (Klepac, 1983). Los gradientes altitudinales están estrechamente relacionados con los cambios ambientales, implicando a su vez un cambio en la diversidad de especies en diferentes gradientes, las cuales contribuyen a la diferenciación en variables tales como el crecimiento (Sáenz, 2004; Medrano, 2015). En las zonas de clima templado los incrementos anuales se aprecian claramente, estos se emplean para la estimación del crecimiento e incremento del árbol, su diámetro en un año determinado de su vida (Klepac, 1983).

El método del taladro de Pressler es una herramienta íntimamente ligada a la dendrocronología, la cual es una ciencia que comprende un conjunto de principios, técnicas y métodos que permiten datar los anillos de crecimiento anuales al año exacto de su formación, extraer, separar e interpretar la información que contiene de los diferentes factores que han influido en su crecimiento. Las series dendrocronológicas permiten la investigación en numerosos campos de la ciencia ya que constituyen un registro del tiempo y un archivo de los acontecimientos pasados. Así mismo, permiten analizar el régimen de perturbaciones que ha afectado al bosque, los procesos de competencia y el efecto del clima (Gutiérrez, 2008).

En el presente trabajo, se plantea la aplicación de las técnicas dendrocronológicas para determinar el crecimiento e incremento radial de coníferas distribuidos en tres gradientes altitudinales en el ejido Talayotes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra situado en la zona más alta de la Sierra Madre Occidental en el ejido Talayotes del municipio de Bocoyna, en el estado de Chihuahua, México (**Figura 1**). Predomina el clima templado, destacando el de tipo semi-frío sub-húmedo con lluvias en verano de mayor humedad y el semi-frío sub-húmedo con lluvias en verano de humedad media (Silva, 2009). La temperatura mínima anual es de 0.5 °C y una máxima de 19.4°C, y una precipitación promedio de 734.1 mm (IMTA, 2010).

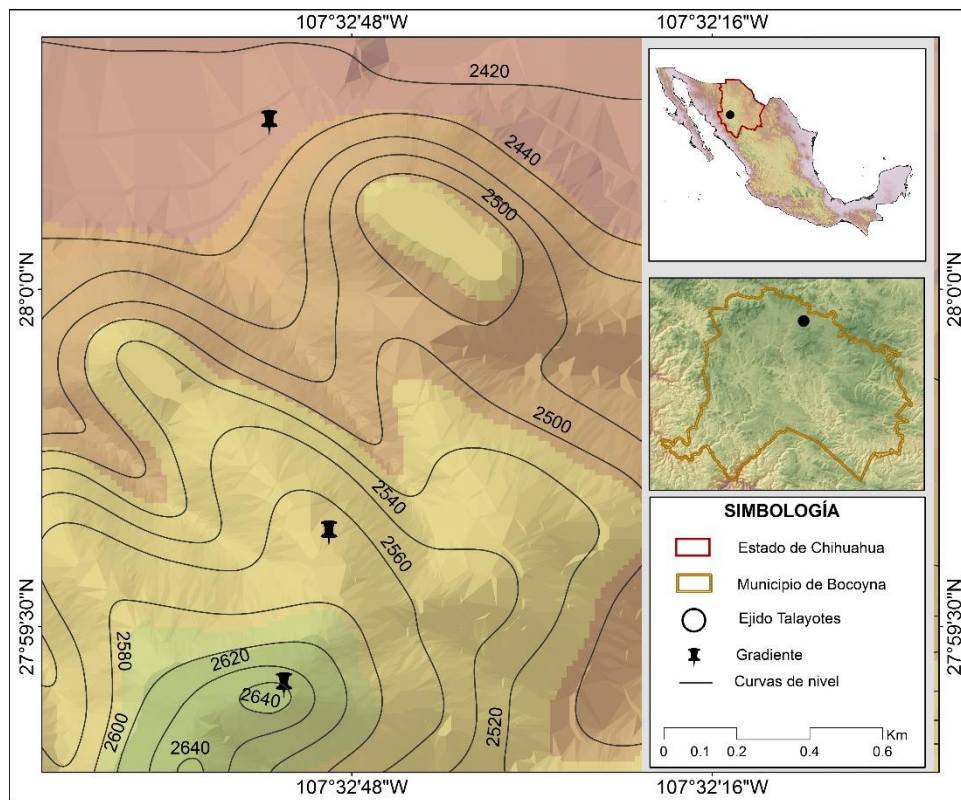


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio en Bocoyna, Chihuahua.

Se consideraron tres gradientes altitudinales, en los cuales se delimitaron dos parcelas circulares de 1,000 m² (

Cuadro 2), en cada parcela se tomaron muestras con taladros de Pressler de 5 y 12 milímetros de diámetro, tres virutas por categoría diamétrica a la altura de 1.30 m a partir de la categoría de 5 cm. Las muestras se trasladaron y procesaron en el Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID-RASPA, ubicado en Gómez Palacio, Durango.

Cuadro 2. Generalidades de las parcelas de muestreo.

Gradiente (G)	Especie considerada	Parcela	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
III	<i>Pinus arizonica</i>				
	<i>Pinus engelmannii</i>	3A	27° 59' 25.5''	107° 32' 55.3''	2651
	<i>Pinus durangensis</i>	3B	27° 59' 26.1''	107° 32' 52.3''	2626
II	<i>Pinus engelmannii</i>	2A	27° 59' 39.9''	107° 32' 51.9''	2580
	<i>Pinus durangensis</i>	2B	27° 59' 37.0''	107° 32' 48.8''	2585
I	<i>Pinus arizonica</i>	1A	28° 00' 14.8''	107° 32' 52.3''	2450
		1B	28° 00' 12.1''	107° 32' 55.1''	2452

El pre-fechado de las muestras fue realizado mediante la técnica de Skeleton Plot (gráficos de crecimiento), la cual consiste en graficar en papel los crecimientos anuales mediante líneas verticales, resaltando los anillos más delgados y los de mayor incremento (anchos) (Stokes y Smiley, 1996). Una vez realizado el pre-fechado para cada una de las muestras, se midió el ancho de cada uno de los anillos de crecimiento empleando un sistema de medición Velmex con una precisión de 0.001 mm y un estereoscopio trilocular (10 X).

Se generó una base de datos con las mediciones del ancho de anillo para cada una de las muestras por gradiente altitudinal, empleando el software Measure J2X. La calidad del fechado y medición se verificó con el programa COFECHA (Holmes, 1983). La base de datos obtenida expresada en milímetros para cada especie por gradiente, fueron convertidos en centímetros y en área basimétrica en función a su edad biológica, empleando el programa AGE de la Librería de Programas Dendrocronológicos (DPL, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Arizona, el cual generó el incremento radial promedio (ICA) por gradiente y por especie.

El ICA corresponde al crecimiento ocurrido entre el inicio y final de la estación de crecimiento, en un periodo de 12 meses (Imaña y Encinas, 2008). El incremento acumulado es la sumatoria del crecimiento para un periodo determinado, el ICA para un año en específico t fue determinado restando al crecimiento acumulado (CA) el incremento del año anterior.

$$ICA = CA - t$$

Dónde: ICA= Incremento corriente anual para un año en específico

CA= Crecimiento acumulado de un año en específico

t= Crecimiento acumulado del año anterior

El Incremento Medio Anual (IMA) es el crecimiento promedio a una edad determinada “t” del árbol, resulta de dividir el crecimiento acumulado para un período específico entre t años.

Dónde: IMA= Incremento medio anual
CA= Crecimiento acumulado para un período específico
t= Número de años del período específico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series de incremento (valores desde 0.5 hasta 7 mm por año) representan la tendencia del ICA e IMA entre especies a diferente gradiente altitudinal para el período 1900 al 2014 (Figura 2). Se observa un mejor crecimiento de las especies situadas a menor altitud dado que tienen un periodo de crecimiento más largo, esto por las condiciones de mayor temperatura, a diferencia de las situadas a una mayor altitud, las cuales mantienen un periodo de crecimiento más corto para evitar daños por heladas (Sáenz, 2004; Viveros *et al.*, 2005).

Para el gradiente I (GI) se observa que *P. arizonica* durante los primeros 20 años, registró los mayores incrementos alcanzando 7 mm, para el caso del GIII alcanzó incrementos de 6 mm. Para ambos gradientes el incremento tienden a disminuir posterior a 1940, quedando por abajo la tendencia de incrementos anuales del G1 en un periodo de 30 años (Figura 2 A). Este tipo de variación en el crecimiento suele deberse a que las poblaciones situadas en los extremos inferiores del gradiente están más limitadas por la disponibilidad hídrica (Linares *et al.*, 2009).

Para *P. engelmannii* (GII y GIII) se obtuvieron muestras de mayor edad (115 años), registrando crecimientos desde 1900 (Figura 2 F), el GII mostró un incremento radial constante entre 1 y 2 mm aproximadamente durante el último siglo; el GIII durante 1960 registró altos incrementos (mayores a 3 mm), posteriormente tendió a disminuir hasta 0.5 mm en el 2014 (Figura 2 D).

Finalmente *P. durangensis* registró incrementos de 3.8 mm a partir de 1924 para el GII y GIII. Para ambos gradientes *P. durangensis* a partir del año 1975 y hasta el año 2014 muestra patrones comunes en la tendencia de su incremento con valores entre 0.5 a 2 mm (Figura 2 G).

Al comparar los incrementos radiales de una misma especie a diferente gradiente altitudinal se logró determinar si existe o no diferencia estadística. Para *P. arizonica* no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) tanto en ICA como en IMA para los GI y GIII (Cuadro 3, Figura 2 A, B).

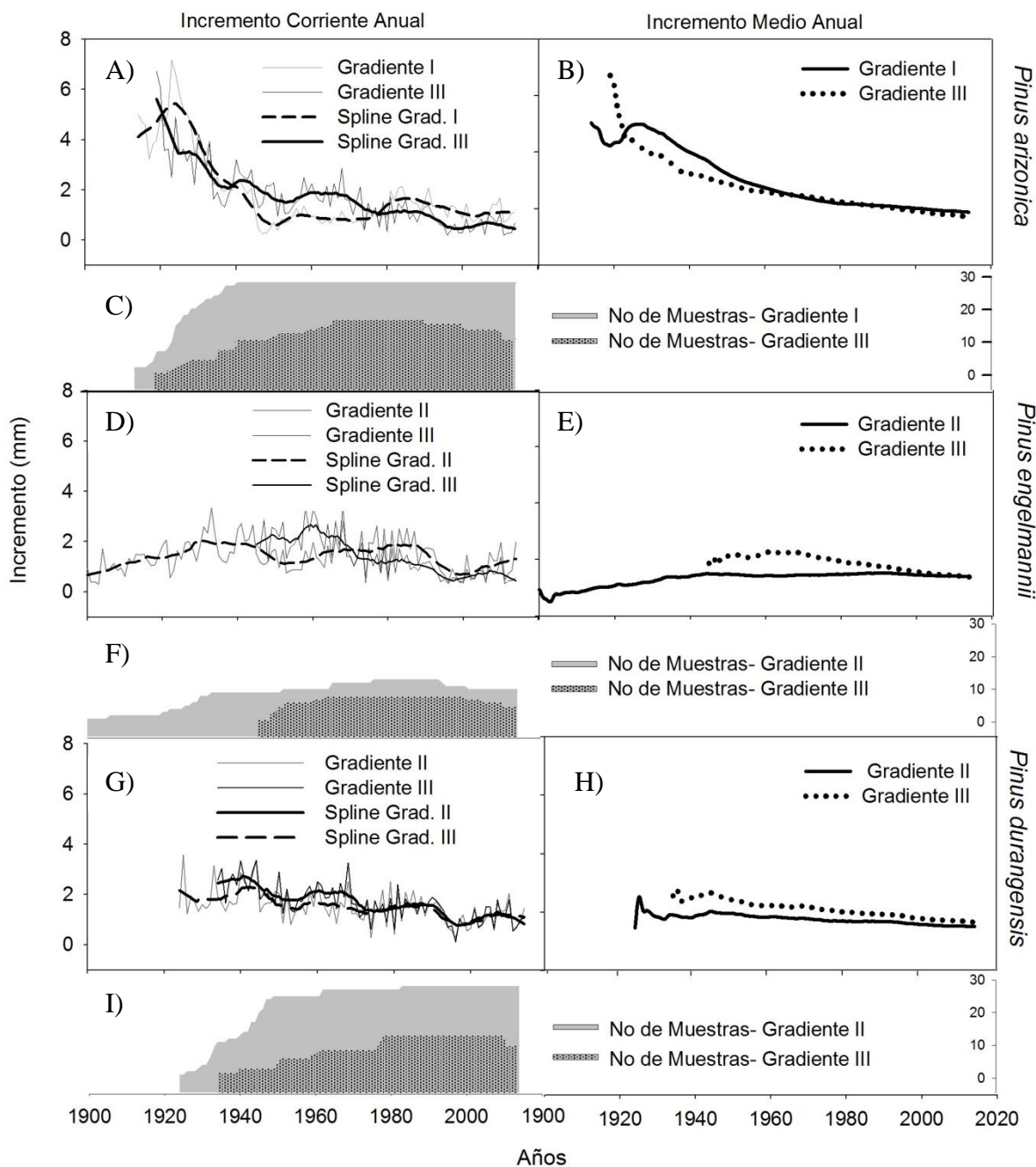


Figura 2. Incremento Corriente Anual e Incremento Medio Anual radial para *P. arizonica*, *P. engelmannii* y *P. durangensis* a diferente gradiente altitudinal.

Para *P. engelmannii* en el GII y GIII, el ICA no presenta diferencia significativa ($p > 0.05$). Sin embargo, se observa una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) en IMA (Cuadro 3, Figura 2 E), lo que indica un mayor incremento en IMA, 1.8 mm como máximo para el gradiente III.

Para *P. durangensis* se determinó que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el ICA y diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) en IMA entre los GII y GIII (Cuadro 3, Figura 2 H).

Cuadro 3. Análisis de varianza para el ICA e IMA radial comparando el GIII y GI para *P. arizonica*, GII y GIII para *P. engelmannii* y *P. durangensis*.

	F.V.	F	P-valor	N	C.V.	G	Medias	n	E.E
<i>Pinus arizonica</i>									
ICA	Modelo	0.06	0.8507 ^{NS}			III	1.72	96	0.14A
	Gradiente	0.06	0.8507 ^{NS}	192	77.4	I	1.72	96	0.14A
IMA	Modelo	1.52	0.2185 ^{NS}			III	2.77	96	0.10A
	Gradiente	1.52	0.2185 ^{NS}	192	35.06	I	2.95	96	0.10A
<i>Pinus engelmannii</i>									
ICA	Modelo	0.1	0.8507 ^{NS}			II	1.35	70	0.09A
	Gradiente	0.1	0.8507 ^{NS}	140	54.03	III	1.39	70	0.09A
IMA	Modelo	153.63	0.0001 ^{**}			II	1.46	70	0.02A
	Gradiente	153.63	0.0001 ^{**}	140	12.01	III	1.88	70	0.02B
<i>Pinus durangensis</i>									
ICA	Modelo	3.96	0.0483 [*]			II	1.46	81	0.07A
	Gradiente	3.96	0.0483 [*]	162	42.47	III	1.67	81	0.07B
IMA	Modelo	102.87	0.0001 ^{**}			II	1.74	81	0.10A
	Gradiente	102.87	0.0001 ^{**}	162	11.96	III	2.11	81	0.10A

F.V. = fuente de variación; F = valor de F; N = número de observaciones; CV = coeficiente de variación; G = gradiente; EE = error estándar; G = gradiente; NS = no significativo; * = significativo ($p < 0.05$); ** = altamente significativo ($p < 0.01$).

CONCLUSIONES

Este estudio aporta información del último siglo sobre los procesos de crecimiento e incremento de *P. arizonica*, *P. engelmannii* y *P. durangensis* a diferente gradiente altitudinal, en bosques del municipio de Bocoyna, Chihuahua, determinados mediante técnicas dendrocronológicas. Los patrones temporales de incremento en las tres especies son coincidentes entre sí, los máximos y mínimos incrementos radiales de las especies están asociados al efecto altitudinal, ligado a las condiciones ambientales, estructura y composición de cada gradiente.

P. engelmannii y *P. durangensis* presentan diferencias significativas en incremento radial, no obstante *P. arizonica* no presenta diferencia significativa en incremento radial a diferente gradiente altitudinal.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado del proyecto: "Variabilidad climática e interacción con otros factores que afectan la dinámica poblacional de descortezadores en bosques amenazados de México, CONAFOR - 2014, C01 - 234547.

BIBLIOGRAFIA

- Gadow, K., Sánchez, O. S., Aguirre, C. O. 2004. Manejo forestal con bases científicas. *Madera y Bosques* 10(2): 3 - 16.
- Granados, S. D., López R. G., Hernández G. M. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 67 - 83.
- Gutiérrez, E. 2008. La dendrocronología: métodos y aplicaciones. Departamento de Ecología Facultad de Biología Universidad de Barcelona. *Arqueología nautica mediterrània X. Nieto i M.A.*, 303 - 315. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/228769173>
- Holmes, R. L. 1983. Computer assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Buletin* 43: 69-78.
- IMTA, 2010 Extractor rápido de información climatológica III (ERIC), Software, Jiutepec, Morelos, México.
- Imaña, E. J., y Encinas B. O. 2008. *Epidometría forestal*. Brasil, Venezuela. Relator 1ra edición. 68 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Chapingo, Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. 279 p.
- Silva, R. S. 2009. Estudio regional forestal. Unidad de manejo forestal San Juanito A.C., 266 p.
- Stokes, M. A., and T. L., Smiley. 1995. *An Introduction to Tree Ring Dating*, University of Arizona Press, Tucson. 68 p.
- Sáenz, R. C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. *Manejo de Recursos Genéticos Forestales*, Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco 66 - 76 p.
- Medrano, M., 2015. Relación diversidad arbórea y gradientes de altitud, exposición y pendiente en la región de El Salto, Durango, Múnich, GRIN Verlag, 65 p.
- Viveros, V. H., Sáenz, R. C., López, U. J., y Hernández, V. J. 2005. Variación genética altitudinal en el crecimiento de plantas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. *En campo Agrociencia* Vol. 39(5): 575 - 587.

EMERGENCIA Y CRECIMIENTO DE ECOTIPOS DE ZACATE BUFFEL EN CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra¹, Humberto Lagos Gómez¹, José Luis García Pérez¹, José Francisco Villanueva², Jean Hanson³

¹Sitio Experimental La Campana-INIFAP, ²Sitio Experimental Verdineño-INIFAP, ³Addis Ababa campus-ILRI. jurado.pedro@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), es una planta forrajera tropical, que se encuentra distribuida en gran parte del mundo, en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, en África, Asia, América y Australia (Bashaw, 1985). A pesar de que algunos autores lo consideran una amenaza para la diversidad en pastizales de zonas áridas y semiáridas por su alto poder de invasión y susceptibilidad al fuego (Marshall *et al.*, 2012), es un zacate ampliamente utilizado en la ganadería de zonas áridas en todo el mundo. El buffel común americano (T4464) que se siembra actualmente fue liberado en 1949 por el USDA y EL SCS en Estados Unidos y más tarde introducido a Australia y América latina (Skerman y Riveros, 1990). Existe un gran número de cultivares, ecotipos o variedades de buffel que pueden ser clasificadas por sus características morfológicas como tipo de crecimiento, altura, coloración del follaje y que han sido liberadas y usadas en todo el mundo (Ibarra *et al.*, 2013). En Estados Unidos, se han liberado algunas variedades de buffel, siendo la más reciente la variedad "Fríó" (Hussey y Burson, 2005), mientras que en México se tiene la variedad Zaragoza 115 de Coahuila (Ibarra *et al.*, 2013) y las variedades Titán y Regio para el centro de México (Beltrán *et al.*, 2008).

Es uno de los zacates más sembrados en el norte de México, con aproximadamente 1.2 millones de ha en Sonora (SAGARPA, 2012). Se han realizado algunos trabajos sobre la evaluación de líneas de zacate buffel en la zona árida de México con buenos resultados (Terrazas, 2013; Velázquez *et al.*, 2014). Además, un trabajo reciente indica una alta diversidad y alto potencial forrajero de varios ecotipos de buffel africanos y evaluados en Etiopía (Sánchez *et al.*, 2017). Sin embargo, todavía existe una baja disponibilidad de recursos genéticos representativos de la diversidad natural de los sitios de origen de algunas especies como el buffel (Quero, 2011). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la emergencia y crecimiento inicial de siete ecotipos de buffel originarios de África, centro de origen de esta especie.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el vivero del Sitio Experimental La Campana en Aldama, Chihuahua, bajo condiciones de malla sombra al 60%. El clima es muy seco semicálido con una temperatura promedio anual de 18 °C y una precipitación media anual de 300 mm. Las condiciones microambientales del vivero durante el estudio, se registraron mediante un “data logger” tipo HOBO U12 (Onset® Bourne, MA) con lecturas cada 5 min, se presentan en el Cuadro 1. Se evaluaron siete líneas de zacate buffel provenientes del Banco de Germoplasma del International Livestock Research Institute (ILRI) en Addis Ababa, Etiopía y se compararon con el buffel común, colectado en el municipio de Aldama, Chihuahua. Se utilizaron charolas de 77 cavidades con un volumen de 170 cm³ de polietireno expandido tipo Copper block™ con sustrato de mezcla de peat moss, vermiculita y perlita conocida comercialmente como Lambert™, adicionada con macro y micronutrientes. El 29 de mayo se sembraron de dos a cuatro semillas por cavidad, dependiendo de la disponibilidad de semilla de cada ecotipo. La semilla se colocó a una profundidad de 1 cm aproximadamente. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones de cada ecotipo y 21 plantas en cada repetición. Las charolas fueron colocadas en el vivero y se inició el riego manual diariamente para mantener el sustrato a capacidad de campo. Se realizó un desahije de plantas para permitir solamente una planta por cavidad. Se realizaron muestreos de emergencia diariamente durante 28 días después de la siembra y estimaciones semanales de altura de planta en 6 plantas /repetición hasta las 8 semanas después de la siembra. Al final de las 8 semanas se realizó un muestreo destructivo para estimar la biomasa radical y aérea de los ecotipos en tres plantas por repetición. La biomasa radical se obtuvo por el método de lavado de raíces. Se realizó un análisis de varianza para estimar las diferencias de emergencia, altura de planta y biomasa radical y aérea entre los ecotipos (Kirk, 1982). Se utilizó el PROC GLM en el programa de SAS para el análisis estadístico (SAS, 2011). Se utilizó la prueba de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para detectar diferencias entre ecotipos.

Cuadro 1. Condiciones de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz en el vivero del Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Intensidad de luz (lux)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05	25, 121.45	5.60	4, 543.83

RESULTADOS Y DISCUSION

La emergencia de planta después de cuatro semanas fue significativa ($P < 0.0002$) entre ecotipos. Los ecotipos 6982D, 7143D y 6647D fueron los primeros en emerger a los 4 días de después de la siembra (Fig. 1). Al final de los 28 días, la emergencia varió de un mínimo de 19.0% en el ecotipo 14989D hasta un máximo de 88.9% en el ecotipo 6982D, sin embargo, ninguno de los nuevos ecotipos mostró mayor emergencia significativa que la variedad común colectada en Aldama, Chihuahua.

En relación a la altura de planta, se encontraron diferencias significativas entre ecotipos ($P < 0.0001$) (Fig.2). Solamente el 7143D, 6646D y 6647D mostraron mayor altura de planta que el buffel común americano, con incrementos de más del doble en altura de planta (Fig. 2). Otros autores (Ibarra *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2017) han encontrado altura de planta mucho mayores debido a que las evaluaciones fueron en plantas adultas en condiciones de campo.

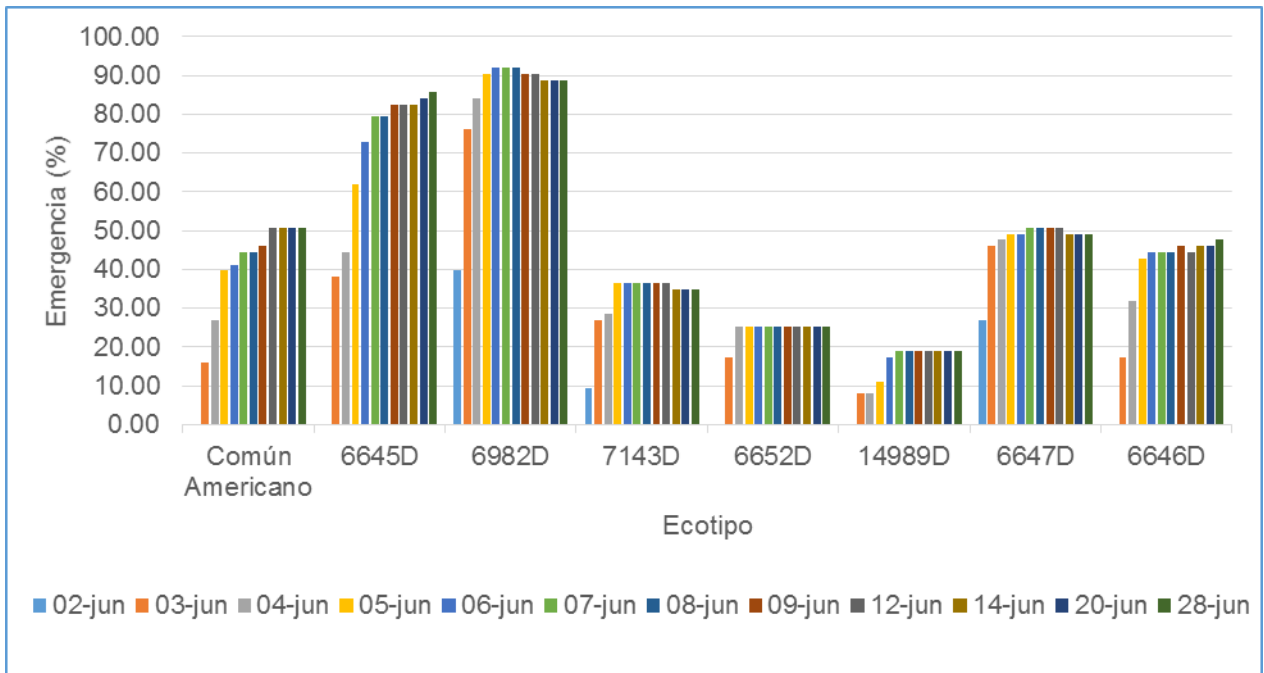


Figura 1. Emergencia de ecotipos de zacate buffel bajo condiciones de vivero en Chihuahua.

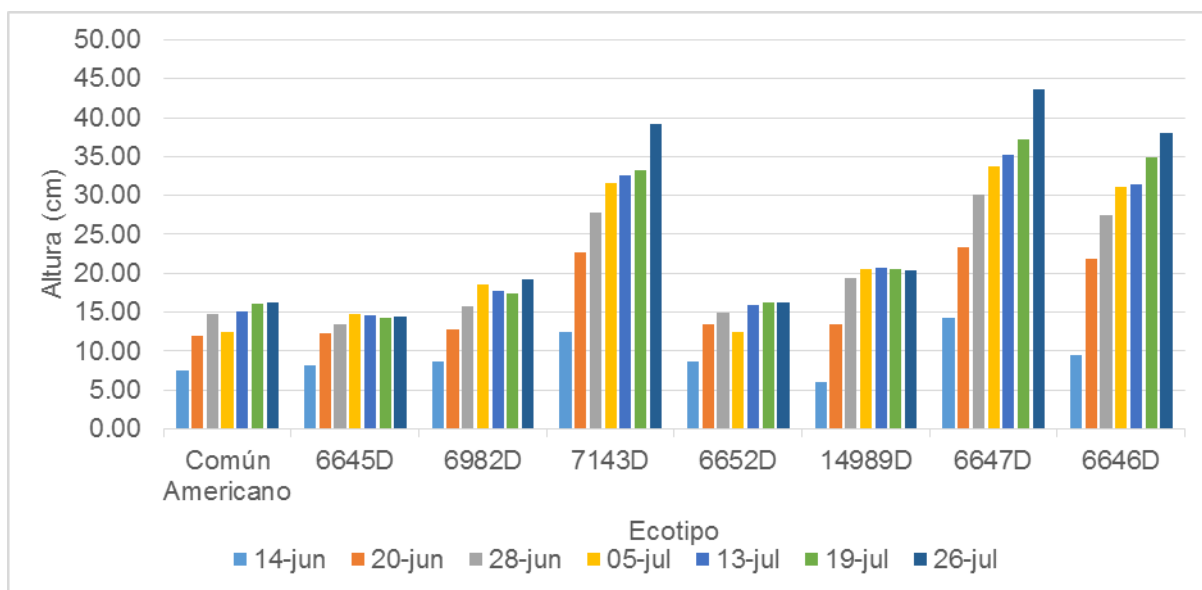


Figura 2. Altura de ecotipos de zacate buffel bajo condiciones de vivero en Chihuahua.

Los ecotipos de buffel no mostraron diferencias ($P > 0.0838$) en biomasa radical entre ecotipos, con una media de 0.302 gr/planta. La biomasa aérea de los ecotipos evaluados sí presentó diferencias significativas ($P < 0.0348$) entre ecotipos. Aquellos con mayor biomasa aérea fueron 6646D, 7143D y Común, mientras que los ecotipos con menor biomasa aérea fueron 14989D y 6982D (Fig. 3.) Algunos autores (Ibarra *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2017) indican mayor producción de forraje de otros ecotipos de buffel lo cual puede ser atribuido a que en dichos trabajos se utilizaron plantas adultas, en condiciones de campo.

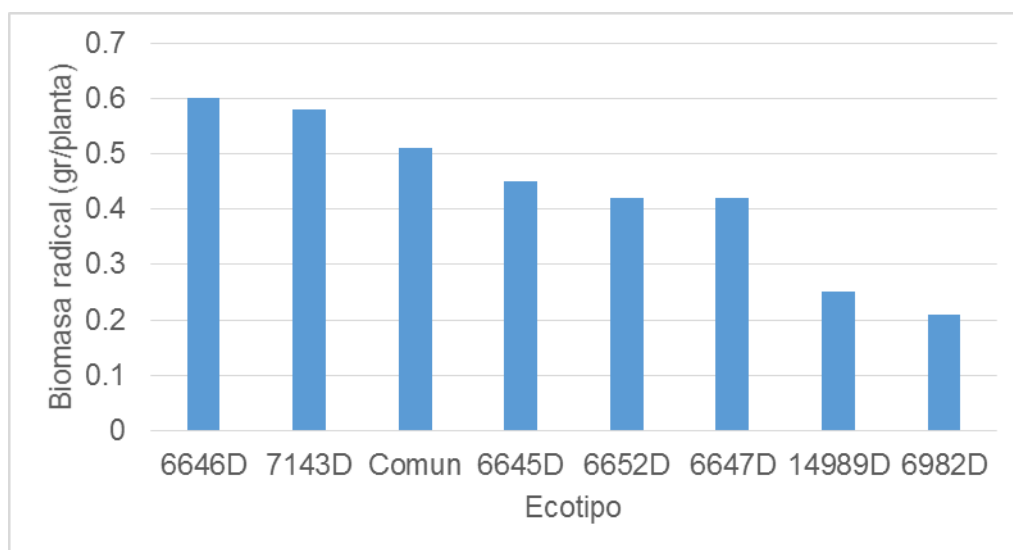


Figura 3. Biomasa aérea de ecotipos de zacate buffel bajo condiciones de vivero en Chihuahua.

CONCLUSIONES

Los ecotipos sobresalientes fueron 6982D y 6645D con una rápida emergencia, lo cual podría ser una ventaja en condiciones de baja disponibilidad de humedad en el suelo. El 6647D, 6646D y 7143D con mayor altura y 6646D y 7143D para producción de follaje en comparación con el buffel común son características deseables para producción potencial de forraje. Estas conclusiones son preliminares, ya que estos ecotipos deben ser evaluados en plantas maduras, bajo condiciones de campo y al menos dos temporadas de crecimiento para poder tener más confiabilidad en la información.

BIBLIOGRAFIA

- Bashaw, E.C. 1985. Buffelgrass origins. In: Runge and Schuster (Eds.). Buffelgrass: Adaptation, Management, and Forage Quality Symposium. Tex. Agr. Exp. Sta. MP-1575. CS, Texas.
- Beltrán, L. S., Loredó O. C., Núñez Q. T., González E. L. A., García D. C. A., Hernández A. J. A., Urrutia M. J., Gámez V. H. G. 2008. Buffel Titán y Buffel Regio nuevas variedades de pastos para el Altiplano de San Luis Potosí. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 35. San Luis Potosí, S. L. P. México. 36 p.
- Hussey, M.A. y B.L. Burson. 2005. Registration of "Frío" buffelgrass. Crop Science. 45. 411-412.
- Ibarra, F.F., M. Martín, F. Ramírez M. 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Tec. Pecu. Méx. 42: 1-16.
- Ibarra, F.A., M. Martín, A. Quero. 2013. Pasto buffel *Cenchrus ciliaris*, pp. 73-101. En: A. Quero (Ed.). Gramíneas introducidas-Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. Edit. Colegio de Postgraduados. CP-UACH-IICA-Grupo Mundi Prensa-SOMMAP.
- Kirk, R.E. 1982. Experimental Design, 2nd. Ed. Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, Cal., USA.
- Marshall, V.M., M.M.Lewis, y B. Ostendorf. 2012. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review. J. Arid Environments. 78. 1-12.
- Quero, C.A.R. 2011. Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* L. Lecciones para su uso sustentable bajo pastoreo, para México árido. Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Chihuahua, Chih. 5 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación. 2012. Estadísticas de praderas de buffel y otros pastos. Informe interno. Hermosillo, Sonora.
- Sánchez, G. R., C. Morales, J. Hanson, E. Santellano, P. Jurado, J.F. Villanueva y A. Melgoza. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8: 13-24.
- Skerman, P.J. y F. Riveros. 1990. Tropical grasses. FAO. Roma, Italy.
- SAS. 2011. SAS v. 9.3. SAS Institute. Cary, N.C., USA.
- Terrazas, G. 2013. Mejores materiales de zacate buffel para revegetar matorrales deteriorados en el centro sur de Chihuahua. Desplegable para productores #13. INIFAP-SAGARPA-Fundación Produce Chihuahua.
- Velázquez, M. J. Muñoz, H. Macías. G. Esquivel, M. Rivera. 2014. Producción de variedades de zacate buffel en la región árida del estado de Durango. Agrofaz. 34:69-74.

EVALUACION DE ECOTIPOS DE ZACATE GARRAPATA EN CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra¹, José Luis García Pérez¹, Humberto Lagos Gómez¹, José Francisco Villanueva², Jean Hanson³

¹Sitio Experimental La Campana-INIFAP, ²Sitio Experimental Verdineño-INIFAP, ³Addis Ababa campus-ILRI. jurado.pedro@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

El zacate garrapata (*Eragrostis superba*) es un zacate originario de África. De acuerdo al USDA-NRCS (sin fecha) es un zacate perenne de crecimiento de verano, con alta tolerancia a la sequía, baja tolerancia al frío, y con valor forrajero regular para ganado y fauna silvestre. Existe escasa información sobre esta especie. Echavarría (1973) y Fierro y Gómez (1977) mencionan que este zacate tiene altas producciones de forraje hasta 3,200 kg/ha en condiciones semiáridas de Chihuahua. Jurado *et al.* (1990) también reportan alta producción de forraje en comparación con zacates nativos como el navajita en evaluaciones de campo en la zona semiárida de Jalisco. Por su parte, Esqueda y Carrillo (2001) encontraron una mayor producción de forraje y de ganado con el zacate garrapata sembrado que con zacate nativo en condiciones semiáridas de Chihuahua. El USDA reporta dos variedades el Palar y el T-8237. Beltrán *et al.* (2008) registraron la variedad Hércules para la región del centro de México con buenos resultados de producción de forraje y semilla. Sin embargo, todavía existe una baja disponibilidad de recursos genéticos representativos de la diversidad natural de los sitios de origen de algunas especies (Quero, 2011). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la emergencia y el crecimiento de siete ecotipos de zacate garrapata originarios de África, centro de origen de esta especie.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el vivero del Sitio Experimental La Campana en Aldama, Chihuahua bajo condiciones de malla sombra al 60%. El clima es muy seco semicálido con una temperatura promedio anual de 18 °C y una precipitación media anual de 300 mm. Las condiciones microambientales dentro del vivero durante el estudio, se registraron con “data logger” tipo HOBO U12 (Onset® Bourne, MA), con lecturas cada 5 min, se presentan en el Cuadro 1. Se evaluaron siete líneas de zacate garrapata provenientes del Banco de Germoplasma del International Livestock Research Institute (ILRI) en Addis Ababa, Etiopía y se compararon con el zacate garrapata, colectado en el Rancho Experimental La Campana, Chihuahua. Se utilizaron charolas de 77 cavidades con un volumen de 170 cm³ de poliestireno expandido tipo Copper block™, con sustrato de mezcla de peat moss, vermiculita y perlita

contenida en producto comercial Berger Blounde Golden™, adicionada con macro y micronutrientes. El 29 de mayo se sembraron de dos a cuatro semillas por cavidad, dependiendo de la disponibilidad de semilla de cada ecotipo. La semilla se colocó a una profundidad de 1 cm aproximadamente. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones de cada ecotipo y 21 cavidades en cada repetición. Las charolas fueron colocadas en el vivero y se inició el riego manual diariamente para mantener el sustrato a capacidad de campo. Se realizó un deshaje de plantas para permitir solamente una planta por cavidad. Se realizaron muestreos de emergencia diariamente durante 28 días después de la siembra y estimaciones semanales de altura de planta en 6 plantas /repetición hasta las 8 semanas después de la siembra. Al final de las 8 semanas se realizó un muestreo destructivo para estimar la biomasa radical y aérea de los ecotipos en tres plantas por repetición. La estimación de biomasa radical se realizó por el método de lavado de raíces. Se realizó un análisis de varianza para estimar las diferencias de emergencia, altura de planta y biomasa radical y aérea entre los ecotipos (Kirk, 1982). Se utilizó el PROC GLM en el programa de SAS para el análisis estadístico (SAS, 2011). Se utilizó la prueba de Mínima Diferencia Significativa (LSD) para detectar diferencias entre ecotipos.

Cuadro 1. Condiciones de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz en el vivero del Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Intensidad de luz (lux)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05	25, 121.45	5.60	4, 543.83

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) en la emergencia a los 28 días entre los ecotipos de zacate garrapata, con un promedio de emergencia de 93.0%. Los ecotipos más precoces en emergencia fueron el Chihuahua y el 16674D con cerca del 70% a los 4 días después de la siembra, mientras que los ecotipos más tardíos en emerger fueron el 12777D y el 12775D con cerca de un 15% en los primeros cuatro días después de la siembra (Fig. 2).

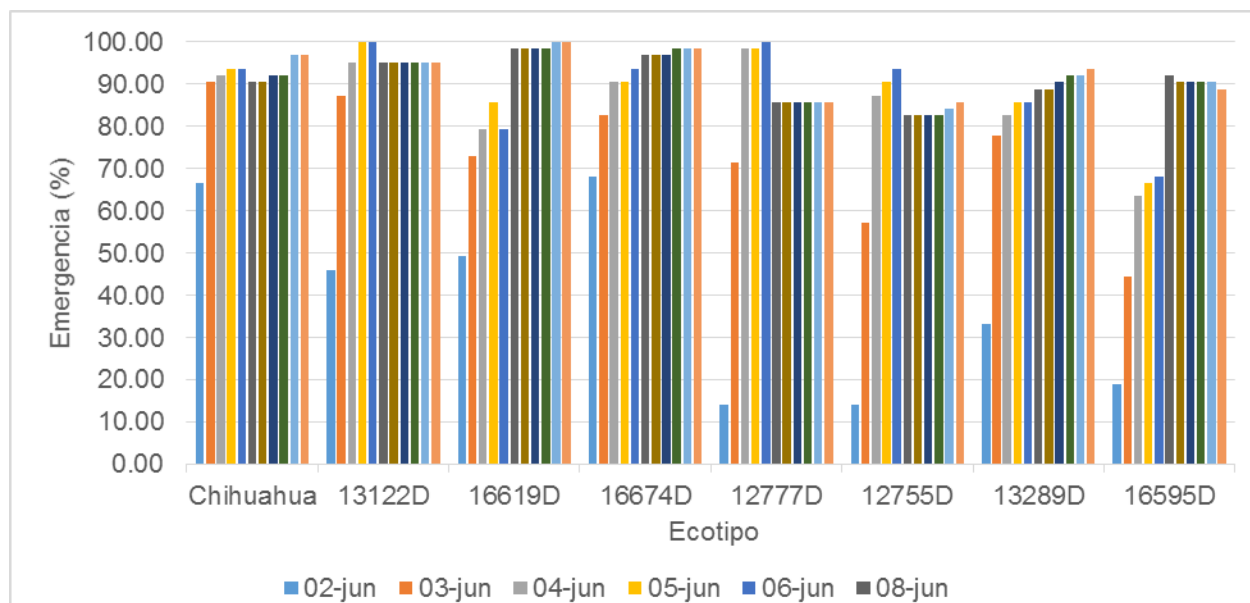


Figura 1. Emergencia de ecotipos de zacate garrapata en Chihuahua bajo condiciones de vivero.

La altura de planta de los ecotipos de garrapata mostró un efecto significativo ($P < 0.0001$), con valores desde 36.2 cm en el ecotipo 12755D hasta 73.6 cm en el ecotipo 16595D (Fig. 2). Los ecotipos más altos que el ecotipo Chihuahua fueron el 13122D, 16619D, 16674D y 16595D, aunque sólo este último fue significativamente mayor.

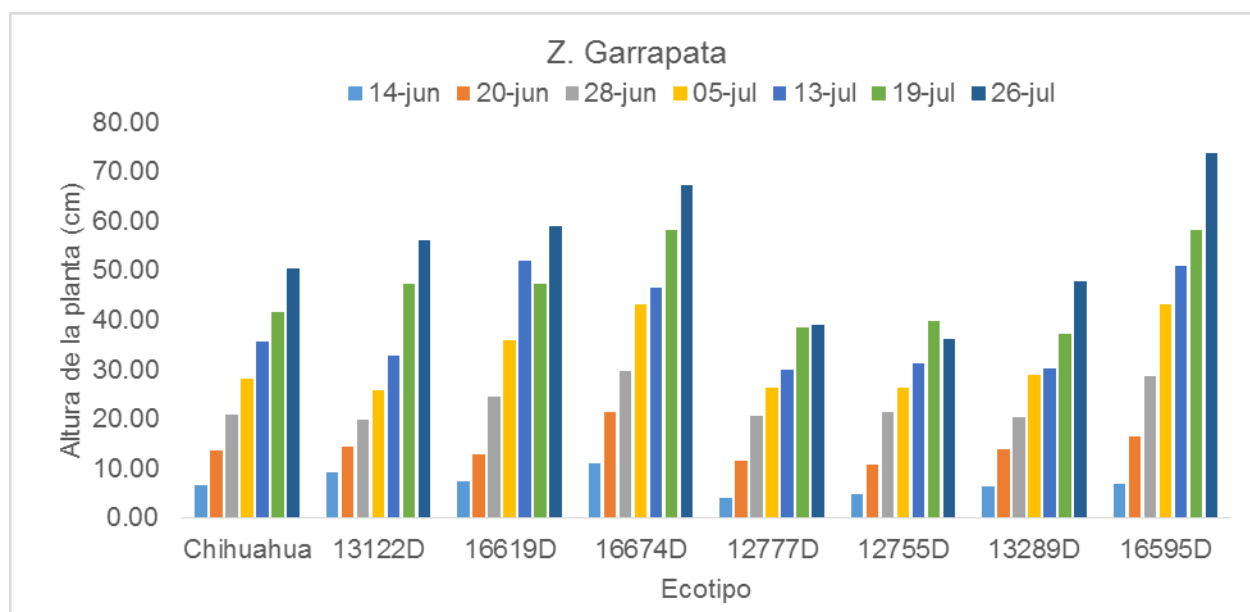


Figura 2. Altura de ecotipos de zacate garrapata en Chihuahua bajo condiciones de vivero.

Los resultados muestran un efecto significativo ($P < 0.0136$) de la biomasa de raíz entre ecotipos. Los ecotipos sobresalientes fueron el 12755D y el 16595D los cuales mostraron una mayor biomasa radical que el ecotipo La Campana (Fig. 3). Los demás ecotipos fueron muy similares al ecotipo Chihuahua con un valor mínimo de 0.36 gr/planta en el ecotipo 13289D. La biomasa aérea fue similar ($P > 0.5068$) entre ecotipos, con un promedio de 1.07 gr/planta.

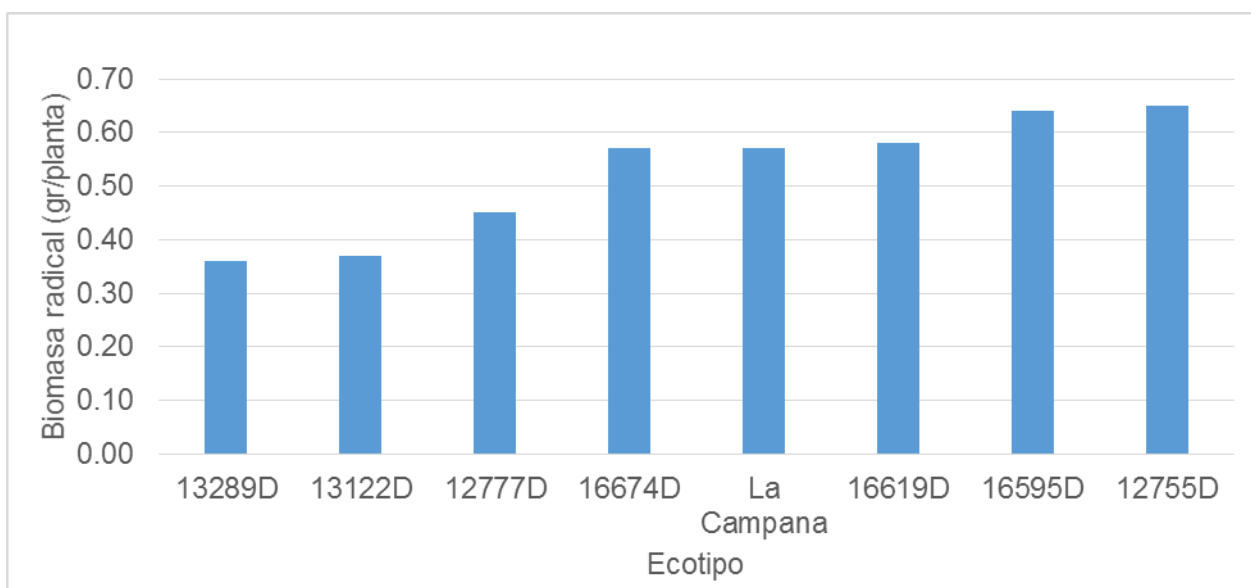


Figura 3. Biomasa radical de ecotipos de zacate garrapata en Chihuahua bajo condiciones de vivero.

Los valores presentados en este trabajo distan mucho de ser similares a los presentados por otros autores, debido a que en este trabajo en particular, se presentan datos de plantas jóvenes (8 semanas de siembra), mientras que la literatura encontrada presenta datos de plantas maduras y en condiciones de campo. Sin embargo, los datos presentados indican algunas diferencias que pueden ser importantes para encontrar ecotipos con buen potencial forrajero para zonas semiáridas d México.

CONCLUSIONES

Los ecotipos con características sobresalientes fueron 15595D y 16674D para altura; 12755D y 16595D para biomasa radical en comparación con el testigo que es el ecotipo La Campana. Estas diferencias podrían significar competencias potenciales para resistencia a sequía y producción de forraje. Estas conclusiones son preliminares, ya que estos ecotipos deben ser evaluados en plantas maduras, bajo condiciones de campo y al menos dos temporadas de crecimiento para poder tener más confiabilidad en la información.

BIBLIOGRAFIA

- Beltrán, L. S., Loredo O. C., García D. C. A., Hernández A. J. A., Urrutia M. J., Gámez V. H. G., González E. L. A., Núñez Q. T. 2008. Llorón imperial y Garrapata Hércules nuevas variedades de pastos para el Altiplano de San Luis Potosí. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 36. San Luis Potosí, S. L. P. México. 39 p.
- Echavarría, M. S. 1973. Evaluación del comportamiento de 10 especies de zacate nativos e introducidos sembrados en la región central de Chihuahua. Bol. Pastizales. RELC-INIP-SARH. XI-2.
- Esqueda, C.M., R. Carrillo. 2001. Producción de forraje y carne en pastizales resemebrados con gramíneas introducidas. Técnica Pecuaria en México. 39:139-152.
- Fierro, L.C., y F. Gómez. 1977. Adaptación y producción de gramíneas nativas e introducidas bajo condiciones de temporal en cuatro localidades del estado de Chihuahua. Bol. Pastizales. VIII-5.
- Jurado, G.P., L F. Negrete R. J. T. Arredondo M., M. R. García H. 1990. Evaluación de especies forrajeras nativas e introducidas bajo condiciones del Altiplano Central Mexicano. Técnica Pecuaria en México. 28:40-44.
- Kirk, R.E. 1982. Experimental Design, 2nd. Ed. Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, Cal., USA.
- Quero, C.A.R. 2011. Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* L. Lecciones para su uso sustentable bajo pastoreo, para México árido. Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Chihuahua, Chih. 5 p.
- SAS. 2011. SAS v. 9.3. SAS Institute. Cary, N.C.
- USDA-NRCS. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. Sin fecha. Plants Database. [Http://plants.usda.gov/java/charprofile=ERSU](http://plants.usda.gov/java/charprofile=ERSU).

EL USO DE MATERIA ORGANICA DIVERSA PARA GENERAR VERMICOMPOSTA

Mario A. Domínguez Villaseñor¹, Juan M. Covarrubias Ramírez^{2*}.

¹BEDR #56, DGETA. ²C.E. Saltillo, INIFAP.

*covarrubias.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica que se tiene en el área rural es de gran diversidad lo que permite utilizarla para producir vermicomposta. Los beneficios conocidos de la vermicomposta son los siguientes (Cornell composting, 2012): Mejora la estructura del suelo, Incrementa la infiltración de agua, Incrementa la permeabilidad, Mejora la capacidad de retención de agua en los suelos, Mejora la capacidad de intercambio catiónico, Es aporte de materia orgánica, Incrementa la presencia de microorganismos benéficos. Estimula el desarrollo de las plantas, Fuente de nutrimentos orgánicos, Incrementa la adsorción de nutrimentos en el suelo, Propicia la remediación de la estructura del suelo, Aumenta la agregación de las partículas de suelo y Neutraliza el pH por su capacidad Buffer. El vermicomposteo es el uso de lombrices que tengan la capacidad de alimentarse de la materia orgánica de la cual se quiere hacer el composteo (Basal y Kappor, 2000). La vermicomposta puede hacerse con estiércoles de res, caballo, cerdo, cabra, borrego, conejo, etc., producidos en el mismo año de elaboración, además de todo residuo de cosecha de cultivos que estén sanos (Wagner y Wolf, 1998). La composición de la materia orgánica vegetal como tal depende del origen de la fuente, que puede ser: leguminosas herbáceas perennes, gramíneas perennes, árboles caducifolios, coníferas, bacterias, musgos, algas; que en promedio tienen 0.8 a 7.7% de ceras, grasas y resinas, 30 a 35% de proteínas, de 3 a 5% de celulosa, de 5 a 12% de hemicelulosa, de 30 a 50% de ligninas y de 8 a 15 de C/N (Labrador, 1996 y Velazco, 2002). El material para composteo deber ser menor de 5 cm, para lograr este tamaño se corta con un molino de martillo u otro objeto punzocortante. La descomposición de la materia orgánica depende de dos procesos: La despolimerización de grandes moléculas orgánicas y La mineralización o transformación de moléculas orgánicas a iones inorgánicos (Kögel-Knabner, 2002). En el primer caso, los microorganismos liberan enzimas a la solución del suelo, para romper y solubilizar moléculas complejas y así poder assimilarlas. En la mineralización, los nutrientes contenidos en las moléculas despolimerizadas son absorbidos e incorporados a la biomasa microbiana (inmovilizados) y posteriormente son desechados hacia la solución del suelo en forma de iones inorgánicos que actúan como nutrimentos a las plantas (Havlin *et al.*, 1999). Los microorganismos producen enzimas específicas para cada etapa del

composteo para romper fácilmente moléculas de gran tamaño a moléculas estructuralmente simples y con alto contenido de nitrógeno y de fósforo (Kögel-Knabner, 2002). La actividad enzimática regula la descomposición, la disponibilidad de compuestos orgánicos disueltos, la mineralización de nutrientes y la humificación. Esta actividad varía con relación a condiciones ambientales y a las características de la materia orgánica a descomponer. En presencia de compuestos orgánicos lábiles, dominan las enzimas celulasas, fosfatasas y algunas hidrolasas. En contraste, en presencia de compuestos más complejos, dominan las fenol oxidasas (laccasas) y las peroxidasas (lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa) (Sinsabaugh *et al.*, 2008). Otras enzimas que participan en la descomposición de la materia orgánica son las relacionadas a la despolimerización de compuestos de C (celobihidrolasas y β -glucosidasas), en la degradación de quitina (N-acetil-glucosaminidasas) y en la despolimerización de lignina y compuestos fenólicos (polifenol-oxidasas) y así también para la mineralización de P (fosfomonoesterasas), además de deshidrogenasa, fosfatasa ácida, fosfatasa alcalina y ureasa, esta última para la mineralización del N (Fioretto *et al.*, 2009). El objetivo del estudio es determinar que materia orgánica diversa es adecuada para producir vermicomposta en el desarrollo rural en Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No. 56, en Arteaga, Coah., ésta actividad forma parte del programa de atención a agentes de cambio y capacitación que tiene el INIFAP con la BEDR #56, de la DGETA-SEP. Como materia orgánica se utilizó estiércol de gallina o gallinaza, con Zacate horquetilla (*Brachiaria plantaginea* (Link) A. S. Hitchc), Pasto alambre (*Urochloa humidicola*), Liendrilla lisa (*Muhlenbergia glabrata* (Kunth) Trin), Quelite cenizo (*Chenopodium album*), Correhuela (*Ipomea purpurea* (L) Roth) y rastrojo de trigo, la materia orgánica se cortó con machete a pedazos de al menos 5 cm y se formó una pila de 1 m ancho y 1.5 m de alto con una longitud de 10 m y ya en la pila formada se agrega la lombriz roja o californiana (*Eisenia andrei*) a razón de 1,000 lombrices por una pila de 2.5 m de ancho, 1.0 de alto y 1.5 m de largo, o sea 267 lombrices/m³ y se procedió a aplicar agua para iniciar el proceso de vermicomposteo. Se determinaron los etapas del vermicomposteo que son: mesófilo, termófilo, enfriamiento y maduración, en estos procesos actúan las siguientes bacterias: *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Corynebacterium* en degradar la celulosa (Miller, 1993); *Bacillus*, *Cytophaga*, *Erwinia* y *Streptomyces* en degradar hemicelulosa (Alexander, 1994); *Azotobacter*, *Arthobacter*, *Flavobacterium*, *Micococus* y *Pseudomonas*, los cuales despolarizan la lignina y reducen su

tamaño molecular (Mathews y Van Holde, 2011). La temperatura es la mejor forma de determinar los procesos y esta se mide con un termómetro con varilla de 0.30 m diariamente en el sustrato para determinar la temperatura en los procesos mesófilo, termófilo, enfriamiento y maduración; cuando la temperatura sea la mínima y se estabilice por al menos 5 días, y que el sustrato tenga un aspecto terroso, de consistencia blanda y de color oscuro, lo indica que la vermicomposta ya se formó y hay que extraer la lombriz para poder utilizarlo como mejorador de suelo.

La pila de vermicomposteo para fines de desarrollo rural tiene que ser con característica especiales para este tipo de productores, las dimensiones son menores hasta 1.0 m de ancho y el largo no es mayor a 10 m, porque se tienen problemas para conseguir la materia prima y molerla. Pero esto no significa que no pueda realizarse con otros componentes orgánicos porque la temperatura que se obtiene en las etapas de vermicomposteo puede llegar a ser mayor a 50 °C, lo que elimina las semillas de malezas y microorganismos patógenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El vermicomposteo tuvo una duración de 74 días, el proceso mesófilo tuvo una duración de 2 días al inicio, el proceso termófilo de 24 días, el proceso de enfriamiento de 35 días y la maduración en 13 días (Figura 1).

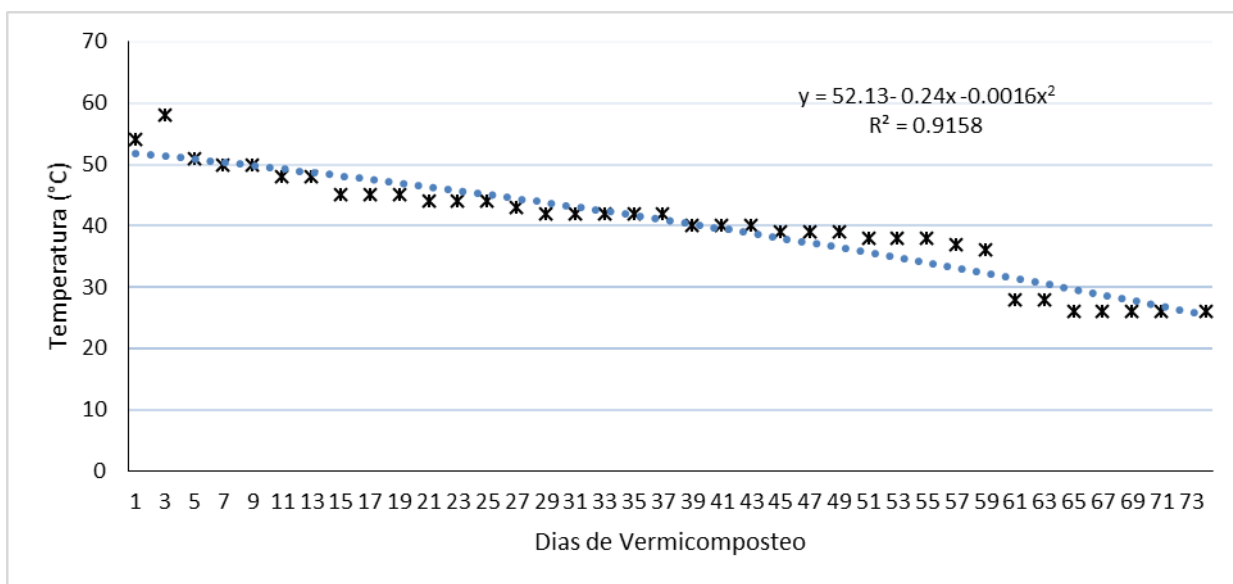


Figura 1. Vermicomposteo de materia orgánica diversa y mezclada.

En la etapa del proceso mesófilo después de humedecer el sustrato, la temperatura llegó hasta 58° C a una profundidad de 0.30 m, con esta temperatura se inicia el proceso de eliminación de

semillas de malezas y microorganismos patógenos, y se empiezan a degradar las aminas, aminoácidos y proteínas; la lombriz para escapar de esta temperatura se traslada a los primeros 10 cm donde la humedad es mayor por el riego.

El proceso termófilo es el de mayor importancia para la degradación de la materia orgánica, éste inicio con temperatura de 51° C hasta llegar a 44 ° C, en este proceso se descomponen las ceras, grasas y resinas, ocurre la despolimerización de lignina y compuestos fenólicos, las malezas ingresadas y la paja de trigo inician su proceso de descomposición, que no termina en esta etapa.

El proceso de enfriamiento inicio con temperaturas de 42° C hasta llegar a 28° C, es el de mayor duración por la descomposición de lignina, pectina quitina, celulosa y hemicelulosa, como son polímeros de cadena larga su proceso de degradación es más lento y se reduce la temperatura para permitir que los microorganismos actúen, una vez que con las altas temperaturas se eliminó a la mayor parte de los patógenos, los microorganismos benéficos actúan y activan su mecanismo de defensa contra patógenos con antibiosis, que es la producción de antibióticos para eliminar a las bacterias patógenas (León-López y Peña-Cabriales, 2015).

El proceso de maduración se efectuó cuando la temperatura se estabilizó a 26° C por más de 5 días, en esta etapa los microorganismos ya actuaron en degradar la mayor parte de la materia orgánica, el volumen inicial de 1.5 m de altura, se reduce a 0.5 m, el sustrato se convierte en materia orgánica friable y la densidad se reduce, lo que facilita su manejo como sustrato para invernaderos o mejorador de suelos.

Un subproducto del vermicomposteo por las constantes aplicaciones de agua son los biolíquidos que pueden ser utilizados como biofertilización porque tienen los 17 elementos esenciales, los 7 benéficos y en algunos casos hasta tóxicos, por lo es necesario analizar el biolíquido derivado del vermicomposteo.

La vermicoposta puede utilizarse en los suelos para la agricultura de riego que son los vertisoles con alto contenidos de arcilla del tipo montmorillonita, mientras que los de temporal son los phaeozems con bajo contenido de materia orgánica; por lo cual, el 44.9% de los suelos del país muestran algún tipo de degradación, porque en México las causas de la degradación nacional de los suelos, el 35% se asocia a actividades agrícolas y pecuarias (17.5% respectivamente) y 7.5% a la pérdida de cubierta vegetal (INEGI, 2016).

Los precios de los fertilizantes más utilizados en el sector agrícola de México, tienen una tendencia alcista, debido al comportamiento del precio a nivel internacional, así como el incremento de los costos logísticos y la demanda de los productos agrícolas (INIFAP, 2016).

Con la finalidad de contribuir a mejorar de mejorar el medio ambiente y que ya no se utilicen demasiados fertilizantes inorgánicos por lo alto de los precios de éstos y así, con las vermicompostas promoverlas para disminuir los costos de producción de los fertilizantes y con el plus que son fertilizantes orgánicos, así como para desarrollar prácticas sustentables (INIFAP, 2016).

En la actualidad el campo mexicano presenta signos de agotamiento reflejados en un estancamiento de la productividad, competitividad y rentabilidad, asociados a una notable degradación de los recursos naturales (INIFAP, 2016). El mejoramiento del suelo es el principal enfoque que se debe tener en la investigación para mejorar la sustentabilidad en sus procesos productivos, además del mantenimiento y mejoramiento de los recursos naturales.

CONCLUSIONES

Toda materia orgánica es susceptible de vermicompostarse,
Cuando hay problemas de suministro de materia prima como estiércoles, se puede complementar con la materia orgánica disponible en la región.
Al combinar diversos tipos de materia orgánica el periodo de vermicomposteo aumenta en mayor número de días.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, M. 1994. Introducción a la microbiología del suelo. 2ª Reimpresión en español. AGEDITOR, S. A. México. 210 p.
- Basal, S. and K. K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*. 73:95-98.
- Cornell composting. 2011. The science and engineering of composting. En línea: compost.css.cornell.edu/science.html. (Consultado el 22 de junio de 2012).
- Fioretto, A., A. Papa, A. Pellegrino y A. Ferrigno. 2009. Microbial activities in soils of a Mediterranean ecosystem in different successional stages. *Soil Biology and Biochemistry* 41:2061-2068.
- Havlin J.L.; J.D. Beaton; S. L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers. 6th ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 499 p.
- Instituto Nacional de estadística y geografía (INEGI). 2015. Estadística. Medio ambiente. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>. (Consultado el 9 de mayo de 2016).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2016. Convenio de Administración por Resultados del INIFAP 2016 – 2019. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, MEX. 144 p.

- Kögel-Knabner, I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as input to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*. 34:139-162.
- Labrador M., J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid, España. 123 p.
- León-López, L. y Peña-Cabriales, J. J. 2015. La producción de compuestos volátiles por rizobacterias y su relación con la promoción del crecimiento vegetal. In: Loredó Osti, C., Lara Mireles, J.L., Beltrán López, S. y Valdez Cepeda, R.D. (Compilación y Edición). *Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S. L. P. 40:250-253
- Mathews C. K. y K. E. Van Holde. 2001. *Bioquímica*. 3ª Reimpresión McGraw-Hill interamericana de España. Madrid, España. 1283 p.
- Miller, C. F. 1993. Composting as a process base on the control of ecologically selective factors. In: F. Blaine-Meeting, jr. (Ed.) *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker, Inc. New York, NY. USA. pp 515-544.
- Sinsabaugh, R., C. Lauber, M. Weintraub, B. Ahmed, S. Allison, C. Crenshaw, A. Contosta and L. Zeglin. 2008. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. *Ecology Letters* 11(11):1252-1264.
- Velazco V., J. 2002. Alternativa tecnológica del reciclaje de los desechos orgánicos del Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México. 95 p.
- Wagner, G. H. and D. C. Wolf. 1998. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: *Principles and applications of soil microbiology*. Chapter 11. (eds.) Sylva, D. M., J. J. Fuhrmann, P. G. Hartel and D. A. Zuberer. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N. J. pp 412-478.

HETROGENEIDAD QUÍMICA (pH y Ca) EN SUELOS DE ORIGEN CALCÁREO *Luvisoles rodicos y Vertisoles* DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

**¹Ramírez Silva Jorge Humberto, ¹Cano González Alejandro, ¹Tun Dzul José de la Cruz,
¹Canales Cruz Roberto, ¹Aguilar Duarte Yameli**

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa
Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.
Autor para correspondencia: ramirez.jorge@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La Península de Yucatán (PY) no es una planicie homogénea (Bautista *et al.*, 2005) y sus microrelieves son muy comunes y complicados para hacer predicciones sobre su comportamiento agronómico. Es frecuente observar suelos con uniforme coloración, como los rojos Luvisoles y grises Vertisoles pero con gran heterogeneidad química debido, no solamente, a las características propias pedogenéticas que dan origen al suelo sino también a prácticas de manejo antropogénicos a través del tiempo.

Dependiendo del grado de heterogeneidad es también el grado de variabilidad productiva que presentan los cultivos y esto se relaciona, al mismo tiempo, con la complejidad de factores relacionadas con las propiedades del suelo y las prácticas agronómicas correspondientes (Godwin y Miller, 2003). Los estudios sobre variabilidad espacial del suelo y su influencia en algunos cultivos, como el de la papa en Colombia, han sido documentados por Muñoz *et al.*, 2006 quien incluso determina los Coeficientes de Variación (CV) de cada propiedad edafológica.

Se considera que los diferentes suelos de la PY pueden acumular cantidades variables de carbonatos de calcio que influyen en el pH y dependiendo del tipo de arcilla en su conjunto repercuten en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) cuyas cantidades variables pueden ser indicadores de la fertilidad del suelo.

Importantes esfuerzos se han realizado en Yucatán (Bautista *et al.*, 2005) con el fin de entender mejor la heterogeneidad espacial de los suelos causados por los microrelieves típicos de las zonas kársticas. Para estudiar el grado de heterogeneidad se realizó este trabajo con el fin de determinar la variabilidad del pH y el calcio intercambiable en dos suelos mecanizables *Luvisoles* y *Vertisoles* de la PY.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon 27 localidades con suelos mecanizables de la PY clasificados como *Luvisol Rodico (kan cab)*, y 8 localidades con suelo *Vertisol* cultivados con maíz durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas.

Para los Luvisoles se seleccionaron 3 localidades en el estado de Quintana Roo (Nuevo Tabasco, Puerto Arturo 1 y Puerto Arturo 2), 11 en el estado de Campeche (Calkiní, Dzibalché, Emiliano Zapata, Hecelchakán, Iturbide, Kankí, Kesté, Nohacal, Tinum, Xcalot Bolonchen y Oxa) y 13 en el estado de Yucatán (Colonia Yucatán, Corral 2, Maycum, Masatunich, Maxcanu, Opichén 1, Opichén 2, Poccheil, San Martín Hili, San Pedro Rompoy, Xuil, Yalcobá y Santa Cruz 2).

Las 8 localidades con Vertisoles fueron de Quintana Roo (5) y Campeche (3) ninguno en Yucatán. Para Quintana Roo: Morocoy 1, Morocoy 2, San Román, Nicolás Bravo y Emiliano Zapata y Campeche: Conquista Campesina, Matamoros y Once de Mayo.

Se tomaron 9 muestras individuales del primer horizonte del suelo en cada localidad, colectando un kilo para el laboratorio. La ubicación de cada punto de muestreo se estandarizó para todas las parcelas tomando en cuenta un primer punto georeferenciado y ubicando a partir de ese primer punto a los otros 8 considerando distancias y rumbos preestablecidos al azar.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzná del estado de Campeche donde se determinó el pH y Ca (Cmol/kg). Para el Ca se empleó Acetato de Amonio 1N, pH 7 como solución saturante y se determinó con espectrofotómetro de absorción atómica. La información se sometió a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar considerando a las localidades como tratamientos y los 9 puntos de muestreo como repeticiones. Se realizó una comparación de medias con el método de diferencias mínimas significativas de Fisher. La variabilidad se midió calculando los Coeficientes de Variación de cada localidad comparándolo con la literatura (Muñoz *et al.*, 2006). Los valores de los atributos del suelo se clasificaron de acuerdo a la NOM-021-Semarnat-2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los atributos del suelo aquí estudiados presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre localidades.

pH en Luvisoles

Mucho se comenta sobre el pH de los suelos de origen calcáreo de la Península de Yucatán y siempre nos referimos a pH's alcalinos propios de la región. Sin embargo, existen referencias

(Bautista y Medina, 2005) que indican que puede haber, en suelos rojos de planicie, pH's ligeramente ácidos de 6.6 a 6.7.

En este estudio se encontraron, incluso, pH's de 5.44 y 5.71 (cuadro 1) en las localidades de Hecelchakán y Tinun respectivamente, ambos en el estado de Campeche. El 74% de las localidades mostraron pH's moderadamente ácidos desde 5.44 hasta 6.56. Solamente 7 localidades, el 26%, mostraron tener pH's neutros de 6.58 a 7.16.

En cuanto al grado de heterogeneidad se observan CV's bajos con un mínimo de 2.74% en San Pedro Rompoy Yucatán y un máximo de 9.11% en Iturbide Campeche. el CV poblacional fue de 8.51%.

Cuadro 4. Comparación de medias, CV'S y pH en Luvisoles ródicos de la Península de Yucatán.

Localidad	Media	Comparación	Clasificación	CV
Hecelchakán	5.44	a		4.06
Tinun	5.71	ab		3.39
Emiliano Zapata	5.96	bc		2.81
Yalcobá	6.02	bcd		3.45
San Martín Hili	6.07	bcde		2.82
Opichén	6.08	cde		7.23
Masatunich	6.21	cdef		4.36
Opichen 2	6.30	cdefg	Moderadamente Ácido	5.26
Iturbide	6.33	defg		9.11
Santa Cruz 2	6.34	defg		4.14
Pocccheil	6.36	defg		4.99
Maxcanú	6.37	defg		4.57
Xcalot Bolonchen	6.38	efg		7.38
Kankí	6.40	efg		9.08
Nohacal	6.42	fg		8.23
Macyum	6.46	fg		6.6
San Pedro Rompoy	6.49	fg		2.74
Xuil	6.49	fg		2.6

Corral 2	6.53	fgh		3.74
Puerto Arturo	6.56	fgh		5.29
Nuevo Tabasco	6.58	gh		8.95
Puerto Arturo 2	6.86	hi		7.67
Colonia Yucatán	6.96	i		9.57
Kesté	7.03	i	Neutro	2.75
Oxa	7.08	i		3.41
Calkiní	7.10	i		5.73
Dzibalché	7.16	i		7.17

pH en Vertisoles

Los Vertisoles de la Península de Yucatán se caracterizan por sus altos contenidos de arcillas montmorilloníticas del tipo 2:1 susceptibles a inundaciones frecuentes. Aún con los problemas de aireación, son más fértiles que los Luvisoles. En este estudio se encontró que el pH de los Vertisoles de la PY (cuadro 2) es más elevado que el de los Luvisoles. Solamente se encontraron una localidad con pH's moderadamente ácido (Conquista Campesina) en Campeche). Las otras seis localidades se caracterizaron por tener pH's neutros (Matamóros, Campeche y Nicolás Bravo, Quintana Roo) y moderadamente alcalinos (San Román, Morocoy 2 y Morocoy 1 en Quintana Roo y Once de Mayo y Emiliano Zapata en Campeche).

Cuadro 2. Comparación de medias, CV'S y pH en Vertisoles de la Península de Yucatán.

Localidad	Media	Comparación	Clasificación	CV
Conquista Campesina	6.38	a	Ligeramente Ácido	8.82
Matamoros	6.78	b	Neutro	5.8
Nicolás Bravo	7.03	b		7.54
San Román	7.37	c	Medianamente Alcalino	3.99
Morocoy 2	7.54	c		1.51
Morocoy	7.59	c		1.24
Once de Mayo	7.68	cd		2.18
Emiliano Zapata 2	7.93	d		1.52

Ca en Luvisoles

Los suelos de origen calcáreo como los de la Península de Yucatán tienen cantidades satisfactorias de Ca. El 40.7% de los Luvisoles ródicos del Cuadro 3 tienen cantidades medias de Ca y el 55.5% cantidades altas. La excepción fue Iturbide con 1.58 Cmol/kg calificado como muy bajo de acuerdo a la NOM-021-Semarnat 2000. Cuando comparamos la heterogeneidad de cada localidad, medido por el CV, encontramos CV's máximos de 177% en la localidad de Iturbide Campeche, clasificado como muy alto hasta el más bajo 9.61% en san Martín Hili de Yucatán considerado como bajo. Esto indica la importancia intrínseca e individual que tiene cada suelo al momento de considerar un uso racional de fertilizantes en un programa de manejo integral. El CV poblacional para todas las localidades y puntos de muestreo fue de 90.66% considerado muy alto.

Cuadro 3. Comparación de medias, CV'S y grado de deficiencia de Ca (Cmol/kg) en Luvisoles de la Península de Yucatán.

Localidad	Media	Comparación	Clasificación	CV
Iturbide	1.58	a	Muy baja	177.00%
Nuevo Tabasco	5.39	ab		17.89%
Puerto Arturo	5.41	ab		48.57%
Masatunich	6.89	bc		14.66%
San Martín Hili	7.22	bc		9.61%
San Pedro Rompoy	7.82	bcd		11.53%
Corral 2	8.05	bcd	Media	4.92%
Tinun	8.51	bcd		9.75%
Puerto Arturo 2	8.54	bcd		13.74%
Xuil	8.59	bcd		13.65%
Poccheil	9.24	bcdef		22.02%
Calkiní	9.76	bcdef		80.17%
Hecelchakán	10.00	bcdef		20.52%
Opichén 2	10.29	bcdef		15.97%
Kesté	10.35	bcdef		20.49%
Yalcobá	10.51	bcdef	Alta	20.67%
Santa Cruz 2	10.60	bcdef		12.94%
Macyum	10.69	def		20.37%
Xcalot Bolonchen	11.39	def		20.59%

Maxcanú	12.62	efg	54.60%
Kankí	13.92	fgh	35.26%
Nohacal	17.63	ghi	16.86%
Colonia Yucatán	18.01	hi	43.45%
Opichén	18.62	hi	20.45%
Oxá	21.97	i	31.51%
Emiliano Zapata	39.75	j	14.11%
Dzibalché	55.08	k	40.61%

Ca en Vertisoles

Contrario a los Luvisoles, los Vertisoles tienen un comportamiento diferente en cuanto a los contenidos de Ca. Los Vertisoles tienen contenidos más altos de Ca por lo que ninguna localidad presentó rangos de deficiencia nutrimental. El 100% de las localidades presentaron rangos altos que variaron de 15.4 Cmol/kg hasta excesos de 37.2 Cmol/kg (cuadro 4). El CV poblacional para Ca fue de 31.93%, con un mínimo de 7.98% en Nicolas Bravo Quintana Roo y un máximo de 46.04% en Matamoros Campeche.

Cuadro 4. Comparación de medias, CV'S y grado de deficiencia de Ca (Cmol/kg) en Vertisoles de la Península de Yucatán.

Localidad	Media	Comparación	Clasificación	Cv
Conquista Campesina	15.4022	a	Alto	31.08
Matamoros	18.1633	a		46.04
San Román	27.1944	b		15.08
Once de Mayo	28.1844	bc		29.61
Morocoy 1	28.9367	bc		23.41
Morocoy 2	31.8744	bc		8.47
Nicolas Bravo	33.3089	cd		7.98
Emiliano Zapata 2	37.2681	d		10.29

CONCLUSIONES

Los Luvisoles ródicos son ligeramente ácidos (pH =6.43) en promedio mientras que los Vertisoles son ligeramente alcalinos (pH=7.28). Para pH se observan CV's bajos con un mínimo de 2.74% y un máximo de 9.11%. Los Luvisoles son más deficientes en Ca que los Vertisoles.

BIBLIOGRAFÍA

- Bautista, F.; Palacio–Aponte, G.; Ortiz-Pérez, M.; Batllori-Sampedro, E. y Castillo-González, M. 2005. El Origen y el Manejo Maya de las Geoformas, Suelos y Aguas en la Península de Yucatán, p, 21-32. En: F Bautista y G. Palacio (Eds.). Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.
- Bautista, F. y H. Estrada Medina, 2005. Relación entre relieve y suelos en la Zona exhenequenera de Yucatán. p. 133-144. En: F Bautista y G. Palacio (Eds.). Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.
- Godwin, R. y Miller, C. 2003. Review of the technologies for mapping within-field variability. *Biosystems Engineering*, Amsterdam, v.84, n.444 44, p.393-407, 2003
- Muñoz J.D., Martínez L.J. y Giraldo R. 2006. Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). *Agronomía Colombiana* Vol. 24. N° 2. 366 pp.
- Norma Oficial Mexicana Nom-021-Semarnat-2000. Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis.
- .

TASA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA DE *Pinus cooperi* BLANCO, EN PARCELAS BAJO ENSAYO DE ACLAREOS EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO.

Juan Manuel López Hernández^{1*}, José Javier Corral Rivas¹, Carlos Antonio López Sanchez¹, Humberto González Rodríguez², Tilo Gustavo Domínguez Gómez³

¹ Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. *juma_loher@hotmail.com Km 5.5, Carretera a Mazatlán; CP 34120, Durango, Durango., México. ² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Carr. Nac. No 85, km 145, Linares, NL 67700, México. ³ Instituto Tecnológico de El Salto, Mesa del Tecnológico s/n. El Salto, P.N., Durango, México.

INTRODUCCIÓN

En México, el género *Pinus* es uno de los más importantes componentes de la vegetación de clima templado, ocupa un lugar primordial desde el punto de vista ecológico, económico y social, tanto en la producción maderable como en la no maderable. A menudo es el componente dominante de la vegetación, influyen en los procesos funcionales del ecosistema tales como los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos, regímenes de fuego, y son hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre. A pesar del reconocimiento de los bosques templados como de gran diversidad y de alto valor ecológico, la distribución reducida y cada vez más fragmentada sigue siendo una de las mayores amenazas para su mantenimiento y conservación (Golicher *et al.*, 2008).

La degradación de la hojarasca es un proceso ecosistémico clave por medio del cual los restos orgánicos de plantas y animales son degradados por agentes físicos (lixiviación y fragmentación) y biológicos (actividad de los microorganismos del suelo) en sus constituyentes químicos elementales y a través del cual se transfieren nutrientes al suelo en formas que pueden ser usadas para la producción microbiana y vegetal (Aber y Melillo, 1991, Aerts, 1997) y por ende determina la calidad del hábitat. Estudios realizados por Di Stefano *et al.*, (2005) y Hu *et al.*, (2006), han demostrado que el producto de la descomposición de hojarasca podría generar anualmente entre el 69% y 87% de la energía para el crecimiento de los bosques.

Aunque existe información de la descomposición de hojarasca para varios tipos de ecosistemas forestales en México (Martínez-Yrizar, 1980; Álvarez-Sánchez y Becerra, 1996; Heredia, 1999; Marmolejo *et al.*, 2013), y a pesar de la gran importancia que tienen las pináceas en el país los estudios sobre las tasas de degradación de hojarasca en pino, son escasos y para algunas especies inexistentes. Por ello, es fundamental realizar estudios sobre degradación de hojarasca para estas especies tan importantes por su gran distribución en el país. En el presente trabajo se evaluó las tasas de degradación de la hojarasca en ensayo de aclareos en

masas de *Pinus cooperi* var. Blanco, en el que se estudian el efecto de cinco intensidades de aclareo por lo bajo (aclareo ligero T1; moderado T2; fuerte T3; severo T4 y árboles porvenir T5) y un testigo, con el objetivo de conocer si hay diferencias en las tasas de degradación entre los diferentes grados de intervención forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela experimental crónicamente perturbada con cinco intensidades de aclareo y un testigo, en el paraje denominado Mexicano 2 del Ejido La Ciudad del Municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Localizado sobre la Carretera libre Durango-Mazatlán en el Km 145, en las coordenadas UTM X=437098 Y=2620954, con una altitud de 2800 msnm. La temperatura media anual oscila entre 20 y 22 °C, mientras que la precipitación media anual fluctúa de 800 mm a 1200 mm.

Los seis tratamientos de estudio se describen en el siguiente orden:

- Testigo: no se realizaron aclareos.
- T1. Aclareo Ligero: se removió un 10% del área basal por hectárea.
- T2. Aclareo Moderado: se removió un 20% del área basal por hectárea.
- T3. Aclareo Fuerte: se removió un 40% del área basal por hectárea.
- T4. Aclareo Severo: se removió un 60% del área basal por hectárea.
- T5. Árboles Porvenir: aclareo fuerte donde se eliminaron los árboles competidores de los 300 a 350 mejores individuos por hectárea.

La metodología seguida en la instalación de las parcelas corresponde a la desarrollada por la Forestry Commission (Hummel *et al.*, 1959). La forma de las parcelas fue cuadrada y con una superficie de 625 m² (25 m x 25 m); tamaño que se considera suficiente para que al final del experimento queden de 30 a 40 árboles en las parcelas aclaradas con mayor intensidad.

Estimación de la degradación de la hojarasca

Para evaluar la tasa de degradación de la hojarasca en los tratamientos de estudio seleccionados, se utilizó el método de “bolsas de descomposición” (litter-bags; Bärlocher, 2005), que consiste en colocar 10 g de hojarasca recién caída en bolsas de polipropileno negro de 10 cm x 10 cm con apertura de 1 mm². Esta apertura minimiza las pérdidas por fragmentación. En

cada bolsa se depositó una composición que refleja la proporción relativa de los componentes estructurales del material original (hojas, ramas, estructura reproductiva y otros componentes de la hojarasca). Un total de 300 bolsas fueron empleadas para todo el diseño experimental (50 bolsas por tratamiento). Las cuales se colocaron en cada tratamiento con la siguiente distribución: al centro se plantaron 12 bolsas, a 0°, 135° y 225° se plantaron 16 bolsas, respectivamente. Posteriormente, se retiraron al azar cinco bolsas por tratamiento cada 30 días durante 360 días; las bolsas se secaron durante 48 horas a 70 °C en un horno de convección para obtener el peso seco residual de cada muestra. Con este valor se obtuvo el peso remanente y el porcentaje de pérdida de la biomasa inicial equivalente a la descomposición.

Los valores de masa remanente se ajustaron al modelo de regresión exponencial simple (Olson, 1963) de la forma:

$$\frac{X_t}{X_0} = \beta_0 e^{-kt}$$

Donde X_t = Masa de hojarasca en el tiempo (días), X_0 = Masa inicial de hojarasca, β_0 = Masa residual en el tiempo cero, k = Constante de descomposición y t = Tiempo expresado en años (días /365).

También se obtuvo el tiempo teórico requerido para que se degrade el 50%, 95% y el 99% de la hojarasca calculado como:

$$t_{0.5} = \ln(1 - 0.50)/t, t_{0.95} = \ln(1 - 0.95)/t \text{ y } t_{0.99} = \ln(1 - 0.99)/t$$

Las variables ambientales tales como temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%) y precipitación fueron obtenidas de las bases de datos climáticas de la CNA de Durango. Adicionalmente, se determinó la cobertura vegetal (m²) en cada tratamiento. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de correlación de Pearson para determinar el grado de asociación entre la degradación de hojarasca con las variables ambientales y la cobertura arbórea de los diferentes tratamientos estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales los resultados de la descomposición de la hojarasca presentaron dos fases; una de rápida pérdida inicial que dura 210 días y un periodo de pérdida más lento hasta los 360 días (Figura 1). Dichos resultados son congruentes con los datos publicados por otros autores (Arellano *et al.*, 2004; Goma-Tchimbakala y Bernhard-Reversat, 2006; Villavicencio,

2012). Esta pérdida exponencial inicial es sobre todo producto de la lixiviación de las sustancias más solubles, así como con la fragmentación realizada por las poblaciones microbianas que empiezan a consumir las sustancias más fáciles de degradar (Aerts y Chapin, 2000). Las tasas de descomposición de la segunda fase están más influidas por el contenido de materiales de más difícil degradación como la hemicelulosa y lignina (Bernhard-Reversat, 1993). Otro factor puede ser la biomasa de los organismos descomponedores, la cual puede representar una considerable proporción del peso seco que encubra el verdadero patrón de pérdida de peso.

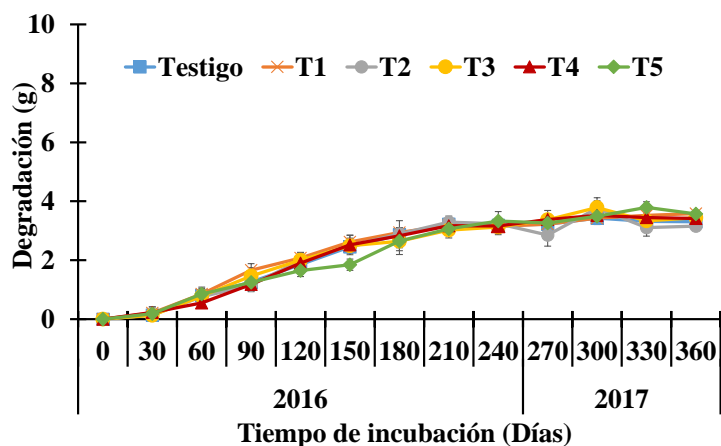


Figura 1. Degradación de la hojarasca por periodos de incubación

En cuanto a las tasas de descomposición, los valores de k fueron de -0.00144 para el Testigo, -0.00152 (T1), -0.00144 (T2), -0.00150 (T3), -0.00140 (T4) y -0.00144 (T5). La tasa de descomposición en cada caso por tratamiento se ilustra en el Cuadro 1, en la que se evidencia un comportamiento similar en todos los tratamientos. Estos valores contrastan con los reportados para ecosistemas templados. Por ejemplo, Rocha-Loredo y Ramírez-Marcial (2009) obtuvieron valores de k entre -1.40 y -1.44 con porcentajes de descomposición de 34 a 52% para bosques de pino y de pino encino en Chiapas. Mientras que, Melillo *et al.* (1982) reportaron que los coeficientes anuales de las tasa de descomposición de especies templadas variaron de -0.08 a -0.47 . Por otro lado, Stohlgren (1988), cita valores de k entre -0.18 y -0.62 para bosques mixtos de coníferas en Estados Unidos y el tiempo requerido para el decaimiento del 95% varia de 11 a 27 años. En el presente estudio, el tiempo requerido para el decaimiento 95% osciló en 8.3 a 9.0 años, que es menor que las de los rangos reportados.

Cuadro 1. Tasa de descomposición de la hojarasca de *Pinus cooperi* Blanco (k = constante de descomposición; t = tiempo requerido para que se descomponga el 50%, 95% y 99% de la biomasa).

Tratamiento	K $gg^{-1} t$	Intervalo de confianza al 95%		Degradación en años		
		Límite inferior	Límite superior	t _{.50}	t _{.95}	t _{.99}
Testigo	-0.00144	-0.00204	-0.00083	1.3	5.7	8.8
Aclareo ligero T1	-0.00152	-0.00184	-0.00120	1.2	5.4	8.3
Moderado T2	-0.00144	-0.00180	-0.00108	1.3	5.7	8.8
Fuerte T3	-0.00150	-0.00190	-0.00111	1.3	5.5	8.4
Severo T4	-0.00140	-0.00157	-0.00124	1.4	5.8	9.0
Árboles porvenir T5	-0.00144	-0.00157	-0.00131	1.3	5.7	8.7

En estos casos las diferencias en las constantes no solo reflejan las diferencias en el tipo de hojarasca sino también la influencia de los factores ambientales que limitan la descomposición. En este sentido, la zona templada se considera una zona geográficamente crítica para la descomposición de la materia, pues el factor limitante principal de la descomposición es la temperatura y la precipitación, las cuales se correlacionaron de forma negativa en este estudio. Es así que, en lugares donde existe una marcada estación seca, diversos autores (Hopkins, 1966; Swift *et al.*, 1981; Bhatt *et al.*, 1985) encontraron una mayor tasa de descomposición durante la estación lluviosa, sugiriendo una relación entre descomposición y precipitación.

En cuanto a la cobertura del dosel no tuvieron efecto significativo sobre la descomposición de la hojarasca; por lo tanto, la cobertura arbórea de los tratamientos evaluados no influyó en la tasa de descomposición. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Barriga (2000), quien, al comparar áreas fragmentadas de bosques húmedos montanos en Colombia, no encontró diferencias significativas en la descomposición, concluyendo que el proceso de descomposición no fue alterado después de los disturbios antropogénicos.

CONCLUSIONES

El grado de intervención (tipo de aclareos) no tuvo efecto sobre los patrones de descomposición durante los 360 días de incubación, lo que demuestra las constantes de descomposición (k de Olson) la cual confirman que la velocidad de descomposición es similar para los cinco tipos de aclareos y el testigo (Cuadro 1). Aun cuando el T1 (aclareo ligero) fue significativamente más rápida que los demás tratamientos bajo las condiciones de microclima que ofrecen estos tipos de aclareos.

De forma general en este estudio podemos apreciar degradaciones más altas en verano-otoño, favorecidas conjuntamente por temperaturas moderadas y algunas precipitaciones importantes y bajas descomposición en invierno-primavera, condicionadas principalmente por las bajas temperaturas y precipitaciones, ya que a medida que pasa el tiempo se incrementa la influencia de los factores climáticos y edáficos sobre la influencia de la degradación de la hojarasca.

BIBLIOGRAFÍA

- Aber, J.D., y J.M. Melillo, 1991. *Terrestrial Ecosystems*, San Diego, California: 2ª. Edición. Academic Press, 543 pp.
- Aerts, R., 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79: 439-449.
- Aerts, R., y F.S. Chapin, 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in ecological research*, 30: 1-67.
- Álvarez-Sánchez, J., y R. Becerra, 1996. Leaf decomposition in a mexican tropical rain forest. *Biotropica*, 28: 657-667.
- Arellano, R.; J. Paolini, L. Vásquez, y E. Mora, 2004. Producción y descomposición de hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado de Trujillo, Venezuela. *Rev. Forest. Venez*, 48: 7-14.
- Bärlocher, F., 2005. Leaf mass loss estimated by litter bag technique. In: Graça, M.A.S., F. Bärlocher, M.O. Gessner, editors. *Methods to study litter decomposition practical guide*. Dordrecht, The Netherlands: Springer; pp. 37-42.
- Barriga, A.P., 2000. Comparación de las tasas de descomposición de hojarasca y de los grupos funcionales de microorganismos involucrados, entre áreas continuas y fragmentadas de bosque húmedo montano bajo al occidente de la sabana de Bogotá (Cundinamarca, Colombia). Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeria. Bogotá, DC. 145 p.
- Bernhard-Reversat, F., 1972. Decomposition de la litiere de feuilles en foret ombrophile de Basse Cote-d'Ivoire. *Oecologia plantarum*, 97: 279-300.
- Bhatt, S.C.; G.V. Sarat Babu, y S.C. Pandeya, 1985. Leaf-litter decomposition in arid to semi-arid climatic conditions. *Proceedings: Plant Sciences*, 95: 409-416.
- Di Stefano, J., y L. Fournier, 2005. Caída de hojarasca y tasas de descomposición de las hojas de *Vochysia guatemalensis* en una plantación de 10 años, Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29:9-16.
- Golicher, D.J.; L. Cayuela, J.R.M. Alkemade, M. González-Espinosa, y N. Ramírez-Marcial, 2008. Applying climatically associated species pools to the modeling of compositional change in tropical montane forests. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 262-273.
- Goma-Tchimbakala, J., y F. Bernhard-Reversat, 2006. Comparison of litter dynamics in three plantations of an indigenous timber-tree species (*Terminalia superba*) and a natural tropical forest in Mayombe, Congo. *Forest Ecology Management*, 229: 304-313.
- Heredia, G., 1999. Diversidad y sucesión de los hyphomycetes de la superficie de las hojas en descomposición de tres especies arbóreas dominantes en un bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 141 pp
- Hopkins, B., 1966. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *The Journal of Ecology*, 54: 687-703.
- Hu, Y.L.; S.L. Wang, y D.H. Zeng, 2006. Effects of single Chinese fir and mixed leaf litter on soil chemical, microbial properties and soil enzyme activities. *Plant and soil*, 282: 379-386.
- Hummel, F.C.; G.M. Locke., J.N. Jeffers., J.M. Christie, 1959. Code of sample plot procedure. London, UK. Her Majesty's Stationary Office. Forestry Commission Bulletin N. 31. 114 p.
- Marmolejo-Moncivais, J.G.; C.M. Cantú-Ayala, y M.A. Gutiérrez-Suárez, 2013. Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(17): 174-181

- Martínez-Yrizar, A., 1980. Tasas de descomposición de materia orgánica foliar de especies arbóreas de selvas en clima estacional. Tesis Licenciatura. UNAM. México. 94 p. (No. F/574.526 M3).
- Melillo, J.M.; J.D. Aber, y J.F. Muratore, 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63: 621-626.
- Olson, J.S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*. 44(2): 322–331.
- Rocha-Loredo, A.G., y N. Ramírez-Marcial, 2009. Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84: 1-12.
- Stohlgren, T.J., 1988. Litter dynamics in two Sierran mixed conifer forests. I. Litterfall and decomposition rates. *Canadian Journal of Forest Research*, 18: 1127-1135.
- Swift, M.J.; A. Russell-Smith, y T.J. Perfect, 1981. Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regeneration bush-fallow in subhumid tropical Nigeria. *J. Ecol.*, 69: 981-995.
- Villavicencio, E.L., 2012. Producción, pérdida de peso y tasas de descomposición de hojarasca en cafetales tradicional y rústico, y selva mediana, en Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(2): 159-173.

DISEÑO Y MANEJO DE UNA PILA DE VERMICOMPOSTEO

María del R. Jacobo Salcedo¹, Juan M. Covarrubias Ramírez^{2*}, José A. Hernández Maruri³
y Víctor M. Parga Torres².

¹CENID-RASPA. ²C.E. Saltillo, INIFAP, ³C. E. San Luis. *covarrubias.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La agricultura sustentable o también llamada agricultura orgánica necesita de materia prima para realizarla; la nutrición de los cultivos mediante el uso de materia orgánica a base de estiércoles es en la actualidad la mejor y más económica forma de nutrir los cultivos (Balvanera, 2016). Los estiércoles ocasionan volatilización de óxido nitroso que es un gas de efecto invernadero y participa en el deterioro ambiental, la agricultura aporta el 67% del óxido nitroso, pero no por los cultivos, la mayor parte es por la ganadería y los estiércoles que generan (Hossaini *et al.*, 2017). El vermicomposteo es un proceso de descomposición aeróbica (que se provee de oxígeno) de la materia orgánica en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación en el cual participan diferentes grupos de microorganismos (Paul y Clark, 1996). El vermicomposteo es el uso de lombrices que tengan la capacidad de alimentarse de la materia orgánica de la cual se quiere hacer el composteo (Basal y Kappor, 2000). Existen cuatro tipos de lombrices utilizadas en el vermicomposteo: la lombriz roja (*Eisenia andrei*), la lombriz tigre (*Eisenia foetida*), la lombriz africana (*Eudrilus eugeniae*) y la lombriz oriental (*Perionyx escavatus*). La lombriz roja (*Eisenia andrei*) ha demostrado mayor eficiencia en la elaboración de vermicomposta con estiércol de bovino producida a razón de 15 lombrices en envases de 4.65 kg y requiere de un tiempo de alrededor de 65 días para obtener el producto (Serrano *et al.*, 2011). Con el uso de vermicompostas utilizando la lombriz roja o californiana (*Eisenia andrei*), se tiene una asociación con microorganismos benéficos en el intestino de la lombriz del género *Bacillus*, donde *B. subtilis*, tiene actividad enzimática de fosfatasa para solubilizar fósforo, promueve el crecimiento de raíces laterales y longitud de raíz, incrementa la absorción de fósforo y la biomasa de la planta (Covarrubias-Ramírez *et al.*, 2005; Pérez-Pérez y Espinosa-Victoria, 2014; León-López y Peña-Cabriales, 2015). El objetivo del estudio es mostrar el diseño y manejo de una pila de vermicomposteo generada para desarrollo rural en Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las pilas de vermicomposteo son trapezoidales de 2.5 m de ancho y hasta 1.0 de alto, lo largo depende de la facilidad del manejo y de la materia orgánica que se esté utilizando. La pila debe tener un buen drenaje y un piso firme con pendiente de 0.5 % para escurrimiento del mojado de la materia orgánica. La materia prima del vermicomposteo puede ser estiércoles y se traslada el material en contenedores cubiertos para evitar que se disperse; para realizar el vermicomposteo el estiércol se muele en un molino de martillo para que sea menor de 5 cm (Figura 1), y se pueda acelerar el proceso, este se realiza colocando en la pila el estiércol molido y se agrega la lombriz roja o californiana (*Eisenia andrei*) a razón de 1,000 lombrices por una pila de 2.5 m de ancho, 1.0 de alto y 1.5 m de largo, o sea 267 lombrices/m³ (Figura 2). Por ejemplo, si la pila mide 24 m de largo se necesitarán 16,000 lombrices, si se mide mayor o menor superficie en función a la cantidad de composta que se ha de utilizar, se realiza el cálculo para determinar cuántas lombrices se necesitan. En la vermicomposta no se requiere voltear el sustrato porque la lombriz realiza el proceso de aireación. Posteriormente, cuando el producto esté maduro se procede a sacar la lombriz colocando una malla de plástico sobre la pila y se cubre con la misma composta con una capa de aproximadamente 0.20 m, después se moja y se deja toda la noche y al día siguiente estarán las lombrices sobre la malla y podrán ser removidas, y el sustrato está listo para utilizarlo como mejorador del suelo.

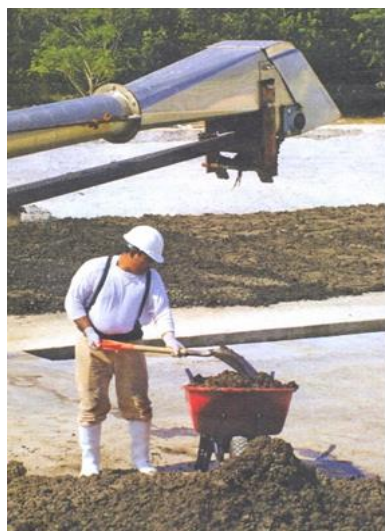


Figura 1. Pila de vermicomposteo empresarial.



Figura 2. Lombriz roja o californiana (*Eisenia andrei*)

En el desarrollo rural la pila de vermicomposteo tiene que ser con características especiales para este tipo de productores, las dimensiones son menores hasta 1.5 m de ancho y el largo no es mayor a 10 m, porque tienen problemas para conseguir la materia prima y molerla. Pero esto no significa que no pueda realizarse.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño se realizó en una huerta de manzano ubicada a 2,600 msnm con una pendiente del 25%, con estas características la pila no se construye cómo una superficie plana, se tuvo que levantar paredes hasta 1 m de alto para evitar el arrastre de partículas de suelo y vegetación que pudieran contaminar la vermicomposta (Figura 3). Las dimensiones de la pila son de 1.5 m de ancho y 7 m de largo con paredes de 1 m de alto y con la pendiente del 0.5% y al final se pone una coladera para obtener los biolíquidos de la vermicomposta (Figura 4). El estiércol se distribuye en la pila y se inicia el proceso de mojado a condiciones de capacidad de campo para obtener el biolíquido y se deja de regar hasta 5 días después, para iniciar nuevamente el mojado (Velazco, 2002).



Figura 3. Construcción de Pila de vermicomposta rural.



Figura 4. Diseño de una pila de vermicomposteo.

La temperatura se determina con un termómetro con varilla diariamente en el sustrato (Figura 5), para conocer la temperatura en los procesos mesófilo, termófilo, enfriamiento y maduración; cuando la temperatura sea la mínima y se estabilice por 5 días, y la vermicomposta tenga un aspecto terroso, de consistencia blanda y de color oscuro, indica que esta ya se formó. En la etapa mesófila y termófila, la temperatura en el estiércol bajo vermicomposteo puede llegar hasta 40° C, lo que provoca la eliminación de semillas de malezas y de patógenos sensibles a la temperatura.

Las especificaciones microbiológicas de calidad en la vermicomposta deben cumplir con las especificaciones microbiológicas establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Salud NMX-FF-109-SCFI-2007, vigentes para *Salmonella* y *Escherichia coli*.



Figura 5. Medición de temperatura en el sustrato.



Figura 6. Biofertilización con biolíquidos de vermicomposta.

El uso del biolíquido como biofertilización es porque tiene una composición nutrimental con los 17 elementos esenciales, los 7 benéficos y en algunos casos hasta tóxicos, por lo es necesario analizar el biolíquido derivado del vermicomposteo del estiércol (Figura 6).

Los precios de los fertilizantes más utilizados en el sector agrícola en México, tienen una tendencia alcista, debido al comportamiento del precio a nivel internacional, así como el incremento de los costos logísticos y la demanda de los productos agrícolas (INIFAP, 2016).

El diseño en el área rural siempre tiene que realizarse para poca capacidad porque el productor tiene dificultad para conseguir la materia orgánica y pocas veces tiene equipo como termómetro de aguja para determinar la temperatura.

La calidad de la vermicomposta permite que pueda ser utilizada en agricultura orgánica, agricultura sustentable o agricultura ecológica, además de viveros y semilleros, y para la rehabilitación de suelos degradados y contaminados (Moreno y Maciel, 2008), porque favorece las propiedades del suelo y la nutrición del cultivo y sólo faltaría estudiar a fondo como reducir su tiempo de vermicomposteo; y en qué forma se encuentra los elementos para que puedan ser fácilmente disponible para la nutrición de los cultivos.

En la actualidad el campo mexicano presenta signos de agotamiento reflejados en un estancamiento de la productividad, competitividad y rentabilidad, asociados a una notable degradación de los recursos naturales (INIFAP, 2016). La salud del suelo es el principal enfoque que se debe tener en la investigación para mejorar la sustentabilidad en sus procesos

productivos, la sanidad, el mantenimiento y mejoramiento de los recursos naturales y en este caso el suelo.

CONCLUSIONES

Es importante determinar en que localidad y bajo que situaciones se pretende construir una pila de vermicomposteo, y también la fuente de materia orgánica con que la va a surtir.

El manejo con la lombriz se facilita el proceso de vermicomposteo porque ésta realiza la aireación del sustrato a moverse dentro de este.

Si el sustrato puede utilizarse como mejorador de suelo, los biolíquidos que se generan pueden utilizarse como un fertilizante líquido con todos los nutrimentos y por consiguiente más barato.

BIBLIOGRAFIA

- Balvanera Levy, P. 2016. Una mirada al conocimiento de los ecosistemas de México. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, 441 pp.
- Covarrubias-Ramírez, J. M., S. Castillo-Aguilar, J. A. Vera-Núñez, R. Núñez-Escobar, P. Sánchez-García, R. Aveldaño-Salazar y J. J. Peña-Cabriales. 2005. Absorción y eficiencia en uso de fósforo en papa cultivar alpha con 32P. *Agrociencia* 39:127-136.
- Hossaini, R.; M. P. Chipperfield; S.A. Montzka, A. A. Leeson; S.S. Dhomse and J.A. Pyle .2017. The increasing threat to stratospheric ozone from dichloromethane. *NATURE COMMUNICATIONS*. 9 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2016. Convenio de Administración por Resultados del INIFAP 2016 – 2019. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, MEX. 144 p.
- León-López, L. y Peña-Cabriales, J. J. 2015. La producción de compuestos volátiles por rizobacterias y su relación con la promoción del crecimiento vegetal. In: Loredó Osti, C., Lara Mireles, J.L., Beltrán López, S. y Valdez Cepeda, R.D. (Compilación y Edición). *Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S. L. P. 40:250-253
- Moreno C., J y R. Maciel H. 2008. *Compostaje*. 1ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Esp. 570 p.
- Paul, E. A. and F. E. Clark. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. 2nd Ed. Academic Press. San Diego, Ca. USA. 340 p.
- Pérez-Pérez, J.A. y Espinosa-Victoria, D. 2014. Caracterización microbiológica de las bacterias residentes en el tracto digestivo de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. In: Flores Margez, Juan Pedro et al. (eds). *Memoria XXXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Cd. Juárez, Chih. 39:128-133.
- Serrano García; N. J.; Vaca R., L. J. y Del Águila, P. 2011. Actividad respiratoria y biomasa microbiana en un feozem enmendado con vermicomposta. En: Guerrero Peña, A., Galmiche Tejeda A., Carrillo Ávila, E., Vázquez Hernández, L., Santos Argüelles, R. G., Fortís Hernández, M. y Salazar Sosa, E. (eds). *Memoria del XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. SMCS. San Francisco de Campeche, Campeche, México. 35:191-195.
- Velazco V., J. 2002. *Alternativa tecnológica del reciclaje de los desechos orgánicos del Colegio de Postgraduados*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México. 95 p.

DISEÑO DE SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN DE GRANOS PEQUEÑOS PARA SIEMBRA EN CAMAS Y PRACTICAS DE CONSERVACIÓN

Raúl Vidal García Hernández^{1*}, Ernesto Martínez Reyes¹, Mercedes Borja Bravo¹, Francisco Garibaldi Márquez¹ y Esteban Salvador Osuna Ceja¹.

¹Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, INIFAP. Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas. Apartado Postal 20. CP. 20660, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo-e:

*garcia.raul@inifap.gob.mx.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas, los productores están interesados en sembrar granos pequeños en camas, conservar y retener la máxima cantidad de agua para el uso de los cultivos de temporal. Las experiencias les han enseñado que la mayor limitante en la producción de los cultivos es la sequía (Rubio, 2004; Padilla *et al.*, 2008), por lo que las técnicas de producción deben estar enfocadas a provechar el recurso hídrico y en la precisión para depositar las semillas en el suelo. Existen factores que contribuyen a la precisión del espaciamiento de las semillas y en el diseño, este proceso se supone que es uniforme, pero la uniformidad puede variar dependiendo de las condiciones del suelo, propiedades de la relación-máquina y la característica de la semilla (Srivastava *et al.*, 1993; Yazgi y Degirmencioglu, 2007).

Los precursores de la práctica de siembra en camas fueron los productores del Valle del Yaqui en México en la década de los setenta. Una investigación realizada por el CIMMYT en 1991 indicó que el 65% del trigo sembrado en este valle se realizó en camas de 60-80 cm de ancho, y para el 2001 la cifra subió a 84% (Fischer *et al.*, 2005). Hussain *et al.* (2011) mencionó que los equipos para mecanizar la siembra en camas de varios cultivos en Pakistán fueron introducidos en 1998 desde Australia. Entre las ventajas que reportan es ahorro de agua y tiempo, incremento del rendimiento de grano, además de una distribución uniforme de fertilizante y semilla. Sin embargo, la adquisición de estos equipos por parte de productores pequeños ha sido complicada por su alto precio. En el INIFAP Campo Experimental Pabellón, Rojas *et al.* (2013) desarrollaron una sembradora mecánica de precisión, versátil para agricultura de conservación; con la cual, se pueden establecer siembras en camas a dos, tres y cuatro hileras para granos medios; realiza prácticas simultáneas de captación de agua *in situ* con el rodillo aqueel y aplicación de abono orgánico en un solo paso del tractor. Hernández *et al.* (2013) desarrollaron un prototipo de sembradora neumática con características similares y sistemas de siembra fijos. Los prototipos antes mencionados, han mostrado tener ciertas fallas en la operación, por lo que es necesario mejorar y retomar los principios en los cuales están basados los diseños. Es por ello que, el objetivo principal de este trabajo fue diseñar una sembradora de

precisión neumática para siembra de granos pequeños en camas, con mayor eficiencia, cumpliendo los parámetros agronómicos de diferentes especies como oleaginosas, leguminosas y cereales, que contribuya a la sustentabilidad de la agricultura. Además, en que los productores innoven en las técnicas de siembra y aprovechen los suelos para incrementar los rendimientos de sus cultivos para forrajes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de diseño se llevó a cabo en el INIFAP Campo Experimental Pabellón ubicado en el kilómetro 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Se trabajó en el departamento de mecanización para conjuntar ideas y definir un diseño conceptual. Para la metodología del desarrollo de la sembradora de precisión neumática, se desarrolló un diseño conceptual con subfunciones que la máquina debe realizar; además se organizó una lluvia de ideas planteando soluciones para un problema específico, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Subfunciones y alternativas de solución.

Sub Funciones	Soluciones		
	1	2	3
1 Forma de acople al tractor	A la barra de tiro	A los tres puntos de enganche	Frontal
2 Dosificador	Mecánico	Rodillo	Neumático o cámara de vacío
3 Tren de siembra	Individual	En par	Tres cuerpos
4 Tolva de semilla	Lámina negra	Plástico	Aluminio
5 Formadores de cama	Cinceles	vertederas	Discos
6 Transmisión	Cadena	Banda	Engranés
7 Método de depositado de materia orgánica	Al voleo	En fajas	En filas
8 Material de la tolva	Metal	Plástico	-
9 Dosificador de materia orgánica	Tornillo son fin	Rodillo	Banda
10 Dispositivo para captar agua	Cinceles	Pinocho	Piletas y aqueel
11 Sistema de transmisión	Neumático	Mecánico	Hidráulico

Con respecto a las alternativas de solución y la lluvia de ideas se plantearon los siguientes sistemas: formar una cama de siembra en el ancho de trocha del tractor, sembrar a profundidades y distancia entre semillas variables de acuerdo con la especie, captar agua de lluvia *in situ* a través de piletas y aqueel. La formación de cama de siembra se diseñó con vertederas comerciales, las cuales tienen 7 pulgadas de ancho, donde se ensamblan al chasis principal coincidiendo en el ancho de trocha del tractor de 1.52 m y dejando la cama a 1.20 m de aprovechamiento de las 6 hileras.

El dibujo en 3D se desarrolló en el software Solid Works 2016®. Se tomó en cuenta materiales comerciales y de fácil acceso, y disminuir el maquinado de geometrías complejas para reducir tiempo y costos en el prototipo.

Chasis

Para el chasis se consideró estructura metálica PTR 4x4" reforzado. Se establecieron medidas para enganche del tercer punto para tractor de categoría II, de acuerdo con la norma ASAE S217.17 (ASABE Standars, 2006). También se acondicionó para lograr la formación de las camas con vertederas en lo ancho de trocha de los tractores agrícolas y adaptar los parámetros requeridos para la distancia entre surcos.

Sistema de siembra

Los cuerpos de siembra se configuraron de acuerdo con los parámetros agronómicos del cultivo y la distancia entre semillas, esto se calculó mediante la relación de transmisión y el perímetro de la rueda motriz ($P=188.5$ cm) como se muestra en la siguiente expresión.

$$i = \frac{C_{motriz}}{C_{conducida}}$$

Donde i es la relación de trasmisión; C_{motriz} es la catarina motriz y $C_{conducida}$ la catarina conducida.

Para la transmisión principal se utilizó la cadena 50B y para la secundaria la 40B. La transmisión principal surgirá de la rueda motriz (llanta) a la "flecha distribuidora" que funcionará como motriz para la dosificación y la secundaria será accionada por la flecha distribuidora motriz a los dosificadores de semilla.

Sistema de vacío

Las sembradoras neumáticas funcionan mediante un ventilador cuya velocidad periférica está comprendida entre 50 y 70 m s⁻¹ accionado mediante una transmisión por correas desde la toma de fuerza con revoluciones nominales al volante de 1500-1900 por minuto, se produce un flujo de aire a través de los orificios del plato distribuidor cuyo diámetro es inferior al de las

semillas (Godoy, 2015). Cuando el disco sobrepasa la zona de aspiración la semilla se cae al igualarse las presiones a un lado y otro del disco (García y Palau, 1983; Godoy, 2015). Para el diseño se seleccionó una turbina comercial y cámaras de vacío con platos verticales con 45 orificios y a doble hilera y con ello establecer 6 hileras separadas homogéneamente. La transmisión de movimiento provendrá de la toma de fuerza del tractor a la sección de la turbina, con una polea para alcanzar las presiones requeridas para la succión de la semilla.

Dispersador de materia orgánica

Se usaron azadas tipo L, las cuales se configuraron en espiral y se hizo un cuerpo de cuatro secciones con dos componentes izquierdos y dos derechos. De los cuales la velocidad de giro será la velocidad de avance del tractor y con ello garantizar el movimiento del suelo junto con la composta. El depósito será de lámina negra con transporte de tornillos sinfín y el movimiento transmite con el rodillo dispersador de materia orgánica (Figura 1).

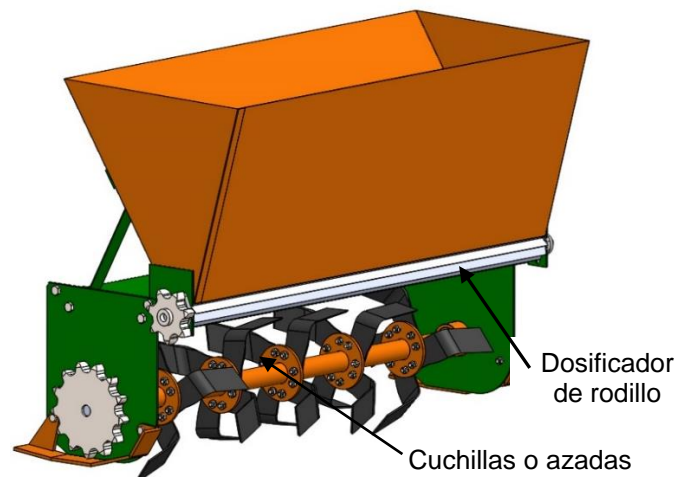


Figura 1. Vista isométrica del sistema dosificador de materia orgánica.

Sistema de captación de agua de lluvia *in situ*

Para la captación de agua se ocuparon dos sistemas para lograr mayor aprovechamiento del agua de lluvia en la cama de siembra y en las partes laterales donde pasa la rueda del tractor (ancho de trocha). De acuerdo con Osuna *et al.* (2012) la captación de agua de lluvia *in situ* mediante el uso del sistema "aqueel" y el "pileteo".

El pileteo o contreo es una práctica que consiste en levantar bordos de tierra de 0.20 m de alto a distancias regulares en medio del surco donde se ubica la rodada del tractor (Figura 2). El objetivo del "pileteo" es almacenar el agua y reducir la erosión del suelo (Osuna *et al.*, 2012). Con base a al análisis cinemático de Hernández *et al.* (2013) se consideró la relación de

transmisión de 1:0.6 y una distancia aproximada de 3 metros entre bordos de acuerdo al recorrido de la leva.

El **Aqueel** es un conjunto de ruedas dentadas, con diseño geométrico que forman un rodillo continuo del ancho de la sembradora (Figura 3). Con este rodillo es posible construir alrededor de 190 mil micro-captaciones por hectárea, almacenando en cada reservorio aproximadamente 0.825 litros de agua (Ventura et al, 2003; Osuna *et al.*, 2012). El diseño de la sembradora cuenta con un rodillo de 10 piezas con seis protuberancias.

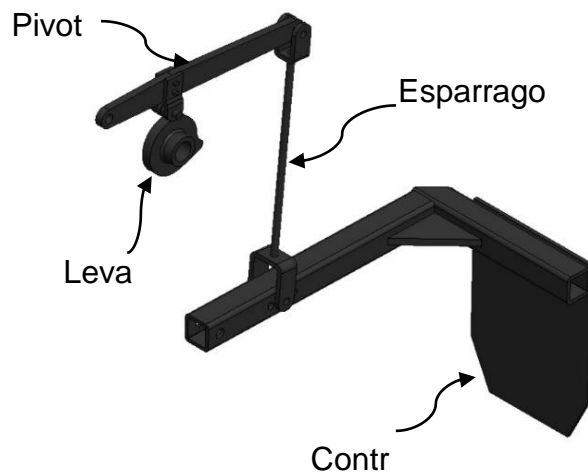


Figura 2. Vista isométrica de piletadora.

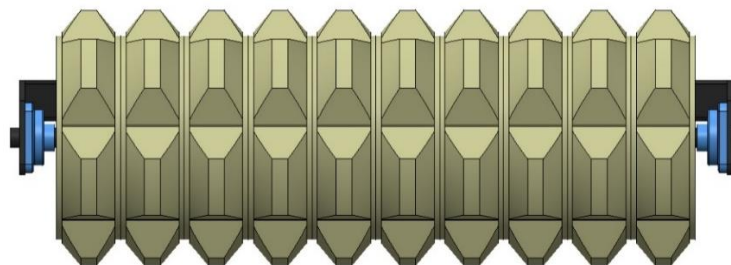


Figura 3. Vista posterior de rodillo aqueel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 4 se muestra el diseño conceptual para la sembradora neumática de precisión de granos pequeños para siembra en camas y prácticas de agricultura de conservación, el cual consta de: acople al tercer punto con especificaciones técnicas de tractor de categoría II, con sistema de dosificación neumática accionada (poleas) de la toma de fuerza del tractor y platos dosificadores verticales, chasis reforzado con estructura de PTR, depósitos de semilla y materia orgánica de lámina negra, dosificador de materia orgánica por rodillos con transmisión por

cadena y sistemas de captación de agua por medio de aqueel y piletas con accionamiento mecánico.

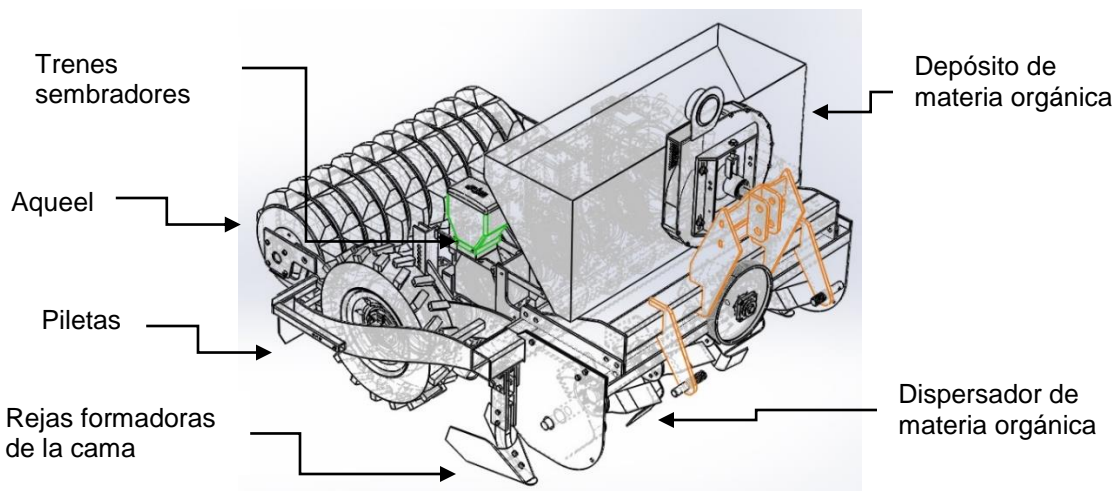


Figura 4. Diseño de sembradora neumática de precisión para siembra de granos pequeños en camas

De acuerdo a los parámetros agronómicos requeridos en cada especie, en el Cuadro 2 se muestran las especificaciones técnicas de la máquina de acuerdo a los cálculos y normativas para sembradoras y equipos agrícolas para tractores de categoría de la región.

Cuadro 2. Especificaciones técnicas de sembradora neumática de precisión.

Sistema	Característica técnica	Capacidad
Enganche y chasis	Categoría II	Tripuntual
	Ancho de cama	152 cm
	Ancho de siembra	120 cm
	Cámara de vacío	540 rpm al volante
Siembra	Distancia entre surcos	20 cm
	Distancia entre semilla disco de 90 orificios	5 cm
Dispersador de materia orgánica	Distancia entre semilla disco de 45 orificios	8 y 12 cm
	Rodillo	Transmisión mecánica
Pileteo	Distancia entre bordos	300 cm
	Altura de cresta	20 cm
	Volumen por hectárea	180 mil litros aprox.
Aqueel	Ancho de rodillo	120 cm
	Volumen de reservorio	0.825 litros
	Volumen total	160 mil litros aprox.

CONCLUSIONES

Se consideraron principios agronómicos y mecánicos para el diseño de una sembradora neumática de precisión para establecer siembras de granos pequeños en camas, con prácticas de conservación de suelo y agua *in situ* en condiciones de temporal y precipitación errática. El diseño está realizado con la finalidad de disminuir los costos de los cultivos al realizar varias prácticas mecánicas en un solo paso del tractor; además de, facilitar a los productores la movilización de maquinaria a la parcela. La sembradora neumática de precisión es un componente tecnológico con el cual se promueve un mejor aprovechamiento y conservación de los recursos agua y suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ASABE Standars. 2006. Three-Point Free-Link Attachment for Hitching Implements to Agricultural Wheel Tractors. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE S217.12 DEC01 (ISO+730-1:1994)
- Fischer, R. A., Sayre, K., Ortíz, M. I. The effect of raised bed planting on irrigated wheat yield as influenced by variety and row spacing. *In*. Roth, C.H., Fischer, R. A. Meisner, C. A. 2005. Evaluation and performance of permanent raised bed cropping systems in Asia, Australia and Mexico. Proceeding of a workshop held in Griffith, NSW, Australia.
- GARCÍA C., PALAU E. *Mecanización De Los Cultivos Hortícolas*. 1983. Editorial Mundi-Prensa.
- Godoy L. A. F. (2015). Perfeccionamiento del diseño de la sembradora de granos convencional "guajiro am 2010-1-5t". Tesis de maestría, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara. 94 p.
- Hernández, E. A., Osuna, C. E. S., Reyes, M. L., Martínez, R. E. Ramírez, C. N. Y. Z. 2013. Sembradora de Precisión, versátil y acondicionada para conservar suelo y agua. Folleto técnico No. 50. 28 p. ISBN: 978-607-37-0168-6.
- Hussain, Z., Irfan, M., Akbar, G. Advanced Design of Permanent Raised Bed Machinery in Pakistan. 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference. September 2011. Brisbane, Australia.
- Osuna-Ceja, E. S.; Reyes-Muro, L; Padilla-Ramírez, J. S. y Martínez-Gamiño, M. A. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Rev. Mex. Cienc. Agr.* 3(7):1389-1400.
- Padilla-Ramírez, J. S.; Acosta-Gallegos, J. A.; Osuna-Ceja, E. S.; Acosta-Díaz, E. y Martínez-Gamiño, M. A. 2008. Respuesta del frijol a la sequía. *In*. Martínez, G. M. A.; Osuna-Ceja, E. S.; Acosta-Gallegos, J. A. y Loredo, O. C. Tecnología para la producción de frijol en el Norte-Centro de México. Libro técnico Núm. 4. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 206 p.
- Rojas S. C., E. S. Osuna C. y N. Y. Z. Ramírez. C., 2013. Sembradora mecánica de precisión versátil para agricultura de conservación. Campo experimental Pabellón. CIRONOC-INIFAP. Aguascalientes, México. Folleto para productores. 15 p.
- Rubio, G. E. 2004. El sistema de conteo. SAGAR-Subsecretaría de Desarrollo Rural-Dirección General de Desarrollo Rural. 8. Fichas Técnicas, Colegio de Postgraduados. 1-8 pp.
- Srivastava, A. K; Goering, C. E.; Rohrbach, R. P. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE. St. Joseph, Michigan. USA.
- Ventura, E. Jr.; Domínguez, L. M. A.; Norton, D.; Ward, K.; López-Bautista, M. and Tapia-Naranjo, A. 2003. A new reservoir tillage system for crop production in semiarid areas. ASAE Paper No. 032315. St. Joseph, Michigan, USA. 135-142 pp.
- Yazgi, A.; Degirmencioglu, A. 2007. Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response Surface methodology. *Biosystems engineering*, Vol. 97. Pp 347-356.

CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL CENTRO DE VERACRUZ MEXICO.

Sergio Sánchez Hernández¹, Esteban Escamilla Prado¹, Raúl Vidal García Hernández²
Nancy Nazario Lezama³

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Carr. Xalapa Veracruz km 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, 91700 Ver. ¹Carretera Huatusco - Jalapa Kilómetro 6, 94100 Huatusco, Ver. ²Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, INIFAP. Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas. Apartado Postal 20. CP. 20660, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. ³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Carr. Xalapa Veracruz km 88.5 Carretera federal Xalapa-Veracruz, 91700 Ver.

INTRODUCCIÓN

El café en México, es un cultivo prometedor donde se encuentran variedades con preponderancia como son la Típica, Bourbon, Caturra Rojo, Mundo Novo, Garnica y Caturra Amarillo, cuya producción promedio de frutos frescos de café (cereza) es inferior a siete sacos de café oro (menor a 2.0 t ha⁻¹ de café cereza, equivalente a 8 qq ha⁻¹), que son las unidades utilizadas en el comercio internacional de este producto (ASERCA, 2010; Escamilla *et al.*, 2005). En Veracruz las variedades Typica, Garnica, Bourbon, y Caturra se cultivan ampliamente (Hernández-Solabac *et al.*, 2011; Läderach *et al.*, 2010). El estado aporta 21.25% de la producción total de café cereza en México con un rendimiento promedio de 2.2 t ha⁻¹.

Estudios sobre las características productivas y de calidad en taza de diversas variedades de café se han llevado a cabo en México, pero pocos estudios han sido publicados (Pérez-Portilla *et al.*, 2011), y mayormente han sido limitados a uno o dos años de producción y con variedades que en un futuro tendrán menos uso por el ataque de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (Avelino *et al.*, 2015). Tras los problemas ocasionados debido al daño causado por roya, se han introducido nuevas variedades de café tolerantes al hongo, como son Costa Rica, Colombia, San Roman, las cuales han presentado calidad aceptable en taza, y la región centro de Veracruz es pionera en la introducción de éstas variedades (Escamilla, 2016).

La calidad del café se refiere a las características intrínsecas del grano es decir las características físicas y organolépticas que inciden principalmente en el precio de venta del café. Sobre la calidad del grano de café influye a su vez en forma determinante la composición química, condicionada por la especie, si es *C. arabica* o *C. canephora* (Fischersworing y Robkamp 2001). El perfil de taza es una herramienta de gran importancia en la caracterización de diferentes tipos de café. Uno de los métodos empleados en la evaluación sensorial es la prueba de "cupping" desarrollada por la SCAA (2015), la cual se basa en un análisis sensorial

cuantitativo y descriptivo de la bebida, que se realiza por un equipo de jueces seleccionados y entrenados (Borém et al., 2013). Químicamente el café se compone de agua y materia seca.

Los sistemas agroforestales (combinación de sistemas agroforestales incluyen árboles frutales, maderables y de propósito múltiple con cultivos de perennes) se consideran un sistema de uso sostenible de la tierra, porque abarca condiciones naturales, ecológicas, productivas y sociales que mejoran el bienestar de la población rural, al conseguir un mejor nivel de vida mediante la diversificación de sus cultivos y la conservación de los recursos naturales (Krishnamurthy y Ávila, 2001).

El objetivo principal del trabajo fue analizar la calidad física y sensorial del café de 6 fincas de la región centro del estado de Veracruz, México. En donde se estudió si la inserción del cedro rosado al agroecosistema cafetalero para evaluación de condiciones físicas y sensoriales del grano comparado con el sistema de sombra tradicional (tres fincas) contra cafetales en un sistema agroforestal (tres fincas), café-cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Comapa, Veracruz, el cual se encuentra situado en las coordenadas y altitud del cuadro 1 y, para el análisis de la calidad se obtuvo en el Centro Regional universitario O (CRUO), el cual pertenece a la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), situado en Huatusco, Veracruz.

Cuadro 1. Localización de las fincas

Fincas	Coordenadas	Altitud (msnm)
Deberbardi	19°10'27.7" N 96°53'26.8" W	1050
Benito Gómez Morales	19°09'52.3" N 96°52'48.3" W	960
Celestino Amox	19°10'51.2" N 96°53'18.9" W	950
Luis Amox	19°10'51.9" N 96°53'18.6" W	930
Sofia Amox	19°10'52.00" N 96°53'18.4" W	925
Genaro Morales	19°10'52.2" N 96°53'18.5" W	970

Se tomaron muestras de granos de café por sistema de sombra, los cuales se les hizo el proceso de tostado como se lleva a cabo con los productores del municipio de Comapa,

Veracruz, éstos eran de la variedad arábica y de huertas establecidas bajo sombra de cedro rosado y sombra tradicional. También se usaron para analizar la calidad física y sensorial del grano. En total fueron seis cafetales con los dos esquemas de la región, lo que dio un total de 12 unidades muestrales. Los granos de café analizaron en el laboratorio del CRUO. Se solicitaron también datos de calidad sensorial de la bebida que se obtuvieron de las mismas muestras antes mencionadas. De las mismas parcelas se realizó un muestreo para estimar producción de cafetales con los dos sistemas de sombra (con cedro rosado y tradicional). Éste consistió en una pareja de cuadrantes por cada una de diez fincas, un cuadrante para cafetal con sombra tradicional y otro para cafetal con sombra de cedro rosado. Se muestrearon en cada cuadrante seis cafetos. Se contaron los granos por planta, y como variables explicatoria se registraron: altura del cafeto, distancia entre surco y entre plantas, variedad y altitud de las parcelas.

Primero, se debe tener presente que las fincas estudiadas que tenían cedro rosado usan, además del criollo, las variedades Colombia y Costa Rica, conocidas como resistentes a roya y de alto rendimiento. En tanto las fincas con café a sombra tradicional (*Inga spp*) mayormente, usan las siguientes variedades de café: Garnica, San Román y Criollo, pero también Costa Rica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 resume la composición varietal del cafetal. De las fincas muestreadas la variedad Costa Rica presentó una preponderancia del 66.7% para el sistema de sombra tradicional con un total de 5 productores, mientras tanto para el sistema con sombra de cedro la variedad Garnica tiene un 21.7%.

Cuadro 2. Variedades de cafeto en porcentaje de la muestra.

Variedades	Sombra		Total
	Tradicional	Cedro	
Colombia	1.7	11.7	6.7
Costa Rica	66.7	55	60.8
Criollo	3.3	6.7	5
Garnica	13.3	21.7	17.5
San Román	15	5	10
Todas	100	100	100

Con respecto a los datos de producción promedio de frutos vanos en café cereza fue de 3% y para frutos brocados 1.7%. La eficiencia agroindustrial de café cereza a pergamino fue mayor en Costa Rica con 277.77 kg de cereza para obtener 57.5 kg de pergamino, y en la variedad Garnica se ocupan 288.94 kg de cereza para obtener 57.5 kg de pergamino. Para el caso de la transformación a café oro o verde en sacos de 46 kg, a partir de café pergamino, con la variedad Costa Rica se necesitaron 55.9 kg de pergamino; en la variedad Garnica se utilizaron 56.5 kg.

Calidad física del grano

Los análisis de laboratorio para calidad de café se indican en el Cuadro 3, en donde se analizaron las variables físicas (calidad del grano, tamaño, forma, daños por insecto) consideradas importantes dentro del proceso de beneficiado húmedo.

Cuadro 3. Porcentaje de calidad en varios criterios en la muestra.

Criterio de calidad	Sombra tradicional			Sombra de cedro rosado			Total		
	Media	Desviación e.	Total	Media	Desviación e.	Total	Media	Desviación e.	Total
Sano	93.86	2.04	18.0	94.81	1.36	18.0	94.40	1.79	36.0
Planchuela sana	83.50	5.91	18.0	86.20	2.77	18.0	85.03	4.79	36.0
Total de tamaños	100.07	0.07	18.0	100.06	0.08	18.0	100.07	0.08	36.0
Total de daños por insecto	43.76	23.36	18.0	33.41	6.58	18.0	38.02	17.74	36.0
Total de formas	99.94	0.11	18.0	100.0	0.11	18.0	99.97	0.11	36.0

Se encontró de que para el pergamino y oro, principalmente el color de ambas variedades y ambos tipos de sombra presentaron el café oro con un color muy fino para mercados de excelencia y en relación con la humedad, está dentro del rango de la norma, Asociación Americana de Cafés de Especiales (SCAA), en cafés beneficiados por la vía húmeda y con un proceso de secado adecuado.

Calidad sensorial del grano

En relación a la calidad sensorial de la bebida se obtuvieron datos para dos variedades, Costa Rica y Garnica: dentro de los sabores las notas que se percibieron en la bebida son las

siguientes: pepino, caramelo, chocolate, café tostado, almendras, nuez, té de rosas, avellanas, maple, grosella, vainilla, mantequilla, limón, flor de café, semillas de cilantro, pimienta y tierra.

El puntaje obtenido para cada muestra, la media es de 78.55 ± 6.76 con N de 72. El Cuadro 4 nos muestra estadísticas de la calidad en la bebida de café bajo sistema de sombra tradicional y sombra de cedro rosado, de la región cafetalera. El puntaje de la media fue mayor en sombra con cedro rosado que en sombra tradicional y la desviación estándar fue menor en sombra con cedro rosado que en sombra tradicional con un total de muestras de la bebida de 72. En donde la calidad de la bebida del café con sombra de cedro rosado fue de 84 comparada con el 83 en la sombra tradicional como lo marca la SCAA.

Cuadro 4. Estadística descriptiva de calidad de la bebida. Trabajo de campo 2015.

Criterio de calidad	Sombra tradicional			Sombra de cedro rosado			Total		
	Media	desviación e.	Total	Media	Desviación e.	Total	Media	Desviación e.	Total
Puntaje final de la bebida	77.49	6.67	36	79.59	6.37	36	78.55	6.76	72

La sombra de cedro rosado genera un café de igual calidad y producción de grano que la sombra tradicional, es decir que se conservan las características del producto principal que es el grano. A continuación se detallan las evidencias del caso, la comparación por calidad de café en grano entre cafetales a sombra tradicional respecto a cafetales con sombra de cedro rosado.

Cuadro 5. Parámetros de la regresión de frecuencia de daños en granos.

	Total de daños Parámetros	Error estándar	Valor de t	Valor de p	-95.00% Limite de confianza	+95.00% Limite de confianza	Beta (β)
Interceptada	-1322.72	1186.869	-11446	0.273383	-3740.29	1094.857	
Sombra	-9.78	4.875	-2.0057	0.053398	-19.71	0.152	-0.278885
Variedad	12.40	12.607	0.98323	0.332871	-13.28	38.074	0.263516
Altitud	0.12	0.102	1.15097	0.258271	-0.09	0.326	0.308473

Por parsimonia la calidad de café se representó como frecuencia del total de daños. Otros conceptos y su agregado total siguen la misma tendencia donde no hay efecto estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$) para el predio (altitud), variedad, y sobre todo para el tipo de sombra (tradicional o con cedro rosado). Este resultado es una evidencia parcial que se une a las consideraciones observadas en campo respecto a que la sombra del cedro rosado en el contexto y régimen de cultivo de las fincas en este estudio no es distinguible de los efectos de la sombra tradicional de chalahuite. En relación con la calidad sensorial de la bebida se presenta el siguiente modelo de regresión el cual expresa la calidad de la bebida de las muestras tomadas en cafetales de la región centro de Veracruz: Puntaje total = media + sombra + variedad + altitud + edad + error

Cuadro 6. Regresión de calidad sensorial de la bebida.

	Puntaje total de calidad Parámetros	Error estándar	Valor de t	Valor de p	Límite de confianza - 95.00%	Límite de confianza 95.00%	Beta (β)
Interceptada	1516.100	315.4106	4.80675	0.000009	886.5383	2145.663	
Tipo de sombra	2.812	0.9639	2.91745	0.004799	0.8882	4.736	0.21574
Altitud	0.216	0.0251	8.61669	0.000000	0.1661	0.266	1.53848
Variedad	-19.328	3.1357	-6.16372	0.000000	-25.5867	-13.069	-1.10522
Edad de plantación	1.416	0.4020	3.52194	0.000776	0.6134	2.218	0.26790

El modelo elaborado para la regresión de la calidad sensorial de café comparando la sombra tradicional y la sombra de cedro rosado Cuadro 6. Tenemos que hubo una significancia estadísticamente alta, aunque cercana al punto de indiferencia para una que en este estudio se predefinió en valor de ($p \leq 0.05$). Este estadístico corresponde 3.8 % de la suma total de cuadrados (en porcentaje). El coeficiente de la sombra es de 1.54 (positivo), y esto significa que la calidad sensorial de la bebida de café con cedro rosado es estadísticamente superior a la de sombra tradicional, aunque no por mucho. Para una comparación con otros factores explicativos veamos el cuadrado medio del error, donde el tipo de sombra equivale al 12.7% de la capacidad de explicación. Aunque la altitud y variedad también son variables explicativa sumamente fuertes, el factor que más pesa es la tendencia media (que sería la interceptada al origen para los valores cercanos a cero de los factores), y el componente que menos pesa es el error estadístico. Por otro lado, los datos físicos como es la humedad, el tamaño de grano, el rendimiento, color, frecuencia de planchuela, frecuencia de defectos, el color y olor del grano, están dentro de las normas que maneja la SCAA internacional para cafetales con granos de

calidad que pueden ser exportados. Dicho de otra forma: la sombra de café con cedro rosado en este estudio se observó que cumple con lo necesario para producir café bajo su dosel de sombra, y no es diferente de las cualidades de calidad del café con sombra de (chalahuite) *Inga* spp.

CONCLUSIONES

La calidad física y sensorial encontrada en los dos sistemas de producción de café es igual tanto en sombra tradicional de café como en sombra de cedro rosado, lo que permite que haya más opciones productivas, ya que un sistema agroforestal con especies maderables resulta un producto extra para los cafetaleros y además no demerita la calidad física y sensorial del grano. Las condiciones geográficas son las relacionadas a la calidad, con ello se logra establecer un fundamento para seguir posicionando a Veracruz como uno de los principales productores de café de México. El sistema agroforestal café- cedro rosado ofrece una opción de sombra para el cafetal tradicional, y además resultados comparables con sombra tradicional, en cuanto a monto y calidad de la cosecha de café. De igual manera es pertinente mencionar que la región centro de Veracruz es agroecológicamente idónea para el cultivo de café, por lo que la combinación de las diferentes variables estudiadas en este trabajo son las que han generado que los cafetos sean de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ASERCA, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2010) Escenario actual del café. SAGARPA. 16 p. <http://www.aserca.gob.mx/Paginas/default.aspx>.
- Avelino J., M. Cristancho, S. Georgiou, P. Imbach, L. Aguilar, G. Bomemann, P. Läderach, F. Anzueto, A.J. Hruska and C. Morales (2015) The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solution. *Food Security* 7:313-321.
- Borém, F. M., Oliveira, P. D. de, Isquierdo, E. P., Giomo, G. da S., Saath, R., & Cardoso, R. A. (2013). Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos a diferentes formas de processamento e secagem. *Coffee Science*, 8(2), 227-237.
- Escamilla E., O. Ruiz, G. Díaz, C. Landeros, D.E. Platas, A. Zamarripa y V. A. González (2005) El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 76:5-16
- Fischersworing, B; Rosskamp R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3 ed. Lima Peru.153p.
- Hernández-Solabac J. A. M., M. E. Nava-Tablada, S. Díaz-Cárdenas, E. Pé-rez-Portilla y E. Escamilla-Prado (2011) Migración internacional y manejo del café en dos comunidades del Centro de Veracruz. <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/pink-cedar-acrocarpus-fraxinifolius/>.
- Krishnamurthy, L., y M. Ávila. 1999. Agroforestería Básica. PNUMA-FAO. Red de Información Ambiental. México. 340 p. Kumar, S. R. 1990. Comparison of four diversity indices. *J. Tropical Forestry* 6 (13): 222-232).
- SCAA (2015). Specialty Coffee Association of America.

CAÍDA Y DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA DE *Pinus cooperi* BLANCO, EN PARCELAS BAJO ENSAYO DE ACLAREOS EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO.

Juan Manuel López Hernández^{1*}, José Javier Corral Rivas¹, Carlos Antonio López Sanchez¹, Humberto González Rodríguez², Tilo Gustavo Domínguez Gómez³

¹ Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. *juma_loher@hotmail.com Km 5.5, Carretera a Mazatlán; CP 34120, Durango, Durango., México. ² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Carr. Nac. No 85, km 145, Linares, NL 67700, México. ³ Instituto Tecnológico de El Salto, Mesa del Tecnológico s/n. El Salto, P.N., Durango, México.

INTRODUCCIÓN

La hojarasca es producto de la caída de las hojas de los árboles, de estructuras leñosas, partes florales, semillas, frutos y restos de estos materiales vegetales e incluso insectos. Al depositarse en el suelo también se le puede conocer como mantillo.

La producción de hojarasca y su descomposición son procesos fundamentales en el ciclo de nutrientes, ya que representa la principal vía de ingreso de nutrientes en el suelo (Isaac y Nair, 2006). Esta vía, además de la precipitación directa y flujos corticales (Cantú y González, 2001), es la principal fuente de fertilización natural. Más de la mitad de la absorción anual de nutrimentos en los bosques es debido a la reincorporación de hojarasca al suelo y el subsecuente reciclaje de estos nutrientes, y representa la principal fuente de minerales disponibles (Del Valle-Arango, 2003). Además, provee al suelo de protección en contra de erosión y favorece la infiltración.

La descomposición de la materia orgánica es el resultado de varios procesos que actúan simultáneamente, como la mineralización y humificación microbianas de lignina, celulosa y otros componentes (Coûteaux *et al.*, 1995). Es difícil determinar la contribución relativa de cada uno de estos procesos a la descomposición, ya que están controlados por factores abióticos como el clima, características físicas y químicas del suelo y por factores bióticos tales como la composición química de la hojarasca y la actividad de los organismos del suelo y su composición específica (Swift *et al.*, 1979; Hobbie, 1992). Normalmente, las hojas verdes presentan mayor tasa de descomposición que las hojas senescentes en razón de su concentración inicial más elevada de nitrógeno y de fósforo, y los materiales más lignificados son más resistentes a la descomposición (Reis y Barros, 1990).

La descomposición es decisiva en el funcionamiento de los ecosistemas porque la producción depende del reciclamiento de los nutrientes y éste depende, a su vez, de la descomposición de

la materia orgánica y de la liberación de los nutrientes que contiene la hojarasca. La importancia del estudio del ciclo biogeoquímico de los bosques radica en que éste es un proceso integrador en el que participan y por el que se ven afectadas características estructurales y funcionales del ecosistema: fotosíntesis, respiración, absorción radical, etc. (Cole y Rapp, 1981; Rodà, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la producción y descomposición de la hojarasca de *Pinus cooperi* Blanco, bajo el efecto de cinco intensidades de aclareo por lo bajo (aclareo ligero T1; moderado T2; fuerte T3; severo T4 y árboles porvenir T5) y un testigo, con el objetivo de conocer si hay diferencias en la descomposición entre los diferentes grados de intervención forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela experimental crónicamente perturbada con cinco intensidades de aclareo y un testigo, en el paraje denominado La Guajolota del Ejido La Ciudad del Municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Localizado sobre la Carretera libre Durango-Mazatlán en el Km 145, en las coordenadas 105°37'1" N y 23°41'53" O, con una altitud de 2,630 msnm. La temperatura media anual oscila entre 20 y 22 °C, mientras que la precipitación media anual fluctúa de 800 mm a 1200 mm.

Los seis tratamientos de estudio se describen en el siguiente orden:

- Testigo: no se realizaron aclareos.
- T1. Aclareo Ligero: se removió un 10% del área basal por hectárea.
- T2. Aclareo Moderado: se removió un 20% del área basal por hectárea.
- T3. Aclareo Fuerte: se removió un 40% del área basal por hectárea.
- T4. Aclareo Severo: se removió un 60% del área basal por hectárea.
- T5. Árboles Porvenir: aclareo fuerte donde se eliminaron los árboles competidores de los 300 a 350 mejores individuos por hectárea.

La metodología seguida en la instalación de las parcelas corresponde a la desarrollada por la Forestry Commission (Hummel *et al.*, 1959). La forma de las parcelas fue cuadrada y con una superficie de 625 m² (25 m × 25 m); tamaño que se considera suficiente para que al final del experimento queden de 30 a 40 árboles en las parcelas aclaradas con mayor intensidad.

Para la estimación de la caída de la hojarasca en cada tratamiento, de 625 m² aproximadamente, se establecieron tres recolectores de hojarasca (1.0 m²), que se construyeron con un marco de madera biselado cuyo fondo se cubrió con malla plástica fina (1 mm) para evitar la acumulación de agua en los periodos de lluvia. Cada trampa fue colocada a

0.50 m sobre el nivel del suelo para interceptar la hojarasca. Su contenido se depositó en bolsas de papel etiquetadas con los datos correspondientes a cada tratamiento, fecha y número de colector. Este procedimiento se realizó cada 15 días de junio del 2016 a mayo del 2017; no obstante, las dos recolectas de cada mes se mezclaron en una sola luego de secarlas hasta alcanzar un peso constante a 65 °C por 72 horas en un horno de convección. Sumando los muestreos realizados por mes, repetición y tratamiento de estudio, se determinó la producción anual de la hojarasca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$).

Para evaluar la tasa de descomposición de la hojarasca en los tratamientos de estudio seleccionados, se utilizó el método de “bolsas de descomposición” (litter-bags; Bärlocher, 2005), que consiste en colocar 10 g de hojarasca recién caída en bolsas de polipropileno negro de 10 cm x 10 cm con apertura de 1 mm². Esta apertura minimiza las pérdidas por fragmentación. En cada bolsa se depositó una composición que refleja la proporción relativa de los componentes estructurales del material original (hojas, ramas, estructura reproductiva y otros componentes de la hojarasca). Un total de 300 bolsas fueron empleadas para todo el diseño experimental (50 bolsas por tratamiento). Las cuales se colocaron en cada tratamiento con la siguiente distribución: al centro se plantaron 12 bolsas, a 0°, 135° y 225° se plantaron 16 bolsas, respectivamente. Posteriormente, se retiraron al azar cinco bolsas por tratamiento cada 30 días durante 360 días; las bolsas se secaron durante 48 horas a 70 °C en un horno de convección para obtener el peso seco residual de cada muestra. Con este valor se obtuvo el peso remanente, la descomposición y el porcentaje diario de pérdida de la biomasa.

Los datos de producción y descomposición de la hojarasca se analizaron mediante un análisis de varianza de acuerdo con el diseño completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio descrito evidenció que la producción de hojarasca fue mayor en el tratamiento Testigo, con resultados de $4,900.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, que corresponde a porcentajes de 24% a 48 %, superiores a los otros tratamientos. Independientemente de los componentes de la hojarasca total o individual que se registraron en cada tratamiento (Cuadro 1), los valores registrados se encuentran dentro del rango de las producciones observadas previamente en estudios llevados a cabo en bosques templados (Rocha-Loredo y Marcial, 2009; Pérez-Suárez *et al.*, 2009; Nájera y Hernández, 2009; Rodríguez-Balboa, 2014) en donde se observaron producciones desde 2,430.0 a $7,877.2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Cuadro 1. Producción anual de los componentes de la hojarasca por tratamiento de estudio.

Componentes kg·ha ⁻¹ ·año ⁻¹	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
Hojas	3,551.9	2,965.1	3,372.5	2,507.9	2,912.8	2,215.4
Ramas	765.6	362.0	102.8	298.1	147.0	101.1
Otros	541.1	285.3	241.0	194.9	166.9	218.7
ER	41.8	39.8	43.8	42.4	24.2	53.3
Total	4,900.6	3,652.3	3,760.2	3,043.4	3,251.0	2,588.7

El componente “hojas” fue preponderante en la producción de hojarasca en todas las parcelas con más de 80 % del total, lo cual concuerda con Yang *et al.* (2001); Nájera y Hernández, 2009; López *et al.* (2013) quienes determinaron que el follaje constituye más de 70% de la caída de la hojarasca de los árboles.

La descomposición de hojarasca mostró que luego del período de investigación (360 días) en las bolsas, el material conservaba en promedio 58.7% (T3) a 70.3% (T1) del total incubado inicialmente (Figura 1a), es decir, se descompuso un 30.2% (T1) a 42.3% (T3) en un período de 0.98 años (Figura 1b); se deduce entonces que anualmente se descompone menos del 50% de la hojarasca en este tipo de bosque. Estos valores son similares a lo reportado por, Rocha-Loredo y Ramírez-Marcial (2009) los cuales obtuvieron valores de descomposición de 34 a 52% para bosques de pino y de pino encino en Chiapas; Xuluc-Tolosa *et al.* (2003) reporta valores de 26.3% a 44.3% en un bosque tropical seco secundario de México. Mientras que, Marmolejo *et al.* (2013), en matorral espinoso tamaulipeco reporta valores de 24.5% a 26.5% de descomposición de la hojarasca. Estos resultados parecen bajos, en principio, si se comparan con valores registrados para bosques tropicales. Por ejemplo, Del Valle (2003), en bosques pantanosos del Pacífico Sur reporta valores de 87,8% y 78,6% anuales. Mientras que, Anderson y Swift (1983) en bosques tropicales de Nigeria reportan valores de 219% y 548% de pérdida de peso anual, muy superior a los resultados aquí presentados. Estas diferencias se deben a la calidad de la hojarasca y a las condiciones ambientales, que en las zonas mencionadas son diferentes a las del bosque templado.

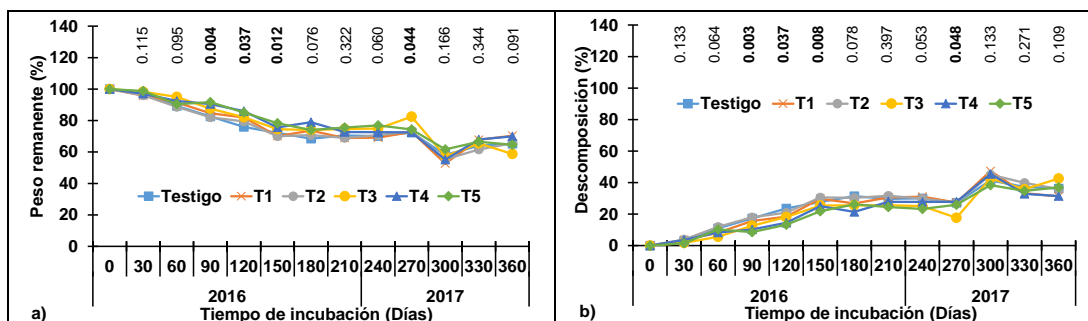


Figura 1. Descomposición y peso remanente de la hojarasca por periodo de incubación para los seis tratamientos. El valor $p < 0.05$ de la prueba de Tukey para detectar diferencias significativas entre los tratamientos se muestra dentro de la gráfica.

Las tasas diarias de descomposición fueron mucho mayores durante los primeros 150 días de incubación que durante los 210 días subsiguientes (Figura 2). Patrones semejantes han sido documentados por Melillo *et al.* (1982) y Cornelissen (1996) en otros estudios de descomposición de hojarasca. Aunque dicha variación podría explicarse parcialmente por las diferencias de las temperaturas y precipitaciones presentes en los meses de primavera-otoño y los meses de invierno-primavera, también es factible que se deba a una descomposición rápida de los componentes más lábiles de la hoja, tales como los carbohidratos solubles, durante las fases iniciales de la descomposición (Suberkropp *et al.*, 1976).

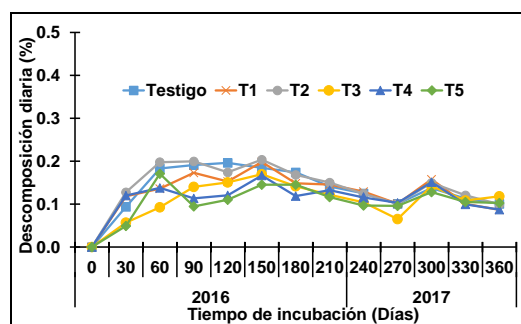


Figura 2. Porcentaje diaria de descomposición por periodo de incubación para los seis tratamientos.

En este sentido, diversos autores (Madge, 1965; Hopkins, 1966; Swift *et al.*, 1981; Bhatt *et al.*, 1985) encontraron una mayor tasa de descomposición durante la estación lluviosa, sugiriendo una relación entre descomposición y precipitación. En el presente estudio las condiciones climáticas fueron similares, sin embargo, debido a los aclareos forestales, los tratamientos presentan diferentes estructura que generarían diferencias en las condiciones microclimáticas, lo cual implica cambios que modifican las características microclimáticas de los tratamientos. Estas nuevas condiciones en el dosel pueden influir en la descomposición y ciclaje de nutrientes

mediante alteraciones en las condiciones hidrológicas y de temperatura (Anderson y Swift, 1983; Prescott, 2002). Además los cambios abióticos que se dan en ese proceso afectan a los organismos descomponedores (Lavelle y Pashanasi, 1989), por lo que muchas veces se retardan los procesos de descomposición (Ewel, 1976).

CONCLUSIONES

La dinámica en la producción de hojarasca sigue un patrón determinado por épocas del año y constituye una fracción importante de la biomasa producida, con máximos en los meses de final de año y mínimos al inicio del mismo. Presentando la máxima producción en el tratamiento Testigo ($4,900.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) y la mínima ($2,588.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) en el tratamiento T5 (aclareo Porvenir). Así mismo, no se encontró relación entre la producción de hojarasca y la descomposición de la misma. Sin embargo, el grado de intervención (tipo de aclareos) si tuvo efecto sobre los patrones de descomposición durante los 360 días de incubación. Siendo el tratamiento T3 (aclareo fuerte) significativamente más rápida que los demás tratamientos bajo las condiciones de microclima que ofrecen estos tipos de aclareos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J.M., y M.J. Swift, 1983. Decomposition in tropical forests. In Sutton, S.L., Whitmore, T.C., y Chadwick, A.C. (Eds.). *Tropical rain forest: ecology and management*, Blackwell, Oxford, pp. 287-309.
- Bärlocher, F., 2005. Leaf mass loss estimated by litter bag technique. In: Graça, M.A.S., F. Bärlocher, M.O. Gessner, editors. *Methods to study litter decomposition practical guide*. Dordrecht, The Netherlands: Springer; pp. 37-42.
- Bhatt, S.C.; G.V. Sarat Babu, y S.C. Pandeya, 1985. Leaf-litter decomposition in arid to semi-arid climatic conditions. *Proceedings: Plant Sciences*, 95: 409-416.
- Cantú, S.I., y R.H. González, 2001. "Interception loss, throughfall and stem flow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico". *Tree Physiology*, 21: 1009-1013.
- Cole, D.W.; y M. Rapp, 1981. Elemental cycling in forested ecosystems. En Reichle DE (Ed.) *Dynamic Properties of Forest Ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. pp. 341-409.
- Cornelissen, J.H.C., 1996. An experimental comparison of leaf decomposition rates in wide range of temperate plant species and types. *Journal of Ecology*, 84: 573-582.
- Coûteaux, M.M.; P. Bottner, y B. Berg, 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends Ecol. Evol.*, 10:63-66.
- Del Valle-Arango, J.I., 2003. "Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fi na de bosques pantanosos del Pacífico Sur Colombiano". *Interciencia*, 28: 443-449.
- Ewel, J., 1976. Leaf fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in Eastern Guatemala. *J. Ecol.*, 64:295-307.
- Hobbie, S., 1992. Effects of plant species on nutrient cycling. *Trends in Ecology and Evolution*, 7: 336-339
- Hummel, F.C.; G.M. Locke., J.N. Jeffers., J.M. Christie, 1959. Code of sample plot procedure. London, UK. Her Majesty's Stationary Office. Forestry Commission Bulletin N. 31. 114 p.
- Isaac, S.R. y Nair, M.A., 2006. "Litter dynamics of six multipurpose trees in a homegarden in Southern Kerala, India". *Journal of Agroforestry System*, 67: 203-213.

- Lavelle, P., y B. Pashanasi, 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiología*, 33: 283-291.
- Madge, D.S., 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiología*, 5: 273-288.
- Marmolejo-Moncivais, J.G.; C.M. Cantú-Ayala, y M.A. Gutiérrez-Suárez, 2013. Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(17): 174-181
- Melillo, J.M.; J.D. Aber, y J.F. Muratore, 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63: 621-626.
- Nájera, L.J.A., y H.E. Hernández, 2009. Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 5(2): 225-230.
- Pérez-Suárez, M.; J.T. Arredondo-Moreno, E. Huber-Sannwald, y J.J. Vargas-Hernández, 2009. Production and quality of senesced and green litterfall in a pine-oak forest in central-northwest Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258(7): 1307-1315.
- Prescott, C.E., 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, 22: 1193-1200.
- Reis, M.G.F., y N.F. Barros. 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In Barros NF, RF Novais eds. *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Brasil. Editora Folha de Viçosa. p. 265-302.
- Rocha-Loredo, A.G., y N. Ramírez-Marcial, 2009. Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84:1-12.
- Rodà, F., 1993. Funcionamiento de ecosistemas forestales: La circulación de nutrientes. Congreso Forestal Español. *Lourizan*, 4: 529-542
- Rodríguez-Balboa, P.C., 2014. Deposición de hojarasca y nutrientes vía hojas en tres sitios del noreste de México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 68p.
- Suberkropp, K.; G.L. Godshalk y M.J. Klug, 1976. Changes in the chemical composition of leaves during processing in a woodland stream. *Ecology*, 57: 720-727.
- Swift, M.J.; O.W. Heal, y J.M. Anderson, 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell, Oxford. 372p.
- Swift, M.J.; A. Russell-Smith, y T.J. Perfect, 1981. Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regeneration bush-fallow in subhumid tropical Nigeria. *J. Ecol.*, 69: 981-995.
- Xuluc-Tolosa, F.J.; H.F.M. Vester, N. Ramírez-Marcial, J. Castellanos-Albores, D. Lawrence, 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 174(1): 401-412.
- Yang, Y.S.; J.S. Xie, Y.X. Chen, y Z.M. He, 2001. Amount, composition and seasonal dynamics of litterfall in mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongi dendronodorum*. *Scientia Silvae Sinicae*, 37:30-34.

MACRO Y MICRONUTRIENTES EN SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO.

¹Ramírez Silva Jorge Humberto, ¹Aguilar Duarte Yameli, ¹Ramírez Jaramillo Genovevo, ²Oropeza Salím Carlos Mariano, ¹Cano González Alejandro

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

²Investigador del Centro de Investigaciones de la Península de Yucatán (CICY).
Autor para correspondencia: ramirez.jorge@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Existe una demanda mundial creciente de productos y subproductos del cocotero; sin embargo, todos los países productores de coco enfrentan problemas de envejecimiento de plantaciones y baja productividad por lo que existe la urgente necesidad de sustituir las plantaciones actuales. Guerrero es el principal productor de coco en México donde se reportan más de 84 mil has de plantaciones (SIAP, 2013); sin embargo, existe otra fuente de información que asevera la existencia de únicamente 45 mil has (Gobierno del estado Guerrero 2013) con baja productividad por lo que la conversión tecnológica del cultivo es un menester que coadyuvaría a incentivar la economía del estado.

En preocupación por esas condiciones por las que se enfrenta el estado de Guerrero el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY) en coordinación con la empresa Insumos Naturales de la Costa S. de P.R. de RL. Invitaron a expertos internacionales de Brasil para realizar un diagnóstico sobre las condiciones que guardan las plantaciones de cocotero en Guerrero.

Una de las opciones más viables sugerida fue la introducción de nuevos materiales genéticos de cocotero como es el caso del Enano Verde de Brasil que ha demostrado tener mayor producción de copra por hectárea en comparación a los cultivares tradicionales.

Es en este tenor que el CICY y la empresa Insumos Naturales de la Costa S. de P.R. de RL., invitan al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para que coadyuve en el proceso de reconversión productiva evaluando, como primer paso, la fertilidad (macro y micronutrientes) de diferentes suelos de la costa grande y costa chica de Guerrero y como segundo paso comparar la demanda nutrimental del cultivo con la oferta del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Guerrero en febrero del 2015 en las regiones de Costa Chica y Costa Grande caracterizados por tener un clima cálido-subhúmedo Aw0 (García, 1988) y precipitación media anual de 1200 mm. En estas regiones se ubicaron tres sitios de muestreo (Figura 1) con plantaciones de cocotero de 10 has ubicadas en un rango de 16° 42' 45" a 17° 05' 51" Latitud Norte y de -99° 13' 08" a -100° 28' 58" Longitud Oeste. En la región de Costa Chica, Municipio de San Marcos se seleccionó un predio denominado Alto de Ventura y en Costa Grande se seleccionaron dos predios, uno en el municipio de Tecpàn de Galeana con el predio Aguas Blancas y otro en el municipio de Benito Juárez con el Predio Las Tunas. En Aguas Blancas se seleccionó otro sitio de muestreo por ser de interés para los productores

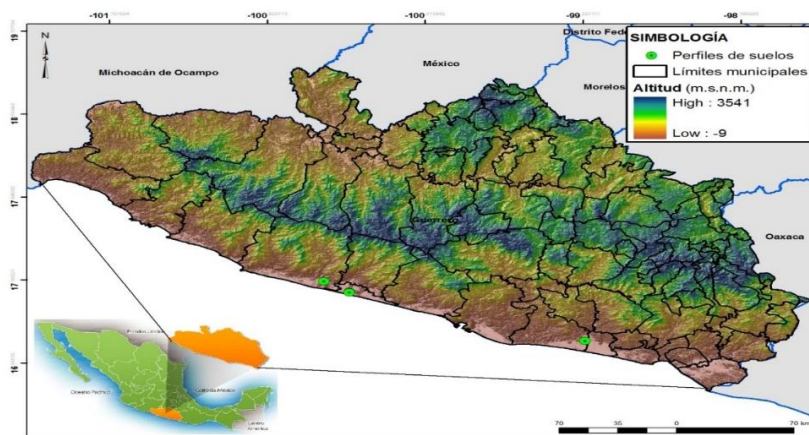


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo: Altos de Ventura (1), Aguas Blancas (2) y Las Tunas (3) en el estado de Guerrero. Febrero del 2015.

A cada predio se le tomaron de 5 a 9 muestras individuales a 0-30 y 30-60 cm de profundidad con el Método Bidimensional Sistematizado Aleatorio (Figura 2) a las que se les determinó: textura, pH (1:1 agua), Nitrógeno de Nitratos (N-NO_3^-) con Brusina, Fósforo de Fosfatos (P-PO_4) con Bray; el Potasio (K^+), Calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+2}) intercambiable extraídos con Acetato de Amonio (Ac NH_4 pH 7 1N) y determinados con espectrofotómetro de absorción atómica; los microelementos: Hierro (Fe^{-2}), Zinc (Zn^{+2}), Cobre (Cu^{+2}), Manganeso (Mn^{+4}) con extracción DTPA y el Boro (B^{+3}) con Azometina-H. Se empleó un diseño de Bloques al Azar considerando a los tres sitios como tratamientos y a los nueve puntos de muestreo como repeticiones. Los macro y micronutrientes en partes por millón (ppm) se compararon con los rangos de suficiencia documentados por Phytomonitor, 2015.

400 Metros																
COORDENADAS Y																
33.33	66.66	99.99	133.33	166.56	199.89	232.22	266.55	299.88	333.21	366.54	400					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
A	l ₁				0							1	27.77	COORDENADAS X	250 Metros	
		0										2	55.55			
										0			3			83.32
	l ₂			0									4			111.09
													5			138.86
											0		6			166.63
	l ₃					0							7			194.40
			0										8			232.67
												0	9			250.00
l _m	n ₁			n ₂			n ₃					100,000				
	k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		M ²				
												L				

Figura 2. Ejemplo de muestreo por Método Bidimensional Sistematizado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Textura

Los suelos estudiados no presentan ninguna restricción por inundación debido a las texturas francas que prevalecen. Se encontraron suelos francos, franco-arcillo-arenosos, franco-arenosos, arena-francosa y franco-limosos en todos los predios estudiados

Análisis de la fertilidad del suelo.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados de la fertilidad de los suelos de Costa Chica y Costa Grande a dos profundidades de muestreo (0-30 cm y 30-60 cm) donde se pueden observar las variaciones en el pH, los contenidos de macro y micronutrientes en unidades de partes por millón (ppm) para cada una de las localidades. En este cuadro se consignan los rangos de suficiencia reportados por Phytomonitor, 2015 y son considerados como referencia para la discusión de resultados.

Profundidad 0-30 cm.

Se observa a esta profundidad un pH óptimo para la producción del cocotero ya que los rangos variaron con un mínimo de 6.7 en Aguas Blancas (Sitio 1) a un máximo de 7.5 en Las Tunas con un promedio general de 7.0. Con relación a los contenidos nutrimentales de los elementos mayores (N, P y K), a la profundidad de 0-30 cm, se observa que todas las localidades presentan problemas de nitrógeno y solamente Las Tunas en el Municipio de Benito Juárez de Costa Grande presenta deficiencias de fósforo.

Con relación a los microelementos se determinó que Aguas Blancas (sitio 1) en Tecpán de Galeana, además de los problemas de nitrógeno puede enfrentar problemas de zinc, cobre y manganeso y esa misma localidad, en su segundo sitio, puede tener problemas de boro, pero no de los otros microelementos.

En la localidad Las Tunas además de los problemas de nitrógeno y fósforo, se presentan deficiencias de manganeso.

Profundidad 30-60 cm.

A esta profundidad el pH de los predios aumenta hacia valores promedio de 7.5 con un mínimo de 7.16 en Aguas Blancas sitio 2 hasta un máximo de 7.92 en Altos de Ventura.

Al considerar la profundidad de 30-60 cm (Cuadro 1) se observa que los problemas de nitrógeno se acentúan y empiezan las deficiencias de fósforo en todas las localidades, excepto en Tecpán de Galeana Sitio 2. Todas las localidades tienen problemas de zinc, manganeso y boro a medida que aumenta la profundidad. Al considerar ambas profundidades, prácticamente ninguna localidad presenta problemas de potasio, calcio y magnesio. Tener información sobre la fertilidad de suelo a 30-60 cm es importante debido a que a medida que las raíces del cocotero profundicen podrán encontrarse con deficiencias nutrimentales importantes que pueden inducir a la baja productividad del cocotero.

Cuadro 1. Niveles promedio (oferta) de la fertilidad del suelo a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en predios de la Costa de Guerrero dedicados al cultivo de coco. Febrero 2015.

Horizonte (A): 0-30 cm.													
Región	Municipio	Localidad	(ppm)										PH
			N-NO3	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Bo	
Costa Chica	San Marcos	Alto de Ventura	7.02	51.78	228.89	4,066.67	523.33	129.8	5.14	5.82	5.89	0.18	6.93
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	8.57	42.57	165.71	1,685.71	205.71	48.34	0.92	0.59	3.13	0.31	6.71
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	5.12	56.00	166.00	1,300.00	286.00	52.50	2.24	2.04	6.32	0.19	7.14
Costa Grande	Benito Juarez	Las Tunas	12.27	15.29	207.78	2,166.67	341.44	91.91	2.03	3.59	2.04	0.39	7.51
Limite Crítico			20-40	20-30	100-250	1,500-3,500	200-500	5-30	3-10	0.8-3.0	5-15	0.3-1.5	6-7.5

Horizonte (B): 30-60 cm.													
Región	Municipio	Localidad	(ppm)										PH
			N-NO3	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Bo	
Costa Chica	San Marcos	Alto de Ventura	6.67	19.16	88.89	2,966.67	416.67	37.7	0.66	3.90	2.29	0.20	7.92
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	2.06	19.14	117.14	1,057.14	227.14	19.16	0.19	0.64	0.16	0.16	7.51
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	2.88	35.60	140.00	1,580.00	292.00	38.52	0.54	2.04	1.98	0.15	7.16
Costa Grande	Benito Juarez	Las Tunas	5.24	15.91	198.89	2,344.44	318.89	54.99	2.59	3.61	1.30	0.21	7.68
Limite Crítico			20-40	20-30	100-250	1,500-3,500	200-500	5-30	3-10	0.8-3.0	5-15	0.3-1.5	6-7.5

Demanda nutrimental del cocotero y oferta del suelo.

En el cuadro 2 se consignan las cantidades en kg/ha de N, P, K, Ca y Mg que demanda el cocotero para producir 7.0 t/ha en una plantación con 205 plantas/ha y 120 frutos/planta /año (Sobral,1988). Así mismo, la demanda se compara con los resultados de este estudio que refleja la oferta nutrimental del suelo convertido a kg/ha a 0-30 cm de profundidad.

Se observa que la oferta del N no es suficiente para abastecer la demanda del cocotero y el déficit puede ser más de 240 kg/ha. Todos los demás elementos pueden ser suplidos con la oferta del suelo e incluso existen reservas importantes. Sin embargo, es importante monitorear continuamente los cambios en la fertilidad del suelo y complementar los diagnósticos con análisis foliares.

Cuadro 2. Requerimientos nutrimentales para obtener rendimientos de 120 frutos/planta/año en 205 plantas/ha

DEMANDA-OFFERTA							
Región	Municipio	Localidad	(Kg/Ha)				
			N DEMANDA- OFFERTA	P DEMANDA- OFFERTA	K DEMANDA- OFFERTA	Ca DEMANDA- OFFERTA	Mg DEMANDA- OFFERTA
Costa Chica	San Marcos	Alto de Ventura	297-28= 269	34-207= 173	425-915= 490	120-16,264= 12,144	67-2,092= 2025
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	297-34= 263	34-170= 136	425-662= 237	120-6,740= 6,620	67-820= 753
Costa Grande	Tecpan de Galeana	Aguas Blancas	297-20= 277	34-224= 190	425-664= 239	120-5,200= 5,080	67-1,144= 1,077
Costa Grande	Benito Juarez	Las Tunas	297-50= 247	34-61= 27	425-828= 403	120-8,604= 8,484	67-1,364= 1,297

CONCLUSIONES

Todos los predios tienen suelos con texturas francas óptimas para el cultivo del cocotero.

En lo general el pH de los suelos es óptimo para la producción del cocotero; sin embargo, la alcalinidad aumenta a 30-60 cm de profundidad.

Todos los predios tienen deficiencias de N a las dos profundidades.

El K no presenta deficiencias excepto en Alto de Ventura a 30-60 cm de profundidad donde la deficiencia es ligera.

El P empieza a ser deficiente a 30-60 cm de profundidad en todas las localidades excepto en Aguas Blancas Sitio 2.

Prácticamente todos los sitios de muestreo presentan suficiente contenido de Ca y Mg.

Las deficiencias de Zn, Mn y B se acentúan en todos los sitios a 30-60 cm de profundidad.

El Fe se encuentra en rangos óptimos en todos los predios y ambas profundidades.

El Cu es suficiente en todos los sitios y profundidades excepto en Aguas Blancas sitio 1 donde a ambas profundidades se encuentran ligeras deficiencias.

Al considerar demanda de cultivo contra oferta del suelo se prevé que el N es el elemento que más puede limitar la productividad del cocotero.

BIBLIOGRAFÍA

- García, E. 1988 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. UNAM. México, D.F.
- Gobierno del Estado de Guerrero. (2013). *Plan Estratégico Sectorial del Estado de Guerrero*. Chilpancingo, Guerrero. México: Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Guerrero y SAGARPA.
- Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.
- Sobral, L, f. 1998. Nutrição e adubação do coqueiro. EN:Santos Ferreira, J. M., Nunes Warbick, D.R., Siqueira, L.A. (eds) 1998. A culture do coqueiro No Brasil. Brasília: Embrapa – SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC 292 R.
- SIAP, 2013. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 28 de julio de 2017).

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE ZACATE BANDERILLA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] BAJO DIFERENTES SUSTRATOS EN CONDICIONES DE VIVERO

Ochoa-Rivero Jesús Manuel¹, García-Pérez José Luis¹, Sierra Tristán J. Santos¹, Royo Márquez Mario Humberto¹ y Morales-Nieto Carlos Raúl²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sitio Experimental La Campana. Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga. C.P. 32910. Aldama, Chih., México.

²Universidad Autónoma de Chihuahua-Facultad de Zootecnia y Ecología. Km. 1 Perif. R. Almada. C.P. 31031. Chihuahua, Chih., México.
Email: ochoa.jesus@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la fragmentación del ecosistema, el cambio de uso de suelo, el sobrepastoreo y el cambio climático han alterado la funcionalidad de los pastizales del norte de México. Como consecuencia, las poblaciones de zacates perennes nativos se han reducido o desaparecido en algunas áreas y han sido reemplazados por zacates anuales y exóticos. Lo que ha ocasionado problemas tales como degradación de los recursos naturales, reducción de la productividad de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad (Royo *et al.*, 2005; PACP-Ch, 2011; Zhang *et al.*, 2015). Una alternativa para contrarrestar esta problemática es el rescate genético de poblaciones de gramíneas nativas, multiplicación de semilla y revegetación/rehabilitación del ecosistema pastizal (Sánchez-Arroyo *et al.*, 2014). Desafortunadamente la revegetación/rehabilitación tiene un alto riesgo y costo debido a la baja y errática precipitación pluvial en zonas áridas y semiáridas, a la morfología de las plántulas en gramíneas nativas y a los elevados precios de la semilla (Carrillo, 2009; Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Por ejemplo, en el zacate banderilla [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] y el zacate navajita [*B. gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths] se dificulta su establecimiento en resiembras debido a la morfología de sus raíces adventicias se entorpece su establecimiento. Una opción para garantizar la supervivencia/establecimiento de gramíneas, es la producción de planta en vivero mediante el uso de sustratos. Prieto *et al.* (2012) reportaron que al utilizar sustratos como medios de crecimiento se le brinda soporte, humedad, aireación y nutrimentos a la zona radical de especies vegetales. En un estudio realizado por De León *et al.* (2013) evaluaron la producción de gramíneas con diversas mezclas de sustrato en vivero para fines de restauración de áreas degradadas. Por su parte Quero-Carrillo *et al.* (2014) mencionaron que el trasplante de zacates para zonas áridas con el fin de crear "parches" de vegetación sirve para mejorar la condición del agostadero y asegurar la supervivencia de la planta en campo. Sin embargo, se cuenta con escasa información sobre producción de zacates en vivero con fines de recuperación de áreas

degradadas y/o bancos de germoplasma. El objetivo fue evaluar la influencia de cuatro mezclas de sustratos a base de corteza de pino composteada (CPC) y una mezcla base (MB) tradicional sobre el crecimiento de cuatro variedades/selecciones de zacate banderilla bajo condiciones de vivero. Los resultados permitirán que se empleen técnicas para la producción de planta en un futuro cercano con fines de revegetación/rehabilitación y bancos de germoplasma.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en el vivero del Sitio Experimental “La Campana” ubicado en Aldama, Chihuahua del 19 de junio al 08 agosto de 2016 (49 días). La temperatura se monitoreo durante el periodo del experimento (Figura 1).

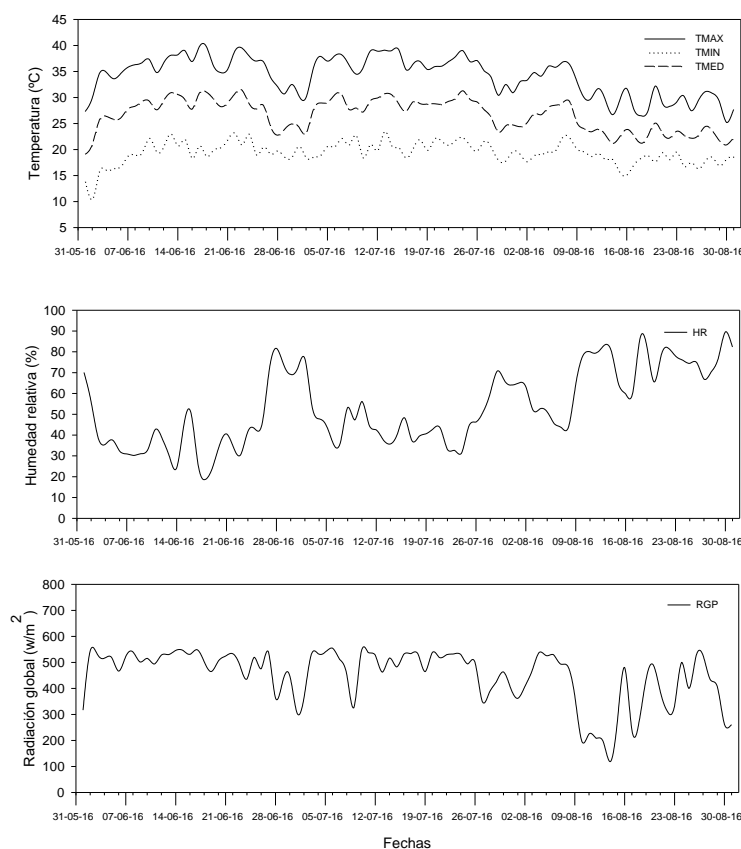


Figura 3. Variables climatológicas durante el periodo de experimentación en vivero.

Se utilizaron dos variedades comerciales de zacate banderilla (Niner y Haskell) y dos selecciones mexicanas (Maturana y Chihuahua-75). La siembra se realizó en invernadero utilizando charolas de poliestireno marca Cooper Block® con 77 cavidades con capacidad para 170 cm³. Se utilizó como sustrato; una mezcla base (MB) compuesta de peat moss (55%),

vermiculita (21%) y agrolita (24%), corteza de pino composteada (CPC) y un fertilizante de liberación controlada. Los tratamientos fueron; 1) 100 MB, 2) 25 MB + 75 CPC, 3) 50 MB + 50 CPC y 4) 75 MB + 25 CPC. La siembra se realizó el 19 de junio de 2016, depositando seis semillas distribuidas en cada cavidad a una profundidad de 2 cm. El experimento tuvo un arreglo de parcelas divididas y una distribución de bloques al azar con tres repeticiones. Por tanto, se consideró la parcela grande como las mezclas de sustratos y las parcelas chicas como las variedades. Las variables evaluadas para los sustratos fueron: porosidad total (PR; %), porosidad de aireación (PA; %) y porosidad de retención de agua (PRA; %). La variable estimada para los zacates fue altura de la planta (cm). Para el análisis de datos de altura de planta se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por el procedimiento PROC MIXED en el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute, 2011). Para las variables que mostraron efectos significativos se hizo la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la porosidad de los sustratos presentaron diferencias significativas entre PT, PA y PRA ($P \leq 0.0001$; Cuadro 1). No obstante, los valores de la mezcla cuatro (75% CPC) se encontraron por debajo de los valores recomendados (PT=60-80% y PA=15-35%; Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Porosidad de las diferentes mezclas de sustratos.

Mezcla de Sustratos	Porosidad		
	PT (%)	PA (%)	PRA (%)
1) 100 MB*	60.27c	16.85ab	43.42b
2) 75 MB + 25 CPC**	63.01a	15.80ab	47.22a
3) 50 MB + 50 CPC	61.64b	18.54a	43.11b
4) 25 MB + 75 CPC	54.79d	14.16b	40.64b
	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.0001$)

*Peat moss, vermiculita y agrolita + fertilizante de liberación controlada

**Corteza de pino composteada

***Porosidad total

****Porosidad de aireación

*****Porosidad de retención de agua

La variable altura de planta manifestó diferencias significativas entre variedades ($P \leq 0.0001$; Cuadro 2). Es importante mencionar que desde los 7 días después de la siembra (DDS) hasta los 42 DDS sobresalieron las selecciones mexicanas (Maturana y Chihuahua-75) sobre las variedades comerciales (Niner y Haskell). Sin embargo, a los 49 DDS las variedades comerciales alcanzaron alturas similares a la selección Maturana. Para el establecimiento de estas variedades/selecciones son relevantes los primeros 14 DDS en el comportamiento del

crecimiento de la parte aérea. Debido a que generalmente se ha relacionado el crecimiento de la raíz con la biomasa y la longitud (Sanchez-Arroyo *et al.*, 2014), lo que le permite una amplia exploración de los recursos hídricos.

Cuadro 2. Altura (cm) en plántulas de cuatro variedades/selecciones de zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*) sembradas en mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero.

Variedad/Selección	Días Después de la Siembra (DDS)						
	7	14	21	28	35	42	49
Niner	2.71 d	7.99 c	21.96 b	32.91 c	42.45 c	48.28 c	56.33 b
Haskell	3.30 c	8.72 c	20.58 c	31.65 c	41.68 c	48.73 c	55.82 b
Maturana	4.43 b	13.44 b	32.65 a	43.13 a	49.03 a	55.18 a	59.52 a
Chihuahua-75	5.35 a	15.26 a	31.53 a	38.37 b	45.53 b	51.82 b	55.93 b
	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001	≤ 0.0001

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P=0.0001)

La variable altura de planta presentó diferencias significativas entre sustratos a partir de los 35 DDS (P≤0.0001; Cuadro 3). Esto se atribuye al efecto del sustrato (fertilizante de liberación controlada) sobre el crecimiento sobresaliendo la mezcla dos (25% CPC). Aguilera-Rodríguez *et al.* (2016) señalaron que este tipo de fertilizante comienza a liberar nitrógeno (N) en mayor proporción a temperaturas ≥21°C; lo cual es relevante ya que las temperaturas en el área de estudio estuvo por encima de dicho valor (Figura 1). Mientras que durante la primera etapa del experimento (7-28 DDS) no se observaron diferencias significativas entre sustratos (P≥0.0001). Estos resultados coinciden con lo reportado por De León (2013) quien no encontró diferencias entre sustratos durante la producción de *B. curtipendula* y *B. gracilis* en vivero.

Cuadro 3. Altura (cm) en plántulas de cuatro variedades/selecciones de zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*) por efecto de mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero.

Mezcla de Sustrato	Días Después de la Siembra (DDS)						
	7	14	21	28	35	42	49
1) 100 MB*	3.57 a	10.37 a	24.97 a	36.38 a	45.35 a	52.53 a	58.53 a
2) 75 MB + 25 CPC**	4.24 a	12.02 a	28.58 a	38.16 a	45.95 a	53.08 a	58.57 a
3) 50 MB + 50 CPC	3.97 a	11.46 a	27.60 a	36.08 a	44.87 ab	50.88 ab	57.30 a
4) 25MB + 75 CPC	4.00 a	11.56 a	25.90 a	34.43 a	41.53 b	47.50 b	53.30 b
	0.0818	0.1807	0.1190	0.1626	0.0089	0.0188	0.0067

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P=0.0001)

*Peat moss, vermiculita y agrolita + fertilizante de liberación controlada

**Corteza de pino composteada

Al analizar el efecto combinado de las variedades entre sustratos sólo se encontraron diferencias significativas (P≤0.0001; Cuadro 4) a los 28, 35 y 49 DDS. En donde resaltaron las selecciones mexicanas Maturana y Chihuahua-75 en las mezcla dos (25% CPC), esta

tendencia se mantuvo hasta los 42 DDS. En el caso de la mezcla cuatro (75% CPC), se encontraron las menores alturas para las selecciones mexicanas y las variedades comerciales (49 DDS). Debido a que bajo estas condiciones se propician escenarios de un estrés hídrico moderado que limita los procesos fisiológicos de la planta. Es importante destacar que durante la evaluación final (49 DDS) se presentó interacción de la variedad Haskell con la mezcla cuatro (75% CPC). Lo que permitió corroborar que dicha variedad tiene la capacidad de soportar estrés por falta de agua (NRCS, 2012). Asimismo, estos resultados se atribuyeron a que en la cuarta semana, se inició la liberación de nutrientes de los componentes de la mezclas, lo que influyó de manera directa e indirecta sobre su crecimiento (Prieto *et al.*, 2012; Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016). Otro aspecto a resaltar es que en esta fecha el sistema radical pudo verse limitado y/o favorecido por los diferentes medios de crecimiento, principalmente la porosidad. Quero-Carrillo *et al.* (2014) indicaron que los sustratos deben de tener condiciones de humedad adecuadas para el desarrollo de las plántulas. En el caso de las variedades/selecciones la respuesta se asoció a los factores ambientales (Figura 1) ya que están ligados con la tasa de crecimiento de las plantas.

Cuadro 4. Altura (cm) de zacate banderilla de cuatro variedades/selecciones de (*Bouteloua curtipendula*) producida bajo la interacción de cuatro mezclas de sustrato bajo condiciones de vivero.

Mezclas Sustrato	de Variedad/Selección	Días Después de la Siembra (DDS)						
		7	14	21	28	35	42	49
1) 100 MB*	Niner	2.53 a	6.11 a	20.07 a	32.99 de	41.53 d	49.50 a	58.27 abcd
	Haskell	3.16 a	8.19 a	19.27 a	30.32 e	41.27 d	48.10 a	54.53 cde
	Maturana	3.95 a	12.12 a	29.80 a	39.73 abc	48.87 ab	56.53 a	60.13 abc
	Chihuahua-75	4.66 a	15.06 a	30.73 a	42.47 a	49.73 ab	56.00 a	61.27 ab
2) 75 MB + 25CPC**	Niner	2.70 a	8.74 a	20.53 a	31.47 de	39.87 d	49.50 a	43.47 de
	Haskell	3.08 a	8.47 a	19.53 a	30.33 e	39.73 c	48.10 a	51.60 e
	Maturana	4.58 a	14.11 a	32.87 a	40.07 ab	45.00 bcd	51.40 a	55.67 bcde
	Chihuahua-75	5.65 a	15.43 a	30.67 a	35.87 e	41.53 d	47.47 a	52.47 e
3) 50 MB + 50 CPC	Niner	2.82 a	8.27 a	22.13 a	32.47 bcde	42.60 cd	47.27 a	54.40 cde
	Haskell	3.21 a	9.00 a	21.57 a	33.07 a	41.27 d	49.50 a	60.13 abc
	Maturana	4.31 a	13.71 a	33.60 a	44.67 ab	52.33 a	55.73 a	60.67 ab
	Chihuahua-75	5.55 a	14.85 a	31.73 a	34.13 de	42.60 d	47.27 a	54.00 de
4) 25 MB + 75 CPC	Niner	2.80 a	9.35 a	25.10 a	34.73 abc	45.30 bcd	50.60 a	59.20 abcd
	Haskell	3.75 a	9.20 a	21.93 a	32.87 abcde	44.47 bcd	51.67 a	57 abcde
	Maturana	4.58 a	14.11 a	34.33 a	44.03 a	49.93 ab	57.07 a	61.67 a
	Chihuahua-75	5.25 a	15.71 a	32.97 a	42.47 a	48.27 abc	53.00 a	56.00 abcde
		0.2818	0.0910	0.2443	≤0.0001	≤0.0003	0.1719	≤0.0001

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P=0.0001)

*Peat moss, vermiculita y agrolita + fertilizante de liberación controlada

**Corteza de pino composteada

CONCLUSIONES

Se concluye que la mezcla dos (25% CPC) y la mezcla uno (100% MB) produjeron los mayores resultados de altura de planta. Las selecciones de zacate banderilla: Maturana y Chihuahua-75 presentaron mayor altura de crecimiento a los 42 DDS. Sin embargo, se recomienda dar seguimiento en campo, al desarrollo de las variedades evaluadas. Debido a que las mezcla cuatro (75% CPC) tienden a darle mayor rusticidad a la planta, lo que propicia mecanismos de resistencia al estrés hídrico, nutrimental y mecánico.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Martínez-Trinidad, T. y Ordáz-Chaparro, V.M. 2016. Producción de *Pinus montezumae* Lamb. Con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia*, 50(1):107-118.
- Carrillo, S.M., Arredondo, M.T., Huber-Sannwald, E. y Flores R.J. 2009. Comparación en la germinación y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnica Pecuaria en México*, 47(3):299-312.
- NRCS. 2012. Release Brochure for Sideoats Grama *Bouteloua curtipendula*, (Michx.) Torr. USDA-Natural Resources Conservation Service, James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, TX 79529. Disponible en: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/txpmcbr11369.pdf. Consultado mayo, 2017.
- PACP-Ch. 2011. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los pastizales del Desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua 2011-2016. Guzmán-Aranda, J.C., J. Hoth y Elco Blanco (Eds.). Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Prieto, R.J.A., García, R.J.L., González, M.J.C. y Aispuro, M.R.E. 2012. Producción de planta del género *Pinus*. Folleto técnico. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CIRNOC. 44 p.
- Quero-Carrillo, A.R., Miranda-Jiménez, L., Hernández-Guzmán, F.J. y Rubio, A.F.A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p.
- Royo, M.M., Melgoza, C.A., Sierra T.J.S., Carrillo, R.R., Jurado, G.P., Gutiérrez, L.R. y Echavarría, F. 2005. La salud de los pastizales medianos en los estados de Chihuahua y Zacatecas. II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. Memorias. Zacatecas, Zac.
- Sanchez-Arroyo, J.F., Hernandez-Guzman, F.J., Quero-Carrillo, A.R., Carrete-Carreón, F.O. y Toca-Ramirez, J.A. 2014. Yield by morphological component of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) from sowing to the establishment. *Agricultural Journal*, 9(3):162-166.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. SAS Ver. 9.3. Cary, NC, U.S: SAS Inc. 2011.
- Zhang, W., Zhou, J., Feng, G., Weindorf, C. D., Hu, G. y Sheng, J. 2015. Characteristics of water erosion and conservation practice in arid regions of Central Asia: Xinjiang Province, China as an example. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 97-111.

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA EN ZARZAMORAS SILVESTRES (*Rubus* spp L.)

Geremias Rodríguez-Bautista*¹, Sergio Damián Segura Ledezma²; José López Medina³,
Luis Manuel Valenzuela Nuñez

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Campus Montecillo, Km 36.5 Carr. México-
Texcoco. C.P. 56230. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México. México. E-mail:
geremias.rodriguez@colpos.mx

²Profesor-Investigador, Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro
Universitario, Morelia Michoacán

³Profesor Investigador, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán.

⁴Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo.

INTRODUCCIÓN

Rubus spp, conocida como zarzamora, pertenece a la familia Rosácea de la que existen alrededor de 750 especies en el mundo (Juinn-Yih y Jer-Ming, 2009). En México, de acuerdo con Rzedowsky y Calderón de Rzedowsky (2005) existen 61 especies de *Rubus*.

El género *Rubus* se caracteriza por su variabilidad morfológica (Clark *et al.*, 2007). Las diferencias son propias del género y de sus especies, ya que usualmente las especies de *Rubus* presentan variabilidad morfológica y genética debido a la poliploidía (Cancino-Escalante *et al.*, 2011). De acuerdo con Moreno *et al.* (2011), la colección, la caracterización y la evaluación del germoplasma vegetal es tarea prioritaria para la conservación, mejoramiento y obtención de materiales sobresalientes con características potenciales. En el presente estudio se plantearon como objetivos: (i) determinar la variabilidad morfológica inter e intraespecífica de las especies de *Rubus adenotrichos* Schltldl, *R. cymosus* Rydb, *R. humistratus* Steud, *R. palmeri* Rydb, *R. pringlei* Rydb y *R. sapidus* Schltldl provenientes de los estados de Chiapas, Hidalgo y Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización morfológica se llevó a cabo *in situ* en los estados de Chiapas, Hidalgo y Michoacán (Cuadro 1). Las variables morfológicas se registraron con base en descriptores cualitativos (Guías de la UPOV, 2006).

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los sitios de colecta de las zarzamoras silvestres

Especies	Chiapas		Hidalgo		Michoacán	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
<i>R. adenotrichos</i> Schltdl	16° 30' 50"	92° 29' 23"	20° 11' 29"	98° 09' 22"	19 ° 37' 17.6"	100° 08' 59.3"
<i>R. cymosus</i> Rydb	16° 59' 11"	92° 59' 07"	20° 16' 21"	98° 09' 08"	19 ° 37' 01.3"	101° 32' 54.1"
<i>R. humistratus</i> Steud	-	-	-	-	19° 29' 25.7"	101° 32' 54.1"
<i>R. palmeri</i> Rydb	-	-	20° 09' 60"	98° 15' 38"	-	-
<i>R. pringlei</i> Rydb	16° 47' 08"	92° 31' 05"	-	-	19° 29' 25.7"	101° 41' 16.4"
<i>R. sapidus</i> Schltdl	-	-	20° 10' 09"	98° 10' 19.7"	19° 38' 33.1"	101° 15' 25.2"

Con los datos de las variables morfológicas se analizaron mediante análisis de correspondencias múltiples (ACM), con el uso del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc. 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correspondencia múltiple permitió establecer un total de cinco factores que explicaron el 73.1 % de la variabilidad total. El comportamiento se explica por la variabilidad morfológica y genética en el género *Rubus*, en la que se encuentran especies diploides a dodecaploides (Marulanda *et al.*, 2007). La dispersión de las especies en el diagrama bidimensional en un plano mostró la variación entre las especies provenientes de los estados de Chiapas, Hidalgo y Michoacán (Figura 1). De acuerdo con Cancino-Escalante *et al.* (2011), el sistema de reproducción de las plantas influye en la variabilidad, por el efecto de la hibridación entre las especies de *Rubus*.

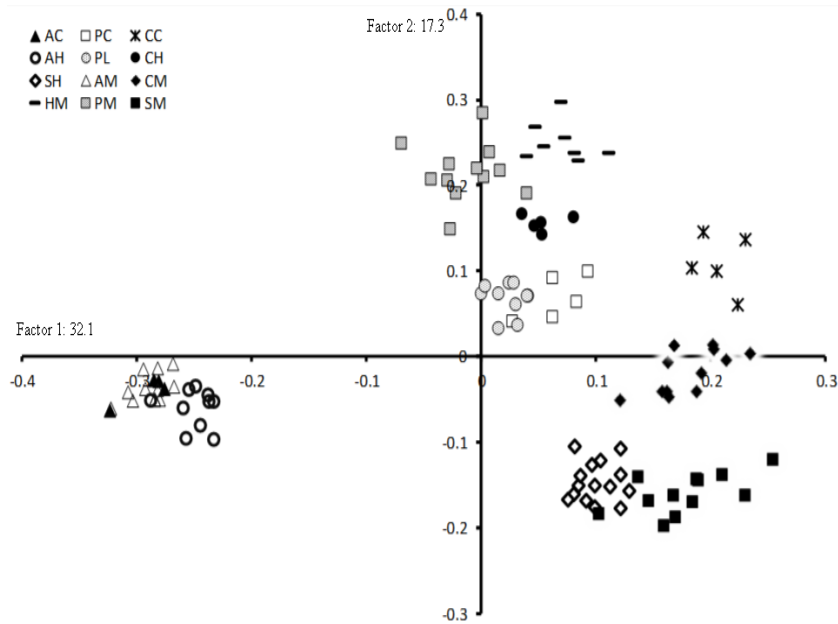


Figura 1: Dispersión de las especies silvestres de zarzamoras sobre el plano de los dos primeros factores (AC: *Rubus adenotrichos* Schltld de Chiapas, AH: *Rubus adenotrichos* Schltld en Hidalgo, AM: *Rubus adenotrichus* Schltld de Michoacán, CC: *R. cymosus* Rydb de Chiapas, CH: *R. cymosus* Rydb de Hidalgo, CM: *R. cymosus* Rydb de Michoacán, HM: *R. humistratus* Steud en Michoacán, PLH: *R. palmeri* Rydb de Hidalgo, PC: *R. pringlei* Rydb de Chiapas, PM: *R. pringlei* Rydb de Michoacán, SH: *R. sapidus* Schltld de Hidalgo, SH: *R. sapidus* Schltld de Michoacán).

El Factor 1 se definió por las variables número de drupas por polidrupa, porte de la planta y forma de la espina en tallo, mientras que el Factor 2 fue definido por las variables densidad de tricomas en tallo, margen de la hoja y forma de la base de la hoja. Por lo tanto, los resultados que se obtuvieron coinciden con Cancino-Escalante *et al.* (2011), es decir, los caracteres de tallo, órganos foliares y reproductivos presentaron mayor variabilidad entre zarzamoras silvestres. De acuerdo con Dosett y Finn (2015) la variación fenotípica permite seleccionar las especies silvestres de *Rubus* para mejoramiento genético.

Las especies de zarzamoras estudiadas presentaron variación en la forma del tallo, densidad de tricomas del tallo, forma de la espina en tallo, número de folíolos forma del ápice, número, tamaño y forma del fruto, color y forma de la flor. Monasterio y Macía (2002) reportaron que en las especies de *Rubus*, la superficie de las distintas partes de la planta está cubierta de tricomas y espinas, cuyo número y forma varían de una especie a otra, modificándose en función de los factores ecológicos y exposición a la radiación solar.

En el análisis de la variabilidad morfológica intraespecífica, *R. sapidus* de Hidalgo y Michoacán mostraron agrupación estrecha en función del origen o sitio de estudio, por el contrario, *R. cymosus* presentaron variabilidad entre sitios de colecta. Este comportamiento lo reportó Cancino-Escalante *et al.*, (2011) y explican que ningún carácter o grupo de caracteres conforman grupos a los que pertenezcan todos los miembros de la misma especie aunque provengan de un mismo ambiente, localidad o rango altitudinal.

La especie *R. cymosus* proveniente del estado de Hidalgo y Michoacán presentó porte de planta semierecto y longitud de ramas largas. En contraste, la colecta proveniente de Chiapas fue de porte semierecta a rastrera y longitud de ramas laterales cortas. En relación a la fructificación, en las colectas provenientes de Chiapas y Michoacán, el número de drupas por polidrupa fue medio, es decir, de 9 a 14 y de 8 a 12, respectivamente, en tanto que, las colectas del estado de Hidalgo presentaron un número bajo, es decir, de 3 a 7.

La especie *Rubus pringlei* proveniente de Chiapas no presentó pigmentación de antocianinas en tallos; las espinas en tallos y hojas fueron curvadas, y el número de drupas por polidrupa fue de 30 a 50. En contraste, *R. pringlei* proveniente de Michoacán mostró pigmentación con antocianinas en tallos de primocañas y ausentes en floricañas, espinas puntiagudas, y el número de drupas por polidrupa fueron de 50 a 100. Estas diferencias morfológicas permitieron agrupar a la especie de *R. pringlei* por sitio de colecta.

CONCLUSIONES

Los caracteres morfológicos relacionados con porte de la planta, forma de la espina en tallo, densidad de tricomas en tallo, margen de la hoja, forma de la base de la hoja y número de drupas por polidrupa presentaron variabilidad morfológica en las especies de zarzamoras. Las especies *Rubus adenotrichos*, *R. cymosus* y *R. pringlei* mostraron variabilidad morfológica intraespecífica entre sitios de colecta.

BIBLIOGRAFIA

- Cancino-Escalante G. O., L. R. Sánchez-Montaño, E. Quevedo-García y C. Díaz-Carvajal (2011) Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus L.* de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum* 16:219-233.
- Clark J. R., E. T. Stafne, H. K. Hall and C. E. Finn (2007) Blackberry breeding and genetics. *In: Plant Breeding Reviews*. J. Janick (ed), John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, Vol. 29. pp:19-144.
- Dosett M. and C. E. Finn (2015) Performance and phenology of wild black raspberry (*Rubus occidentalis L.*) germplasm in a common garden. *Genetic Resources and Crop Evolution* 1-21.

- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (www.gbif.org), Consultado, marzo 2015. González-Andrés F. (2001) Caracterización morfológica: *In: conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos*. F. González-Andrés y J. Pita-Villamil (eds). Publicaciones Instituto Nacional de Educación Agrícola. Valladolid, España. pp:199-217.
- Juinn-Yih H. and H. Jer-Ming (2009) Revisión of *Rubus* (Rosácea) in Taiwan. *Tawania* 54:285-310
- Marulanda M. L., A. M. López and S. B. Aguilar (2007) Genetic diversity of wild and cultivated *Rubus* species in Colombia using AFLP and SSR markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 7:242-252.
- Monasterio H. y E. Macía (2002) Revisión taxonómica del género *Rubus* L. (Rosácea) en la Península Ibérica e Islas Baleares. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 217 p.
- Moreno M., D. Villarreal, T. C. Lagos, H. Ordoñez y H. Criollo (2011) Caracterización “*In situ*” de genotipos silvestres y cultivadas de mora *Rubus* spp en el municipio de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas* XXVII:109-128.
- Rzedowsky J. y G. Calderón-de Rzedowski (2005) Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Familia *Rosácea*. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Morelia, Michoacán. No. 135. 163 p.
- SAS, Statistical Analysis System (2002) SAS System for Windows Version 8.0 by SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Unión Internacional para la Protección de las obtenciones Vegetales (UPOV) (2006) *Rubus* subgenus *Eubatus* sect. *Moriferi* & *Ursini* e híbridos (www.upov.int), consultada, octubre 2014

POLIPLOIDIA EN ESPECIES SILVESTRES DE ZARZAMORA (*Rubus* spp L.)

Geremías Rodríguez Bautista*¹, Sergio Damián Segura Ledesma²; Tarsicio Corona Torres¹; José López Medina³, Luis Manuel Valenzuela Nuñez⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Programa de Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Km 36.5 Carr. México-Texcoco, Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230. E-mail: geremias.rodriguez@colpos.mx

²Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Occidente. Periférico Independencia Pte. No. 1000 Col. Lomas del Valle, A. P. 8. C. P. 58170. Morelia, Mich.

³Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N, Colonia Viveros. C.P. 60170. Uruapan, Mich.

⁴Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad S/N. Fracc. Filadelfia. C. P. 35010. Gómez Palacio, Dgo.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Rubus* presentan la no reducción de gametos, duplicación de genoma y apomixis (Meg y Finn, 2002). La poliploidía en *Rubus* va desde $2n = 2x = 14$ a $2n = 14x = 98$; posiblemente, también existen $2n = 18x = 126$, incluyendo número de cromosomas impares y aneuploides (Marcela-Delgado *et al.*, 2010).

En programas de mejoramiento genético de zarzamoras y frambuesas (*Rubus idaeus* L.), es importante conocer el nivel de ploidía de los genotipos de *Rubus* para predecir el entrecruzamiento y combinaciones parentales (Meng y Finn, 2002), distinguir las características taxonómicas de las colecciones de *Rubus* (Thompson, 1995), conocer la evolución y filogenia de los genotipos entre las especies y familias (Heslop-Harrison y Schwarzacher, 2011). Por otro lado, al cruzar progenitores con diferentes niveles de ploidía se pueden generar progenies estériles o genéticamente inestables (Poehlman y Allen, 2003). En el género *Rubus* se han realizado conteos de cromosomas en 387 especies, que corresponde el 40 % de las especies que se conocen, 90 variedades y selecciones de zarzamoras (Thompson, 1995). Sin embargo, se carece de información respecto al número de cromosomas de las especies silvestres presentes en México. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el número de cromosomas de las especies silvestres de *Rubus adenotrichos* Schldl, *R. cymosus* Rydb, *R. humistratus* Steud., *R. palmeri* Rydb, *R. pringlei* Rydby, *R. sapidus* Schldl; así como de las variedades Tupí y Kiowa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación del número de cromosomas se realizó en: seis especies silvestres (*Rubus adenotrichos*; *R. cymosus*, *R. humistratus*, *R. palmeri*, *R. pringlei* y *R. sapidus*), dos variedades (Tupí y Kiowa), mediante la técnica de aplastado de los ápices de raíz. El pretratamiento consistió en poner las puntas de las raíces en agua a 4 °C durante 24 horas. Después del pretratamiento, el fijado se realizó en la solución de Carnoy, (alcohol 96 °: ácido acético glacial: cloroformo 3:1:1 por volumen), durante 30 minutos. Posteriormente, las puntas de raíz fueron hidrolizadas en ácido clorhídrico (HCl) 1N durante 15 minutos a 60 °C, se tiñeron con solución de Feulgen durante 15 minutos a 60 °C y se utilizó acetocarmin 1 % para el aplastado.

Una vez obtenida la tinción se observaron en un microscopio a 100x (Marca ZEISS), 50 células en metafase de dos o más puntas de las raíces por especie, se contaron el número de cromosomas por célula para cada especie y se obtuvo el nivel de ploidía con base en el número haploide partiendo de $1x = 7$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las observaciones citológicas mostraron variación en el número de juegos cromosómicos de diploide a pentaploide ($2x = 14$, $3x = 21$, $4x = 32$ y $5x = 35$) en las especies de *Rubus adenotrichos*, *R. cymosus*, *R. humistratus*, *R. palmeri*, *R. pringlei* y *R. sapidus*, las variedades Tupí y Kiowa y las progenies de las cruzas Tupí x *R. sapidus* y Kiowa x *R. sapidus*. De acuerdo con Heslop-Harrison y Schwarzacher (2011), cada especie presenta un número característico de cromosomas en su núcleo, el número varía entre especies y frecuentemente incrementa y decrece durante la evolución y especiación de las especies.

Las especies, *R. adenotrichos* y *R. humistratus* fueron diploides, es decir, $2n = 2x = 14$ (Figura 1 y 2). En el caso de *R. adenotrichos* se confirmó que presenta 14 cromosomas reportados de acuerdo al resultado obtenido por Thompson (1995).



Figura 1. Número de cromosomas en *Rubus adenotrichos* Schltl (2n =2x = 14).



Figura 2. Número de cromosomas en la especie *Rubus humistratus* Steud (2n =2x = 14).

Las especies *R. pringlei* (Figura 3), *R. sapidus* (Figura 4), la variedad Tupí (Figura 5) y la cruce Tupí x *R. sapidus* (Figura 6) presentaron 21 cromosomas, es decir, $2n = 3x = 21$, por lo tanto, son triploides. De acuerdo con Ramsey y Schemske (1998), las especies triploides presentan baja fertilidad y tienden a producir gametos aneuploides, por los emparejamientos cromosómicos y la segregación durante el proceso de la meiosis, que dan origen a gametos euploides; éstos pueden producir descendencias triploides y tetraploides, como consecuencia, los triploides pueden facilitar la transición de diploides a tetraploides permitiendo la propagación de poliploides.



Figura 3. Número de cromosomas en *Rubus pringlei* Rydb ($2n = 3x = 21$).

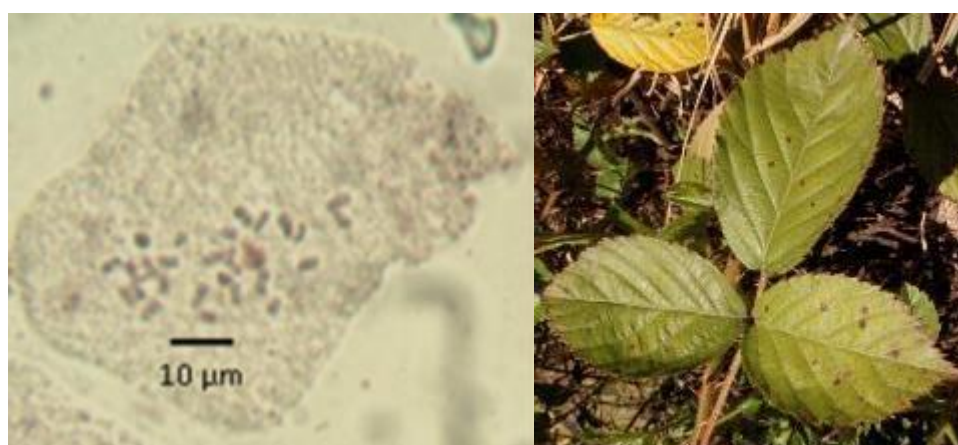


Figura 4. Número de cromosomas en *Rubus sapidus* Schtdl ($2n = 3x = 21$).

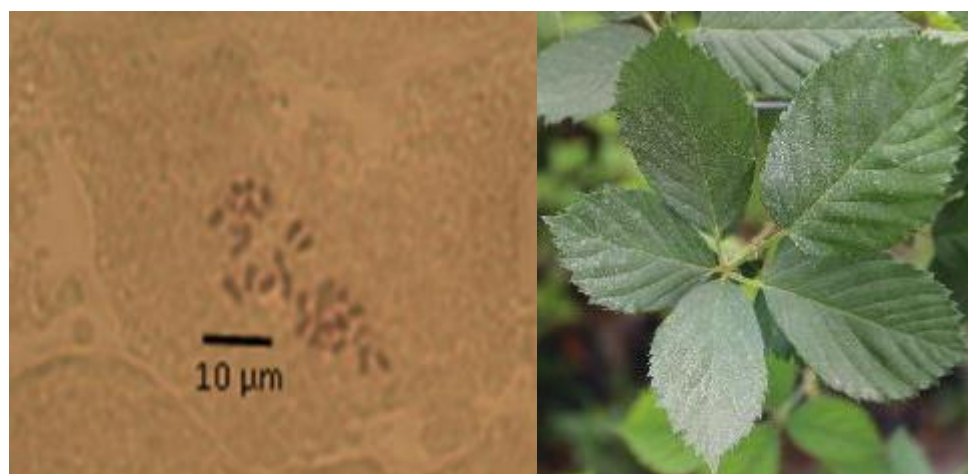


Figura 5. Número de cromosomas de la variedad Tupi ($2n = 3x = 21$).

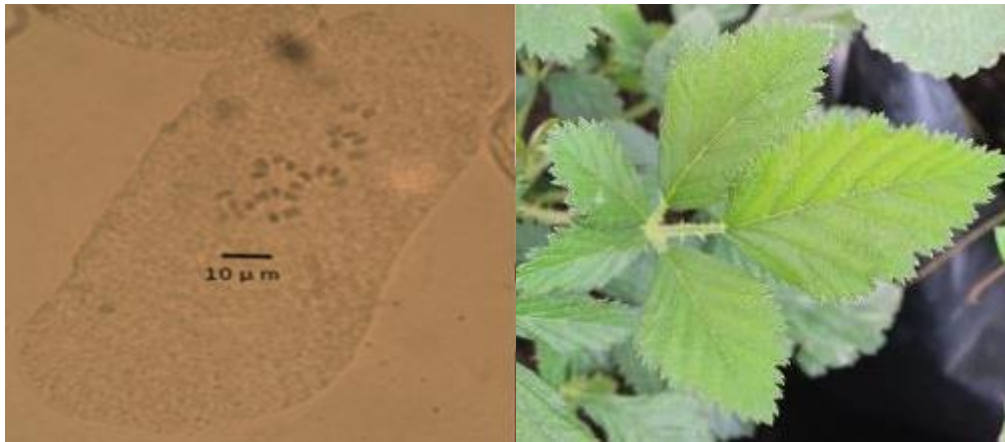


Figura 6. Número de cromosomas de la cruce Tupi x *R. sapidus* Schltl (2n = 3x = 21).

El número de cromosomas de *Rubus palmeri* (Figura 7), la variedad Kiowa (Figura 8) y la cruce Kiowa x *R. sapidus* (Figura 9) fueron $2n = 4x = 28$, es decir, tetraploides. En especies autopoliploides, las copias de cada cromosoma comparten las mismas posibilidades de recombinación entre sí, como consecuencia con frecuencia presentan quiasmas múltiples, aunque no de forma sistemática; por el contrario, en las especies alopoliploides, los cromosomas presentan intercambio genético parcial (Grandont *et al.*, 2013).

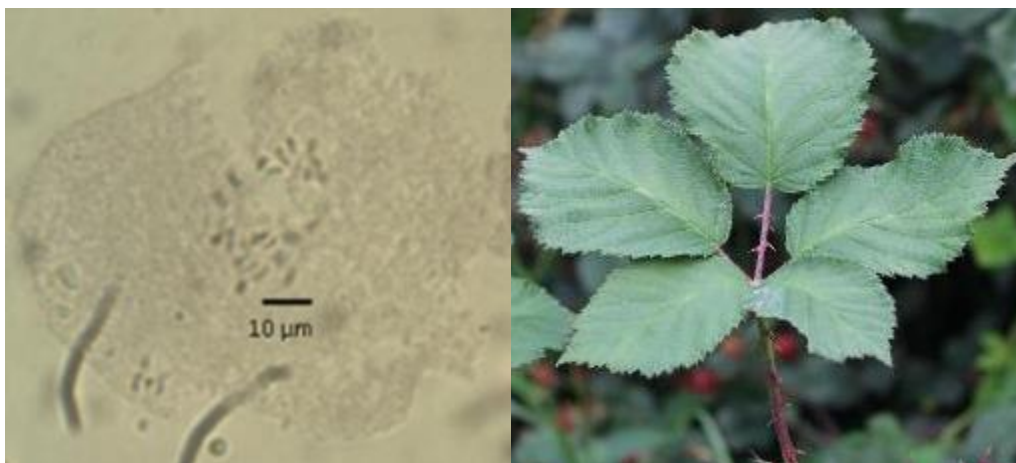


Figura 7. Número de cromosomas en *Rubus palmeri* Rydb ($2n = 4x = 28$).



Figura 8. Número de cromosomas de la variedad Kiowa ($2n = 4x = 28$).



Figura 9. Número de cromosomas de la cruz Kiowa x *R. sapidus* Schlttdl.

La especie *R. cymosus* presentó $2n = 5x = 35$ cromosomas (Figura 10). Las especies poliploides generalmente marcan diferencias de sus progenitores en las características morfológicas, ecológicas, fisiológicas y citológicas, que pueden contribuir en el conocimiento de nuevos nichos ecológicos y reproductivos. Por lo tanto, la poliploidía es un mecanismo importante de adaptación y especiación en las plantas (Levin, 2002).

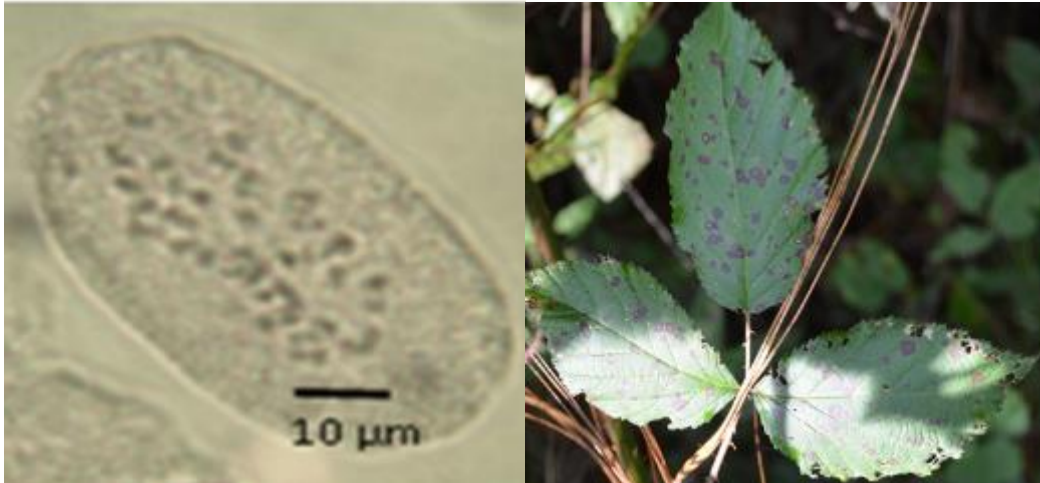


Figura 10. Número de cromosomas en *Rubus cymosus* Rydb ($2n = 5x = 35$).

CONCLUSIONES

Las especies de zarzamoras presentaron variabilidad en el número de juegos cromosómicos: *Rubus adenotrichos* ($2n = 2x = 14$), *R. cymosus* ($2n = 5x = 35$), *R. humistratus* ($2n = 2x = 14$), *R. palmeri* ($2n = 2x = 28$), *R. pringlei* ($2n = 2x = 21$) y *R. sapidus* ($2n = 2x = 21$); las variedades Tupí ($2n = 2x = 21$) y Kiowa ($2n = 2x = 28$), y las progenies de las cruzas Tupí x *R. sapidus* ($2n = 2x = 21$) y Kiowa x *R. sapidus* ($2n = 2x = 28$)

BIBLIOGRAFIA

- Heslop-Harrison, J.S. and Schwarzacher, T. 2011. Organization of the plant genome in chromosomes. *Plant Journal* 66:18-33.
- Levin, D.A. 2002. The Role of Chromosomal Change in Plant Evolution. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford University Press. 231 p.
- Marcela-Delgado, I., Uribe-Lastra, A. y Marulando-Angel, M.I. 2010. Estandarización de la técnica citogenética "Squash" para conteo de cromosomas mitóticos en *Rubus glaucus* Benth. *Scientia et Technica* 46 (VVII):74-79.
- Meng, R., and Finn, C. E. 2002. Determining ploidy level and nuclear DNA content in *Rubus* by cytometry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127 (5):767-775.
- Poehlman, J. M. and Allen, D. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas; O. M. Guzmán, C. M. A. Hernández, y C. L. M. Serrano (Trad.). Editorial Limusa. México. 506 p.
- Ramsey, J. and Schemsks, D. W. 1998. Pathways, mechanisms, and rates of polyploid formation in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29:467-501.
- Thompson, M. M. 1995. Chromosome numbers of *Rubus* cultivars at the National Clonal Germplasm.

CRECIMIENTO DE MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*) Y HUIZACHE (*Acacia farnesiana*) EN MEZCLAS DE SUSTRATO A BASE DE CORTEZA COMPOSTADA DE PINO, EN VIVERO.

¹García-Pérez José Luis*, ²Plácida Lorena González Trevizo, ¹Gabriel Sosa Pérez,
³Homero Sarmiento López.

¹Sitio Experimental La Campana, Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Carr. Chihuahua a Ojinaga Km 33.3, Cd. Aldama, Chih. C.P. 32910. ²Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, Cd. Delicias, Chihuahua, C.P. 33000. ³ Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP), Carretera, Durango-El Mezquital Km 4.5. Durango, Dgo. C.P. 34170. *garciap.luis@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México, para revertir la presión sobre los recursos naturales y la degradación forestal las políticas ambientales se centran en la restauración de ecosistemas forestales mediante la reforestación con especies nativas y conservación de suelo (Wightman y Santiago, 2003). Ante este escenario, las zonas áridas no son ajenas a estos efectos adversos, por lo que es importante realizar acciones que contribuyan a reducir su deterioro. No obstante, la supervivencia de las reforestaciones es aún menor al 50% al año de plantado, lo cual se atribuye a causas como la sequía, fauna, incendios y a la calidad de planta producida en los viveros (CONAFOR, 2012). Para lograr una planta con atributos necesarios para superar las condiciones adversas de los sitios de plantación, es necesario utilizar prácticas culturales adecuadas desde el proceso de producción en vivero. Un aspecto importante durante el proceso de producción de planta es la elección apropiada del sustrato o medio de crecimiento, el cual sirve como soporte y aporta nutrientes a la planta durante su cultivo en vivero (Davis *et al.*, 2009). Sin embargo, este debe reunir una serie de características que favorezcan el crecimiento de las plantas como la porosidad, pH, capacidad intercambio catiónica, etc. Para la elaboración de las mezclas se utilizan diversos materiales, la elección de estos estará en función de la disponibilidad, los costos y la especie a producir entre otras consideraciones. Hasta hace algunos años, en la producción de planta en sistema tecnificado se utilizaba mayormente productos importados y de alto costo, lo que generó la necesidad de encontrar el uso de sustratos alternativos y de fácil adquisición. La corteza de pino compostada es un material orgánico que se obtiene del desperdicio de aserraderos. Este material ha ido desplazando el uso de sustratos comerciales importados y de alto costo como el peat moss o la turba por sus características apropiadas para la producción de planta en especies de pino (Landis *et al.*, 2009). Sin embargo, para proponer su uso en la producción de otras especies es necesario evaluar su efecto en la calidad de la planta producida. Al respecto, Sánchez *et al.*

(2008) encontraron que la corteza de pino en proporción de 80% posee propiedades químicas similares a las de la mezcla tradicional. Por otro lado, algunas de sus propiedades químicas con el ácido, limita el desarrollo de patógenos. Asimismo, la corteza de pino se ha utilizado en combinación con retenedores de humedad para la producción de *Pinus greggii* Engelm. en vivero (Maldonado *et al.*, 2011). El mezquite y el huizache son especies importantes en los ecosistemas semiáridos debido a sus diversos beneficios al poblar suelos de baja calidad y problemas de salinidad, reducen erosión de suelo, fijan nitrógeno, además, en la época de primavera representan una fuente importante de alimento para el ganado. Por otro lado, su madera es apreciada por su calidad para la elaboración de herramientas y muebles finos, así como para la elaboración de carbón (Rodríguez *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustrato a base de corteza de pino en la producción de *Prosopis glandulosa* Torr. y *Acacia farnesiana* en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el vivero forestal del Sitio Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado entre las coordenadas 28° 51' 4.29" N y 105° 52' 0.38" O, a una altitud de 1252 m. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano [BS1kw (w) (e)], la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 250 y 300 mm, y se tiene un régimen de lluvias en verano, precipitación invernal menor a 5% del registro anual y un verano cálido.

Condiciones de producción y siembra

Para ambas especies, la planta se produjo dentro de una estructura cubierta con malla sombra al 60% o 65%. Los contenedores fueron de tipo Cooper Block® de 77 cavidades y 170 cm³ de capacidad y fabricados de poliestireno expandido. Previo a ello, los contenedores se desinfectarán con cloro para evitar la presencia de agentes patógenos. Previo a la siembra, se realizó la preparación de la semilla mediante remojo en agua a 96°C durante 60 segundos. Posteriormente, se realizó la desinfección de la semilla con fungicida Tecto 60®, para la siembra se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar la germinación. Durante el experimento se monitorearon las variables ambientales de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz mediante la instalación de un dispositivo datalogger HOB0U12 (Onset, co) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Condiciones de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz en el vivero del Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Intensidad de luz (lux)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05	25, 121.45	5.60	4, 543.83

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en: 1) 100% MB (Testigo), 2) 80% MB + 20% CP, 3) 60% MB + 40% CP, 4) 40% MB + 60% CP, 5) 20% MB + 80% CP y 6) 100% CP. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Después de tres semanas de realizada la siembra se tomaron mediciones cada dos semanas del diámetro del cuello (mm) y de la altura (cm). Con estas mediciones se calculó la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) en altura (cm mes) y diámetro (mm mes). Con los datos tomados se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS 9.0. (SAS, Institute). Cuando hubo significancia ($p \leq 0.05$), se aplicaron pruebas de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 90 días se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en plantas de Mezquite para las variables: altura, tasa de crecimiento absoluto en altura e índice de robustez; en el caso del Huizache hubo diferencias en todas las variables con excepción de la TACD (Cuadro 2).

Cuadro 2. Significancia estadística para las variables de crecimiento en *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* producida en distintos tipos de contenedor.

Especie	Altura	Diámetro	TACA	TACD	IR
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.0001*	0.03013	0.0016*	0.6133	0.0004*
<i>Acacia farnesiana</i>	0.0001*	0.0062*	0.0001*	0.5548	0.0500*

* $P \leq 0.05$; TACA= Tasa Absoluta de Crecimiento en Altura; TACD=Tasa Absoluta de Crecimiento en Diámetro; IR=Índice de robustez.

Para la especie de Mezquite en la variable altura sobresalió el tratamiento 2) 20% MB + 80% CP, seguido por el tratamiento 4) 40% MB + 60% CP, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en el tratamiento de 6) 100% CP. En el caso de la variable diámetro se observó la misma tendencia que en la variable de altura. En el caso del Huizache sobresalieron los tratamientos que contuvieron al menos 40% de CP, quedando los tratamientos de 1) 100 MB y 6) 100 CP con los valores más bajos (Figura 1).

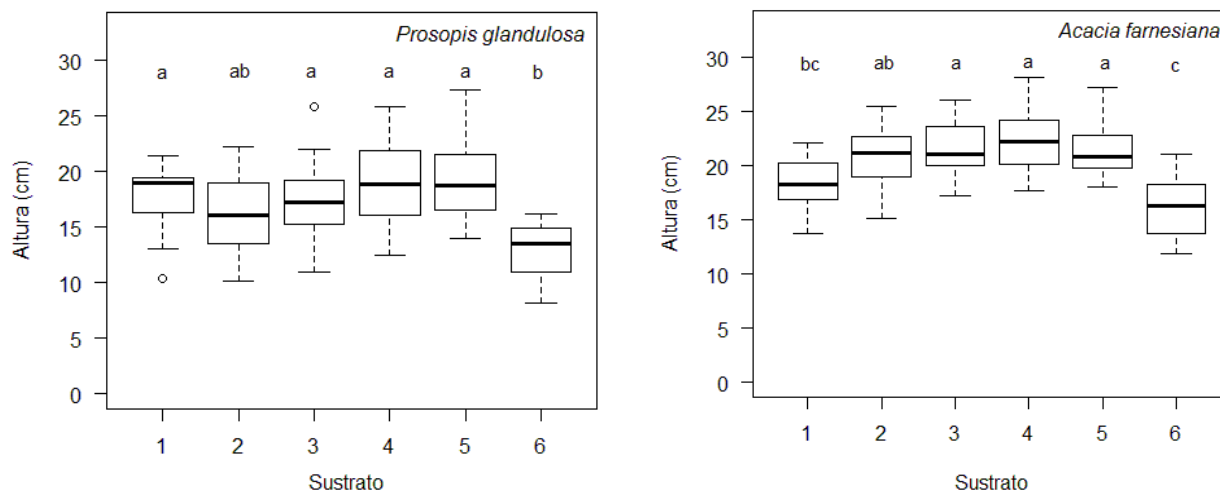


Figura 1. Crecimiento en altura en planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* cultivada en diferentes mezclas de sustrato, en vivero. Donde 1= 100 MB; 2= 80% MB+ 20% CP; 3= 60% MB + 40% CP; 4= 40% MB + 60% CP; 5= 20% MB + 80% CP; 6= 100% CP.

El crecimiento en diámetro no mostró diferencias significativas ($p=0.3013$) para el caso del Mezquite, sin embargo se observó una mejora cuando se utilizaron ambos componentes en las mezclas en comparación a las mezclas de 100% MB y 100 CP. No obstante, el crecimiento en diámetro fue más sensible ($p=0.0062$) en el Huizache donde se obtuvieron los valores más altos cuando las plantas crecieron con 40 MB + 60 CP, mientras que los valores más bajos se encontraron en las mezclas puras (Figura 2).

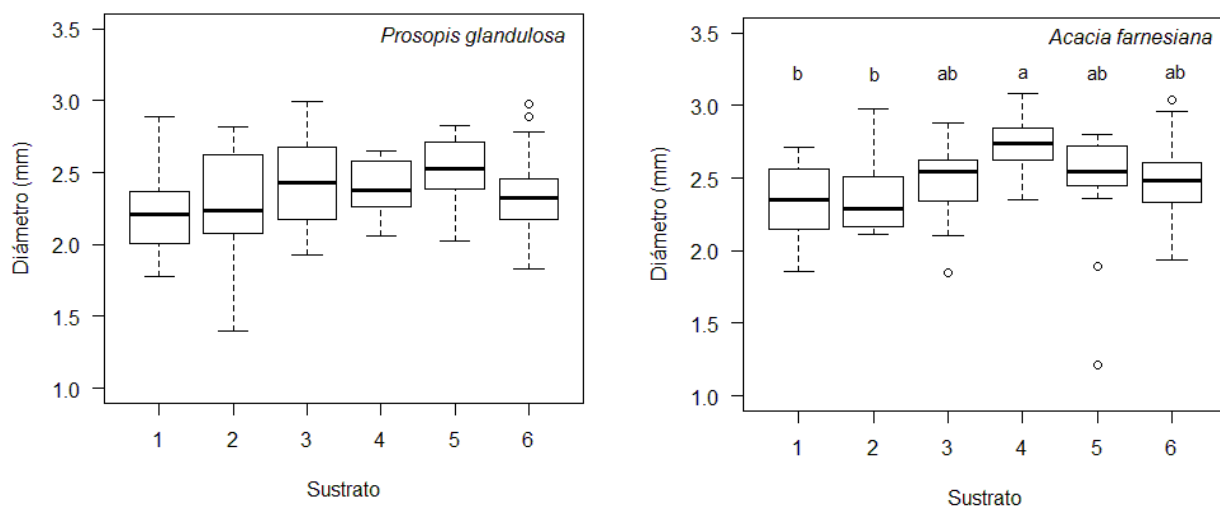


Figura 2. Crecimiento en diámetro en planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* cultivada en diferentes mezclas de sustrato, en vivero. Donde 1= 100 MB; 2= 80% MB+ 20% CP; 3= 60% MB + 40% CP; 4= 40% MB + 60% CP; 5= 20% MB + 80% CP; 6= 100% CP.

Para la variable de tasa de crecimiento absoluta en diámetro se encontraron diferencias altamente significativas tanto para Mezquite ($p=0.0016$) como para Huizache ($p=0.0001$). En ambas especies hubo una influencia de la presencia de la mezcla base en el sustrato. Caso contrario sucedió cuando las plantas que crecieron en el sustrato de 100 % CP. (Figura 3.)

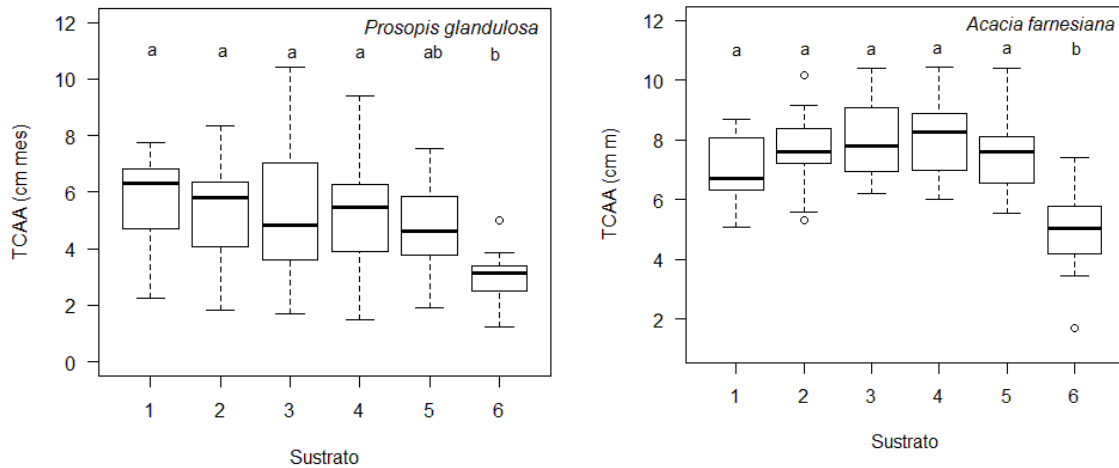


Figura 3. Tasa de incremento absoluta en altura (TCAA) en planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* cultivados en diferentes mezclas de sustrato, en vivero. Donde 1= 100 MB; 2= 80% MB+ 20% CP; 3= 60% MB + 40% CP; 4= 40% MB + 60% CP; 5= 20% MB + 80% CP; 6= 100% CP.

En el caso de la tasa de crecimiento absoluta en diámetro no hubo diferencias en ambas especies ($p \geq 0.05$). Sin embargo, en la planta de Huizache se observó una tendencia a incrementar el diámetro en función de la presencia de mezcla base en el sustrato (Figura 4).

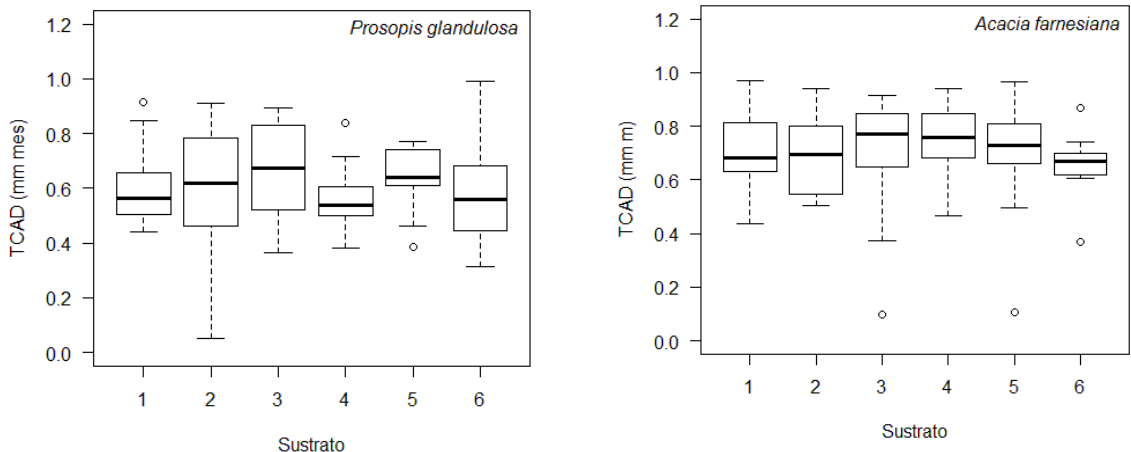


Figura 4. Tasa de incremento absoluta en diámetro (TCAD) en planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* cultivados en diferentes mezclas de sustrato, en vivero. Donde 1= 100 MB; 2= 80% MB+ 20% CP; 3= 60% MB + 40% CP; 4= 40% MB + 60% CP; 5= 20% MB + 80% CP; 6= 100% CP.

Finalmente, el índice de robustez aunque mostró diferencias significativas entre tratamientos para ambas especies, no se observó una tendencia bien definida en favor de alguno de estos. Sin embargo, tanto en Mezquite como en Huizache, los valores más bajos se encontraron en el tratamiento de 6) 100 % CP (Figura 5).

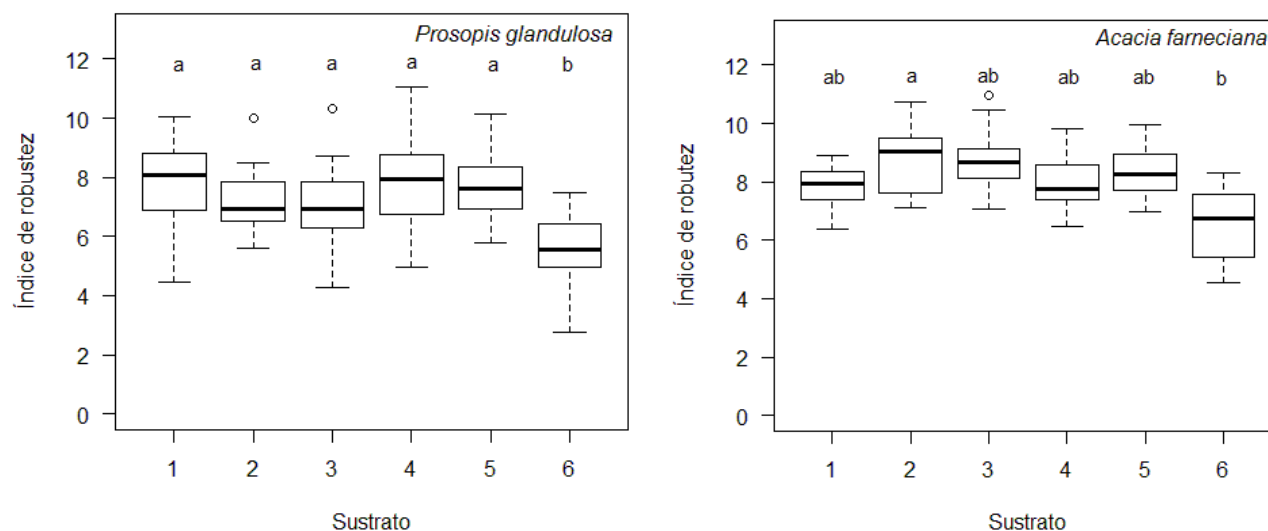


Figura 5. Índice de robustez en planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*. cultivados en diferentes mezclas de sustrato, en vivero. Donde 1= 100 MB; 2= 80% MB+ 20% CP; 3= 60% MB + 40% CP; 4= 40% MB + 60% CP; 5= 20% MB + 80% CP; 6= 100% CP.

La adición de corteza compostada de pino a la mezcla base convencional, produjo los mejores valores de crecimiento, debido al aumento en la porosidad del sustrato, lo que propicia una adecuada aireación de la raíz y su intercambio de oxígeno con el medio, lo que hace eficientes sus procesos fisiológicos (Landis *et al.*, 1990) Los resultados de este trabajo, coinciden parcialmente con los encontrados por Prieto *et al.* (2013) quienes encontraron mejores atributos de calidad de planta cuando aplicaron hasta 50% de corteza de pino en la mezclas de sustrato al producir *Prosopis laevigata* en vivero. Por otro lado Hernández *et al.* (2015) produjeron mejor calidad de planta en *Pinus montezumae* cuando estuvo combinada con aserrín de pino como mezcla de sustrato.

En general, el uso de este sustrato es recomendable para producir planta de mezquite, debido a que se obtiene planta con propiedades fisicoquímicas semejantes a las de la mezcla tradicional, además, se reducen significativamente los costos de producción (Sánchez *et al.*, 2008). Por otro lado, cuando se usa bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad se promueve la actividad microbiana, lo que libera iones de nitrógeno, lo que en la práctica representa un beneficio pues con ello se reduce el uso de fertilizantes químicos (López y Estañol, 2005).

CONCLUSIONES

La adición de hasta un 80% de corteza de pino favoreció el crecimiento de plantas de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en vivero debido a la mejora de sus propiedades físicas. Sin embargo, estos resultados son preliminares y para su aplicación se sugiere incluir otras variables morfológicas de tal manera que permita encontrar evidencias contundentes en favor de alguno de los tratamientos. Aunque los presentes resultados pueden apoyar la toma de decisiones durante el ciclo de producción de las especies bajo estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR. 2012. Evaluación Externa de los Apoyos de Reforestación 2009. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 140 p.
- Hernández Z., L., A. Aldrete., V. M. Ordaz Ch., J. López U. y M. A. López L. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. *Agrociencia* 48: 627-637
- Landis, T. D., R. W. Tinus., S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1990. Containers and growing media. Vol 2. The container Tree Nursery Manual. Agric. USDA Forest Service. Handbok 674. Washington, DC. USA. 88 p.
- López L. M. A. y E. Estañol B. (2007) Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamericana* 25:9-15.
- Maldonado B., K. R., A. Aldrete, J. López U., H. Vaquera H. y V. M. Cetina A. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezcla de sustrato con hidrogel y riego en vivero. *Agrociencia* 45: 389-398.
- Rodríguez, S., E. N., G. E. Ramírez V., B. Ramírez V., R. Martínez R., M. de C. Cong H., S. M. Medina T. y H. U. Piña R. 2014. Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb.& Bonpl. e Willd.) en México. *Ra Ximhai* 3:173-193.
- Sánchez-Córdova, T., A. Aldrete, V. M. Cetina-Alcalá, y J. López-Upton. 2008. Caracterización de medio de crecimiento compuesto por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques* 14 (2): 41-49.
- SAS Institute (2002) Statistical Analysis System. SAS/STAT Computer Software. Release 9.00. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 5121 p.
- Wightman, E. K. y C. B. Santiago C. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana* 5: 45-51.

MORFOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN TRES PROCEDENCIAS DE *Pinus durangensis* MART, EN VIVERO

¹José Luis García Pérez, ¹Carlos René Lara Macías, ¹Manuel Alarcón Bustamante.
garciap.luis@inifap.gob.mx

¹Sitio Experimental La Campana, Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Carr. Chihuahua a Ojinaga Km 33.3, Cd. Aldama, Chih. C.P. 32910.

INTRODUCCIÓN

Los patrones de variación genética son la clave para la movilidad de la semilla, debido a que el control de la distribución de esta puede favorecer el éxito de las reforestaciones (Morgensen, 1996). La variabilidad genética y la plasticidad fenotípica son los factores clave para la selección de genotipos necesarios para los futuros programas de reforestación (Dhar *et al.*, 2014). Por tal razón, se debe tener información de patrones de variación dentro y entre fuentes de germoplasma para la identificación de las mejores fuentes de semillas y sus rangos de transferencia. Sin embargo, independientemente de la calidad del germoplasma, durante la selección de las fuentes de semilla se debe considerar la distancia entre el sitio donde está la fuente de semilla (procedencia) y el sitio de plantación, ya que algunos genotipos son de rango de distribución limitado debido a factores físicos, edáficos, climáticos y topográficos, por lo que al moverla fuera de este se propician problemas de adaptabilidad (Prieto y López, 2006). Al respecto, Thompson (2004) sugiere que la distancia entre el origen del germoplasma y el sitio de plantación no debe superar los 160 km y que la diferencia en altitud no puede ser mayor a 365 m y debe tener condiciones ecológicas similares. Sin embargo, en la actualidad los efectos del cambio climático dificultan la adaptación de algunos genotipos a determinados ambientes. Por lo anterior, para simular estos escenarios se han realizado algunos estudios mediante ensayos de diferentes fuentes de semilla, como es el caso de Arend *et al.* (2011) al evaluar cuatro procedencias de *Quercus robur*, *Q. petraea* y *Q. pubescens* encontraron disminución en el crecimiento en altura y diámetro en función de los niveles de sequía, mientras que la simulación de aire cálido estimuló el crecimiento en altura pero redujo el desarrollo de la longitud de la raíz. En México existen diversos estudios en esta temática, como el de Castellanos *et al.* (2013) quienes observaron variaciones en altura entre poblaciones de *Pinus devoniana* a partir de los tres y cinco meses de su cultivo en vivero, el cual fue asociado con un gradiente altitudinal, no así para *P. leyophila*, el cual solo mostró diferencias a los tres meses. En la actualidad, aún se carece de un control eficiente del germoplasma utilizado en la producción de planta, lo que sumado a otras causas como calidad de planta y condiciones

adversas en los sitios de plantación, así como prácticas culturales deficientes, trae en consecuencia, bajos porcentajes de supervivencia (CONAFOR, 2012). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la procedencia de *Pinus durangensis* Mart. en las principales características morfológicas de calidad de planta, utilizando semilla recolectada de tres poblaciones distribuidas en el maciso del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el vivero forestal "El Ciruelo" de la UMAFOR San Juanito, el cual está ubicado en el Ejido San Juanito, municipio de Bocoyna, Chihuahua, en las coordenadas 28° 02' 5.4" N y 107° 36' 8.27" O a una altitud de 2 452 m. El clima de la localidad presenta temperatura media anual de 10° C, mínima media de 0.5° C y máxima media de 19.4° C la precipitación media anuales es de 727.8 mm.

En la producción de planta se utilizaron contenedores de poliestireno tipo Copper Block® de 77 cavidades con capacidad de 170 cm³. El sustrato utilizado consistió en una mezcla de corteza de pino composteada, turba, agrolita y vermiculita. Previo a la siembra la semilla se remojó durante 24 horas en una solución de agua con peróxido de hidrógeno. En la siembra se depositaron dos semillas por cavidad. El manejo de la planta durante la etapa de vivero incluyó rutinas de fertilización mediante aplicaciones de fertilizante soluble en función de las etapas de crecimiento.

La semilla empleada se recolectó en tres poblaciones (procedencias) de *Pinus durangensis* Mart. distribuidas en zonas representativas de la región de bosque templado y que son fuente de recolección de semilla (áreas semilleras) en los programas de producción de planta en el estado de Chihuahua. En el Cuadro 1 se presentan la localización geográfica de los sitios de recolección.

Cuadro 1. Localización geográfica de las tres poblaciones de *Pinus durangensis* Mart.

Procedencia	Municipio	Localización geográfica		
		Latitud	Longitud	Altitud
El Yeposo	Bocoyna	27°51'18"	107°50'40"	2460
El Pinito	Guadalupe y Calvo	26°04'28"	106°59'07"	2622
Agua Zarca	Ocampo	28°13'3.6"	108°20'1.4"	2430

Evaluación morfológica y distribución de biomasa

Después de 11 meses de la siembra, se realizó la evaluación morfológica de las plantas mediante un muestreo destructivo y se midió la altura (cm), el diámetro (a la base del cuello en mm), el volumen de la raíz (cm³) y la biomasa de la parte aérea y radical (g). Las muestras se colocaron en bolsas de papel por separado en una estufa a 70 °C, durante 72 h, hasta obtener peso constante.

Posterior al secado, se determinó la distribución de biomasa en acículas, tallo y raíz de las plantas. Para ello separaron las hojas del tallo y raíz y posteriormente se pesaron por separado en una balanza analítica con precisión de centésimas de gramos.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento (procedencia) en una muestra de cinco plantas por unidad experimental. Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS 9.0 (SAS Institute, 2002). Cuando se encontró significancia estadística entre tratamientos se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Previo a ello se validaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓNAtributos morfológicos

Se encontraron valores estadísticamente similares en la mayoría de las variables morfológicas por efecto de la procedencia de la semilla, con excepción de la variable RPAR. En general, la planta producida con germoplasma de la población “El Yeposo” sobresalió en la mayoría de los atributos morfológicos de calidad de planta, seguida por la población de “El Pinito”. Caso contrario sucedió con la procedencia de “Agua Zarca” (Cuadro 3).

Cuadro 3. Atributos morfológicos de cuatro procedencias de *Pinus durangensis* Mart. cultivados en vivero.

Procedencia	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa (g)			RPAR	IR
			Aérea	Radical	Total		
El Yeposo	15.52	4.44	1.93	1.09	3.02	1.78 b	3.51
El Pinito	15.49	4.48	1.86	0.96	2.81	2.22 a	3.55
Agua Zarca	15.13	4.52	1.67	1.05	2.72	1.69 b	3.38
(P > F)	0.6884	0.7779	0.1269	0.1584	0.2906	0.0002	0.3647

RPAR=Relación parte aérea/ parte radical; IR=índice de robustez; ICD=Índice de calidad de Dickson. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0,05$).

Las respuestas morfológicas obtenidas en el presente trabajo, se atribuyen a la distancia geográfica entre el sitio de recolección y el sitio donde se realizó el ensayo, ya que las plantas que se cultivaron con semilla proveniente de regiones geográficamente muy distantes como “Agua Zarca” y “El Pinito” presentaron variaciones morfológicas poco favorables propiciadas por la distancia latitudinal entre los sitios de origen y el lugar donde se produjo la planta. Sin embargo, no se observó un patrón clinal en función de la latitud. Sáenz-Romero *et al.* (2011) encontraron diferencias en altura de 13 poblaciones de *Pinus patula* asociado a un ligero patrón clinal a los seis meses de edad cultivadas en vivero en dos ambientes contrastantes.

Distribución de biomasa

Se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre la procedencia de la semilla. La mayor producción de biomasa en acículas se produjo en las plantas producidas con semilla proveniente de “El Yeposo”, seguido por la procedencia de “El Pinito”. Por el contrario, esta misma variable fue menor en las poblaciones de “Agua Zarca” (Figura 1).

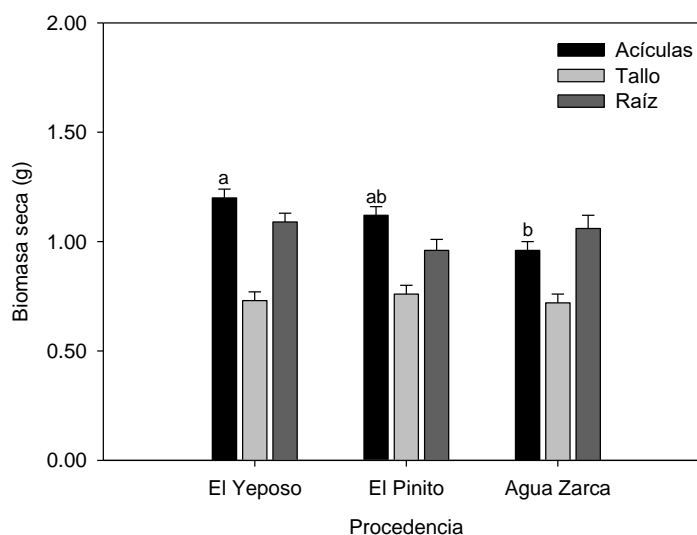


Figura 1. Distribución de biomasa en acículas, tallo y raíz en planta de tres procedencias de *Pinus durangensis* Mart, producido en vivero.

Pese a que no existe un rango altitudinal muy amplio entre las procedencias bajo estudio, las plantas mostraron variaciones en su morfología y en la asignación de biomasa en acículas. Estas respuestas pueden atribuirse a gradientes latitudinales entre los sitios de recolección, así como a la diferencia en las condiciones ecológicas en cada sitio y a la interacción de las características genéticas con el ambiente de producción. No obstante, para precisar más estos efectos se requiere realizar estudios con un mayor número de poblaciones y en sitios diferentes,

además de realizar evaluaciones en diferentes etapas y épocas de crecimiento de las plantas para determinar (Viveros *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

La procedencia de la semilla influyó ligeramente en algunos de los atributos morfológicos de calidad de planta de las procedencias evaluadas. La mejor calidad se obtuvo en plantas cuyo origen genético es cercano al ambiente de producción, así como condiciones ecológicas semejantes. Cuando se utilizó planta de regiones muy distantes en latitud se afectaron las principales características morfológicas. La distribución de biomasa en acículas se modificó en función de la procedencia de la semilla. En la práctica estos resultados pueden apoyar en la toma de decisiones en la recolección de semilla, así como en los procesos de producción de planta para las reforestaciones lo que podría incrementar las posibilidades de éxito.

BIBLIOGRAFÍA

- Arend, M., T. Kuster, M. S. Gunthard-Goerg and M. Dobbertin. 2011. Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. Petraea* and *Q. pubescens*). *Tree Physiology* 31:287-297.
- Castellanos A., D., C. Sáenz R., R. Linding C., N. M. Sánchez V., P. Lobbit y J. C., Montero C. 2013. Variación altitudinal entre especies y procedencias de *Pinus pseudostrobus*, *P. devoniana* y *P. leiophylla*. Ensayo de vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19: 399-411.
- CONAFOR. 2012. Evaluación complementaria del Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (PROCOREF) ejercicio fiscal 2011. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 276 p.
- Dhar, Amallesh, N. Balliet and D.B. Hawkins. 2014. Variability in height growth, survival and nursery carryover effect of *Betula papyrifera* provenances. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29: 132-143.
- Morgenstern, E. K. 1996. Geographic variation in forest tree genetic basis and application of knowledge in silviculture. Vancouver: University of British Columbia Press.
- Prieto, R., J.A. y López U. J. 2006. Colecta de semilla forestal en el género *Pinus*. Folleto Técnico Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CIRNOC. 41 p.
- Ritchie GA, TD Landis, K Dumroese, D L Hasse. 2010. Assessing Plant Quality. *In: The Container Tree Nursery Manual*. Vol. 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting. T. D. Landis, R. K. Dumroese, and D. L. Haase (eds.). Agric. Handbook. 674. USDA. Forest Service. Washington, DC. USA. pp:2-15.
- Sáenz-Romero C, L. F. Ruiz T., J. Bealieu, N. M. Sánchez V. y G. E. Rehfeldt. 2011. Variación genética entre poblaciones de *Pinus patula* en un gradiente altitudinal. Ensayo de vivero en dos ambientes. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:19-25.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute (2002) SAS/STAT Computer Software. Release 9.00. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 5121 p.
- Thompson, C. M. 2004. Zonificación de semillas en México. *In: Manejo de Recursos Genéticos Forestales*. J.J. Vargas H., B. Bermejo V. y T. Ledig (Eds.). 2da ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco. pp: 58-71.
- Viveros-viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández y J. López-Upton. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios de Michoacán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:121-126.

CRECIMIENTO DE MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*) Y HUIZACHE (*Acacia farnesiana*) EN DIFERENTES TIPOS DE CONTENEDOR, EN VIVERO

¹García-Pérez José Luis*, ²Plácida Lorena González Trevizo, ¹Gabriel Sosa Pérez,
³Homero Sarmiento López, ³Sergio Rosales Mata.
garciap.luis@inifap.gob.mx

¹Sitio Experimental La Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Carr. Chihuahua a Ojinaga Km 33.3, Cd. Aldama, Chih. C.P. 32910. ²Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, Cd. Delicias, Chihuahua, C.P. 33000. ³ Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP), Carretera, Durango-El Mezquital Km 4.5. Durango, Dgo. C.P. 34170.

INTRODUCCIÓN

En México, para revertir la presión sobre los recursos naturales y la degradación forestal las políticas ambientales se centran en la restauración de ecosistemas forestales mediante la reforestación con especies nativas (Wightman y Santiago, 2003; Rodríguez, 2008). Ante este escenario, las zonas áridas no son ajenas a estos efectos adversos, por lo que es importante contribuir a reducir su deterioro. No obstante, la supervivencia de las reforestaciones es aún menor al 50% al año de plantado, lo cual se atribuye a causas como la sequía, fauna, incendios y a la calidad de planta producida en los viveros (CONAFOR, 2012). Para superar las condiciones adversas de los sitios de plantación, es necesario utilizar prácticas culturales adecuadas desde el proceso de producción de planta en vivero. Un aspecto importante durante el proceso de producción de planta es la elección apropiada del tipo de contenedor ya que las características de estos son determinantes en el desarrollo de la planta en vivero y en su desempeño en campo (Domínguez-Lerena, 2006). Hasta hace algunos años en México para la producción de planta en sistema tradicional se utilizaban bolsas de polietileno como envase, sin embargo, esta presentaba ciertas desventajas tanto en la operatividad de los viveros como en la calidad de la planta producida. Por esta razón, surgió la necesidad de tecnificar los viveros, infraestructura e insumos para la producción de planta, por lo que se ha generalizado el uso de contenedores rígidos contruidos de diversos materiales, capaces de satisfacer los requerimientos de cualquier cultivo (Prieto *et al.*, 2006). Aunque existen experiencias documentadas sobre el uso de contenedores en la producción de planta, estas están enfocadas en especies de zonas templadas. No obstante, dada la demanda de producción de planta de zonas áridas y la mejora en sus procesos, se hace preciso documentar la influencia del tipo de contenedor en especies de clima semiárido. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del tipo de contenedor sobre el crecimiento inicial de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el vivero forestal del Sitio Experimental La Campana del Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado entre las coordenadas 28° 51' 4.29" N y 105°52' 0.38" O a una altitud de 1252 m. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano [BS1kw (w) (e)], la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 250 y 300 mm, y se tiene un régimen de lluvias en verano, precipitación invernal menor a 5% del registro anual y un verano cálido.

Condiciones de producción y siembra

Para ambas especies, la producción se realizó en un vivero cubierto por malla sombra al 65 %. Previo a la siembra, se realizó la preparación de la semilla mediante remojo en agua a 96 °C durante 60 segundos. Posteriormente, se realizó la desinfección de semilla con fungicida Tecto 60[®], se utilizaron dos semillas por cavidad para asegurar la germinación. El sustrato fue 60% corteza de pino y 40% mezcla base. Durante el experimento se monitorearon las variables ambientales de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz mediante la instalación de un dispositivo datalogger HOBOU12 (Onset, Co.) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Condiciones de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz en el vivero del Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Intensidad de luz (lux)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05	25, 121.45	5.60	4, 543.83

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cuatro tipos de envase con diferencias en dimensiones, características y material de fabricación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de los envases utilizados en la producción de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en vivero.

Tratamiento	Material	Color	Vol. (cm ³)	Cav.	Densidad (n/m ²)
1	Poliestireno	blanco	170	77	366
2	Polietileno	negro	310	25	229
3	Polietileno	negro	170	98	510
4	Polietileno	negro	170	54	216

Después de tres semanas de realizada la siembra se tomaron mediciones cada dos semanas del diámetro del cuello (mm) y de la altura (cm). Con estas mediciones se calculó la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) en altura (cm mes) y diámetro (mm mes). Con estas variables se realizaron análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS 9.0. (SAS, Institute). Cuando hubo significancia ($p \leq 0.05$) se aplicaron pruebas de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables para *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*, con excepción de la tasa absoluta de crecimiento en diámetro y el diámetro en *Prosopis glandulosa* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Significancia estadística para las variables de crecimiento en *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* producida en distintos tipos de contenedor.

Especie	Altura	Diámetro	TACA	TACD	IR
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.0001*	0.1146	0.0055	0.2760	0.0003
<i>Acacia farnesiana</i>	0.0019	0.0198	0.0015*	0.2145	0.0002

* $P \leq 0.05$; TACA= Tasa Absoluta de Crecimiento en Altura; TACD=Tasa Absoluta de Crecimiento en Diámetro; IR=Índice de robustez.

Para el caso del mezquite, la altura fue estadísticamente ($p=0.0001$) mayor en los contenedores 2, 3 y 4 en comparación con el contenedor 1. El crecimiento en altura de huizache fue mayor en los contenedores 2 ($p=0.0019$). Esta respuesta se atribuyó al material y color de construcción de los envases ,2,3 y 4 debido a que mantienen una temperatura favorable en el sustrato para el desarrollo de las planta (Figura 1).

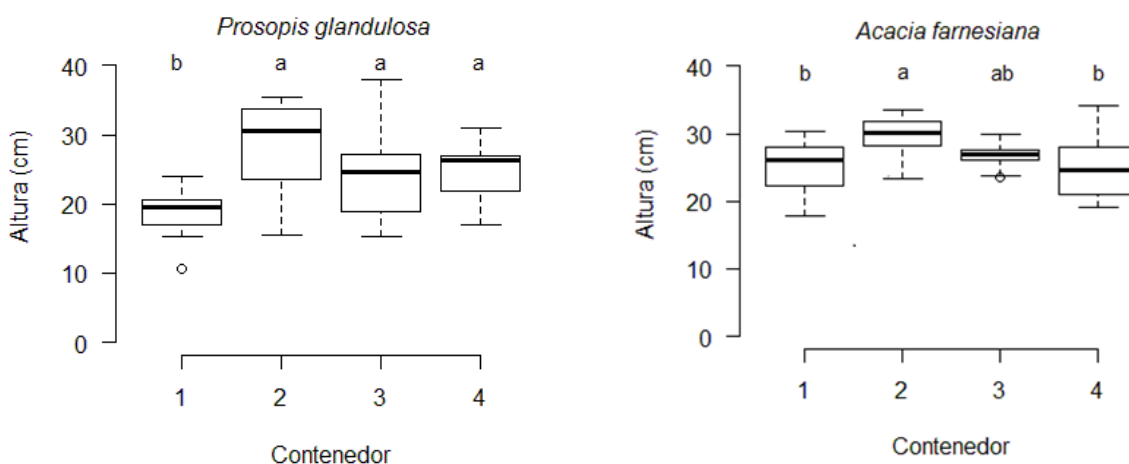


Figura 1. Crecimiento en altura de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en cuatro tipos de contenedor. Donde: 1= poliestireno (77 cavidades); 2= polietileno (25 cavidades); 3= polietileno (98 cavidades); 4= polietileno (54 cavidades)

El tipo de contenedor no influyó en el crecimiento en diámetro de las plantas de mezquite ($p \geq 0.05$). Sin embargo, en huizache tuvo efecto significativo encontrándose los valores más altos en diámetro en los contenedores con menor densidad de plantas por m^2 (Figura 2).

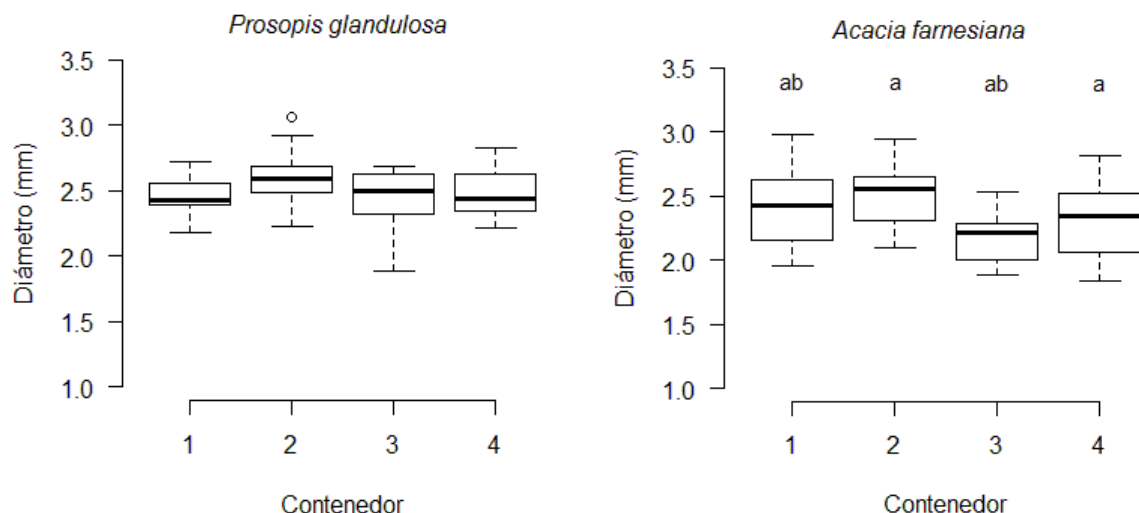


Figura 2. Crecimiento en altura de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en cuatro tipos de contenedor. Donde: 1= poliestireno (77 cavidades); 2= polietileno (25 cavidades); 3= polietileno (98 cavidades); 4= polietileno (54 cavidades)

En el caso de la tasa de crecimiento absoluto en altura fue mayor en la planta que se cultivó en el contenedor de 25 cavidades (2). Esto se atribuyó a que este tipo de contenedor posee un mayor volumen, lo que aporta a la raíz un mayor espacio para su desarrollo (Figura 3).

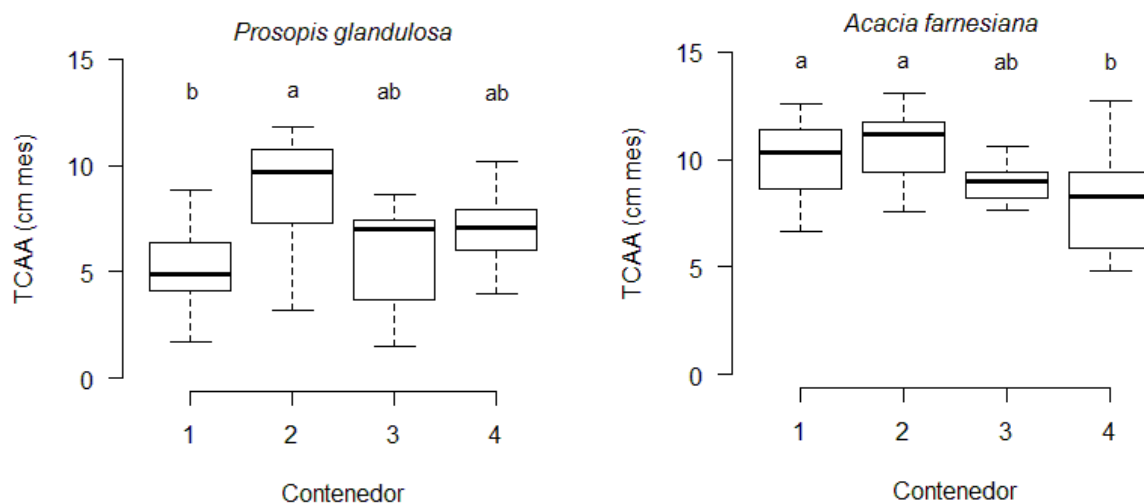


Figura 3. Tasa de crecimiento absoluto en altura de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en cuatro tipos de contenedor. Donde: 1=poliestireno (77 cavidades); 2= polietileno (25 cavidades); 3= polietileno (98 cavidades); 4= polietileno (54 cavidades).

Contrario a lo esperado, la respuesta de las plantas al tipo de contenedor no tuvo efecto significativo ($p \geq 0.05$) obteniendo valores estadísticamente similares en la variable tasa de crecimiento absoluta en diámetro (TCAD) en ambas especies (Figura 4).

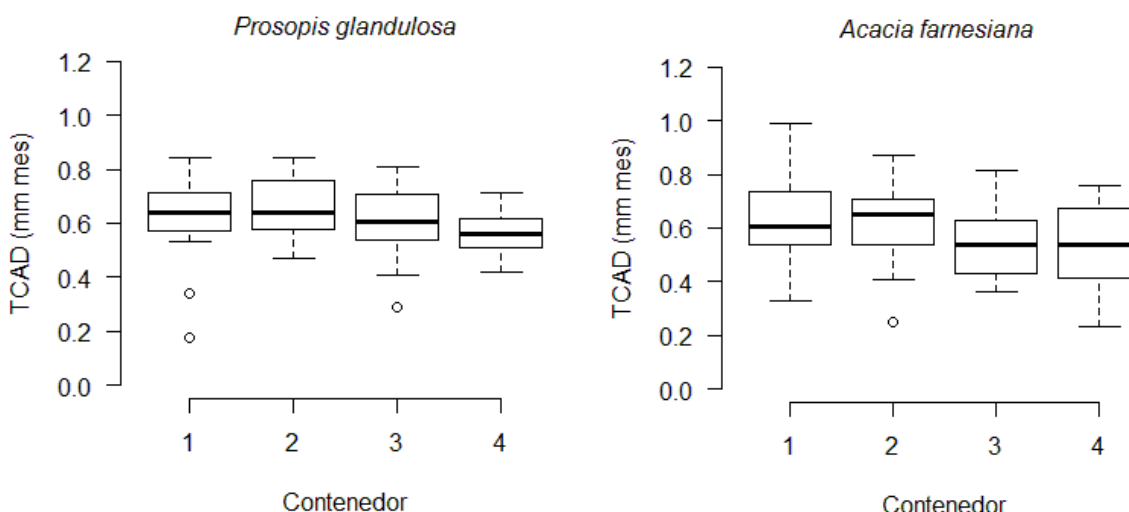


Figura 4. Tasa de crecimiento absoluta en diámetro de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en cuatro tipos de contenedor. Donde: 1= poliestireno (77 cavidades); 2= polietileno (25 cavidades); 3= polietileno (98 cavidades); 4= polietileno (54 cavidades)

Finalmente, el índice de robustez presentó diferencias significativas para ambas especies ($p \leq 0.05$). En el caso de *Prosopis glandulosa* los valores mayores se registraron en los envases 2,3 y 4, los cuales son construidos de polietileno, mientras que los valores más bajos en ambas especies se presentaron en el contenedores 1 fabricado a base de poliestireno (Figura 5).

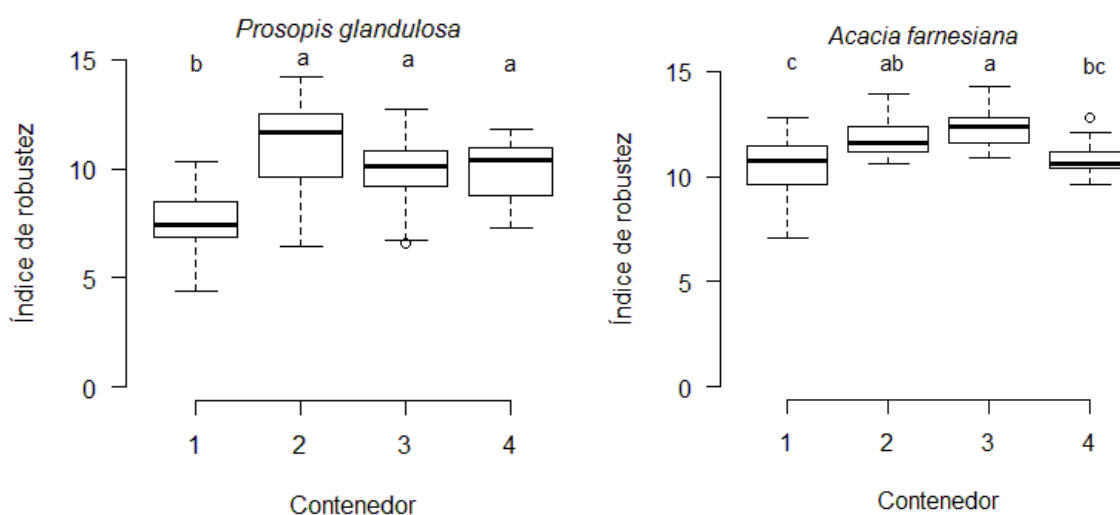


Figura 5. Índice de robustez de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en cuatro tipos de contenedor. Donde: 1= poliestireno (77 cavidades); 2= polietileno (25 cavidades); 3= polietileno (98 cavidades); 4= polietileno (54 cavidades).

Las respuestas encontradas en este trabajo obedecieron a diversos rasgos inherentes de los tipos de contenedor, material de fabricación, dimensiones, volumen y densidad del cultivo. En otros estudios se ha encontrado que el volumen y el diseño del contenedor son determinantes en el tamaño de la planta en vivero, particularmente en el desarrollo radical y el desempeño en campo (Jacobs *et al.*, 2005; Prieto *et al.*, 2006; Grossnickle, 2012). En el caso de este estudio, el diámetro fue más sensible a la densidad del cultivo, encontrándose una relación inversa. Sin embargo, al analizar el efecto con las variables de incremento en altura y diámetro no se encontró una tendencia bien definida. Finalmente, para ambas especies se encontraron los valores más altos en los contenedores de mayor volumen. No obstante, en la práctica los valores altos de esta variable reflejan plantas altas y delgadas, lo que las hace susceptibles a daños por fauna, viento y frío durante los primeros meses después de la plantación (Domínguez-Lerena *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Las características de los contenedores influyeron el crecimiento de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en vivero. Sin embargo, estos resultados son parciales y para determinar la elección apropiada del tipo de envase se deben incrementar el número de variables morfológicas. Por tal razón, para lograr una elección objetiva del tipo de contenedor se debe tener en cuenta el objetivo de la plantación y las condiciones del sitio de plantación. Asimismo, se debe tener en consideración los costos de producción ya que la elección del contenedor puede influir de manera significativa en la adquisición de otros insumos.

BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR. 2012. Evaluación Externa de los Apoyos de Reforestación 2009. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 140 p.
- Grossnickle, S. C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711-738
- Jacobs, D.E., K. E. Salifu and J.R. Seiferr. 2005. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. *New Forests* 30: 235-251.
- Prieto R., J. A., M. Soto G., y J.C. Hernández D. 2006. Efecto del tamaño de envase en el crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero. *Revista Ciencia Forestal* 32=23-38.
- Rodríguez T., D. A. y M. I. Duryea. 2003. Indicadores de calidad de planta forestal en *Pinus palustris* Mill. *Agrociencia* 7: 299-307.
- SAS Institute (2002) Statistical Analysis System. SAS/STAT Computer Software. Release 9.00. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 5121 p.
- Wightman, E. K. y C. B. Santiago C. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana* 5: 45-51.
- Domínguez-Lerena S., N. Herrero S., I. Carrasco M., L. Ocaña B., J. L. Peñuelas R. and J.D. Mexal. 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management* 221: 63-71.

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA EL CONTROL INICIAL DE INCENDIOS EN EL SURESTE DE COAHUILA

Diana Yemilet Avila Flores¹, David Castillo Quiroz¹, J. Trinidad Sáenz Reyes², Jesús Hipólito Muñoz Flores²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas Km. 8.5.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Uruapan. Avenida Latinoamericana #1101. Col Revolución. Uruapan, Michoacán.
avila.diana@inifap.gob.mx.

INTRODUCCIÓN

Cada año, en todo el mundo, durante las temporadas de sequía, aumenta el riesgo de incendios debido a diversos factores. Los estudios recientes muestran que la ocurrencia y severidad de los incendios forestales va en aumento en respuesta a la variabilidad del tiempo atmosférico asociada al cambio climático (Groot *et al.*, 2012), lo que originará incendios de grandes magnitudes. Dada la gran variedad de los factores involucrados en la ocurrencia de incendios forestales, ha sido necesario maximizar los esfuerzos en la búsqueda de herramientas y soluciones eficientes para la protección de la biodiversidad. Uno de los factores más importantes en la planeación del manejo de incendios, es conocer la demanda esperada de recursos para un ataque inicial exitoso, así como su despliegue. El ataque de los incendios no sólo presenta problemas de tipo operativo, de inversión y despliegue de recursos, sino que también presenta problemas de falta de información para conocer su incidencia, por ello es necesario una planificación integral para el control de éstos y designar aquellos recursos disponibles que deberán utilizarse para evitar incurrir en daños y costos sustanciales (Martell, 2007). Así, el objetivo del presente trabajo fue aplicar un modelo de optimización para la asignación de recursos para el ataque inicial de incendios forestales. Se empleó un modelo de optimización bajo el enfoque de escenarios, para el despliegue de recursos humanos (brigadistas) así como el tiempo de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue la región sureste del estado de Coahuila que comprende los municipios de Arteaga, Parras de la Fuente, General Cepeda, Ramos Arizpe y Saltillo (Figura 1). De acuerdo con el Programa Estatal 2016, para la Prevención de Incendios, esta región representa una de las regiones con mayor riesgo para incendios forestales, principalmente por las altas cargas de combustible y problemas de sanidad.



Figura 1. Área de estudio. Región sureste del estado de Coahuila.

A partir de registros históricos de ocurrencia de incendios, se creó una base de datos para el área; considerando 10 años (2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2013, 2014, 2015 y 2016). A partir de las coordenadas (latitud y longitud) de cada incendio del registro histórico, se estimó la probabilidad de ocurrencia de un posible incendio mediante una función logística. El cálculo de la probabilidad se hizo mediante una aplicación tipo SIG, a través de la plataforma MATLAB. La probabilidad calculada se evaluó con otra probabilidad aleatoria y uniforme (de comparación): para los casos donde la probabilidad candidata fue mayor que la de comparación se consideró como una ubicación potencial de incendio y, en caso contrario se ignoró. Al conjunto de eventos exitosos se le denominó escenario. Se generaron un total de 50 escenarios. Con ellos se procedió a definir una matriz de intensidad de incendios (baja, media y alta) para ponderar el conjunto de escenarios. Posteriormente se asignaron los recursos (brigadistas) disponibles del estado en función a la tabla de escenarios ponderada con las intensidades siguiendo el principio de alcance de control. Dicho principio forma parte de las características del Sistema de Mando de Incidentes, el cual es un sistema de manejo estandarizado que permite una respuesta coordinada entre instituciones para atender incidentes de todo tipo (CONAFOR; 2016) y el cual es aplicado actualmente en el país por las instituciones encargadas del manejo del fuego. Se refiere al número de personas o recursos que un supervisor puede manejar de manera efectiva durante un incidente (incendio); de tal forma que considera un número de personas mínimo de tres y máximo de siete, siendo el óptimo de cinco. Atendiendo lo anterior, la asignación de recursos acorde a las intensidades quedó definida como se muestra en la

Tabla 1. Se emplearon los datos de las brigadas oficiales de CONAFOR, para el despliegue de los recursos, considerando los municipios de la región sureste y se incluyeron también Cuatro Ciénegas y San Pedro.

Tabla 1. Número de recursos asignados acorde con la intensidad del incendio.

Recursos (Brigadistas)	Intensidad de Incendio
3	Baja
5	Media
7	Alta

El modelo que se ha empleado en este trabajo es el desarrollado por Haight y Fried (2007), modelo de optimización que emplea escenarios, en un planteamiento de ubicación de máxima cobertura para el despliegue de servicios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican la cantidad de recursos humanos que se necesitarían para el control inicial de un incendio por zona potencial, basada en la probabilidad de ocurrencia, misma que tiene asignada previamente una categoría de intensidad de incendio. Se generaron un total de 498 zonas potenciales (Figura 2) para cada una, se estimó el número óptimo de recursos humanos necesarios, para 50 escenarios de ocurrencia de incendio. Asimismo, se calculó el tiempo de respuesta de la ubicación de cada brigada oficial hacia cada zona potencial. En la Tablas 2 y 3, se muestra un ejemplo del número de recursos humanos y del tiempo calculado. Los municipios indicados son los que cuentan con brigada oficial en el estado. De acuerdo a los datos empleados, el municipio que tiene la mayor cantidad de eventos probables de ocurrencia Parras, seguido de Saltillo y General Cepeda con las siguientes cantidades de eventos probables: 581 ,135 y 102 respectivamente.

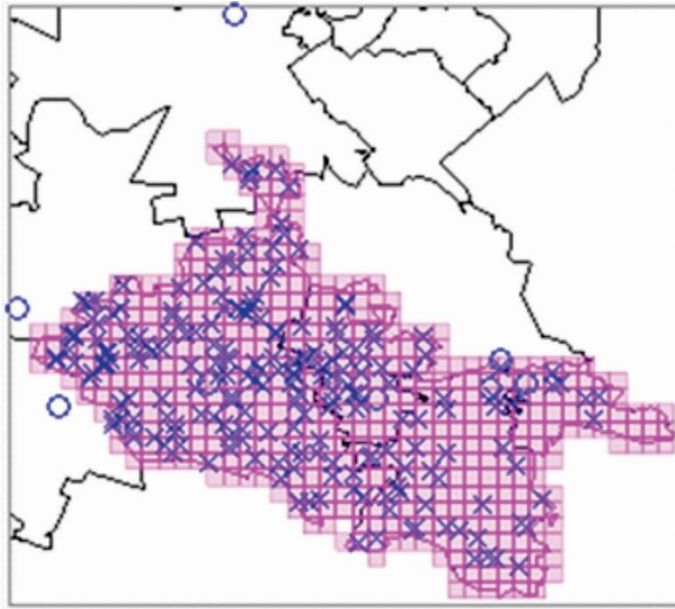


Figura 2. Zonas potenciales de ocurrencia de incendio en la región sureste del estado de Coahuila

Tabla 2. Distribución de recursos humanos a cada zona potencial.

Zona potencial	Escenario							
	s3	s11	s25	s26	s21	s29	s38	s41
k4	0	0	0	5	0	0	0	0
k11	0	0	0	0	3	0	0	0
k17	0	3	0	0	0	7	0	0
k18	0	0	0	0	0	0	0	7
k20	3	0	0	0	0	0	0	0
k25	0	0	0	0	0	5	3	0
k27	0	0	5	0	0	0	0	0
k40	10	0	0	0	0	0	0	0

K=zona potencia. s= escenario.

Tabla 3. Zonas potenciales (k) y tiempos (minutos) estimados de recorrido de cada campamento a cada zona potencial.

Campamento	Zona Potencial					
	k1	k2	k3	k4	k5	k6
Cuatro Ciéneqas	202.5	198.3	194.2	199.1	194.9	190.7
San Pedro	210.2	208.9	207.8	205.3	204	202.8
Parras de la Fuente	146.1	145.3	144.8	141	140.3	139.7
Ramos Arizpe	59.9	57.3	55.1	55.5	52.7	50.4
Gral. Cepeda	92.9	92.1	91.6	87.9	87.1	86.6
Arteaga	49.3	47	45.4	44.7	42.3	40.5
Saltillo	58.8	57.2	56	54	52.2	51

CONCLUSIONES

La metodología prueba que es funcional, para la asignación de recursos (brigadistas) y es totalmente replicable, contando con los insumos necesarios (base histórica de ocurrencia de incendios forestales y la cartografía del área de interés). Asimismo, se pudo observar que funciona mejor en áreas de estudio pequeñas, en este caso para regiones dentro de una misma área geográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR. 2016. Programa Estatal 2016 para Prevención de Incendios Forestales. Documento Técnico. 22 p.
- Haight, R. G. and Fried, J. S. 2007. Deploying wildland fire suppression resources with a scenario based standard response model. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 45(1):31-39.
- Groot, W. J., Flannigan, M. D., y Stocks, B. J. 2012. El Cambio Climático y los Incendios Forestales. Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales. Ciudad de Mexico. México. 436 pp.
- Martell, D. L. 2007. Forest Fire Management: Current Practices and New Challenges for Operational Researchers. *In: A. Weintraub, C. Romero, T. Brojndal and R. Epstein (eds.): Handbook of Operations Research in Natural Resources, Chapter 99 of International Series in Operations Research and Management Science*, capítulo 26, pp. 485-509. Springer, New York, USA.

APROVECHAMIENTO DE LEÑA POR TIPO DE VEGETACIÓN A NIVEL MUNICIPAL EN DURANGO, MEXICO

Amir Briceño Contreras¹ y Luis M. Valenzuela Núñez¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Avenida Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia. Apartado postal 146, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35000.
E-mail: edwinamir320@hotmail.com, luisvn70@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

Los desafíos globales de la desertificación, la destrucción de los recursos naturales, los cambios climáticos y la pérdida de la biodiversidad, están cada día más presentes en la búsqueda de un desarrollo sustentable para el futuro. El manejo sustentable de los recursos naturales no sólo es una demanda articulada a la calidad de vida de los ciudadanos, es una necesidad y una posibilidad para el desarrollo de las propias comunidades rurales (Luján, 1998).

La falta de vinculación del hombre con el recurso forestal está presente en el fondo de toda la problemática forestal; mientras éste siga viendo el recurso como estorbo, más que como fuente de empleo, ingreso y bienestar, difícilmente se logrará el desarrollo forestal sustentable (Luján, 1998).

En México, los ejidos y comunidades forestales representan un importante componente en la cadena productiva en el sector forestal y a la vez constituyen un sistema sociocultural y ecológico clave para la realización de un desarrollo de base con una visión de sustentabilidad. Actualmente, entre 7,831 y 9,047 ejidos y comunidades son dueños de casi 80% de la superficie forestal de México; por lo que dos condiciones sociales caracterizan la situación de los bosques de México: la pobreza en que viven la gran mayoría de sus habitantes, y el carácter social de su tenencia. En la actualidad, sólo el 25% de las comunidades y ejidos con bosques en aprovechamiento llevan a cabo directamente aprovechamientos forestales, con una contribución a la producción industrial maderera nacional de solo el 17%. Las comunidades que integran el 75% restante explotan sus bosques en condiciones de rentismo. Lo anterior justifica que el papel del sector social es imprescindible para lograr en el futuro un desarrollo forestal sustentable. La experiencia actual aún en pocos ejidos y comunidades forestales exitosas subraya esa conclusión ya que manejan sus bosques para el beneficio local. Sin embargo, en general a pesar de que la tenencia del bosque es comunal, las comunidades y ejidos han sido enajenados de su recurso y no han logrado obtener los beneficios esperados con un enfoque de desarrollo sustentable. Por lo tanto, el desarrollo de la forestería comunitaria en México debe

de avanzar en el futuro sobre una base sólida en donde los ejidos y comunidades forestales estén involucrados directamente en el proceso de toma de decisiones desde el diseño, implementación y evaluación de planes, programas y proyectos de desarrollo forestal con un enfoque holístico (filosófica, socioeconómica, política, cultural y ambiental), ya que son ellos quienes viven con las consecuencias inmediatas de cualquier acción o decisión tomada en su ejido o comunidad (Luján, 1998).

El estado de Durango tiene una superficie forestal de 9'128,901 hectáreas, en la que se tienen 4'989,401 hectáreas de bosque, 495,020 hectáreas de selvas, se cuenta con 2'671,571 hectáreas de zonas áridas, 100,815 hectáreas de vegetación halófila y 872,094 hectáreas perturbadas (SRNyMA-CONAFOR, 2007 citado por Prieto y Hernández, 2007).

En Durango se reconocen 14 tipos de vegetación; doce de ellos están distribuidos por ecorregiones y dos son de tipo azonal "vegetación halófila y gipsófila, y vegetación acuática y subacuática" (Rzedowski, 1978 citado por González *et al.*, 2007):

- Vegetación xerófila

REGIÓN DE LOS VALLES

- Pastizal
- Matorral (de clima semiseco templado)

REGIÓN DE LA SIERRA. Subregión piedemonte y sierras al oriente

- Chaparral
- Bosque bajo abierto

REGIÓN DE LA SIERRA. Subregión Sierra Madre Occidental

- Bosque de Coníferas
- Bosque mixto (pino – encino)
- Bosque encino
- Bosque mesófilo de montaña

REGIÓN DE LAS QUEBRADAS

- Bosque tropical subcaducifolio
- Bosque tropical caducifolio
- Bosque espinoso

OTRA DISTRIBUCIÓN

- Vegetación halófila y gipsófila
- Vegetación acuática y subacuática

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue calcular la superficie por tipo de vegetación para el aprovechamiento de leña en comunidades rurales del estado de Durango a nivel Municipal.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de estudio se realizó en el estado de Durango, localizado en la región centro-noroccidental de México; con una superficie de 123,181 km² en la coordenadas 26° 48' y 22° 19' LN y 102° 28' y 107° 11' LW. El estado de Durango cuenta con el 6.3% de la superficie total del país y está conformado por 39 municipios y 5,784 localidades. Los estados limítrofes son al Norte con Chihuahua, al Oriente con Coahuila y Zacatecas, al Poniente con Sinaloa y al Sur con Nayarit (González et al., 2007, INEGI, 2010) (Figura 1).

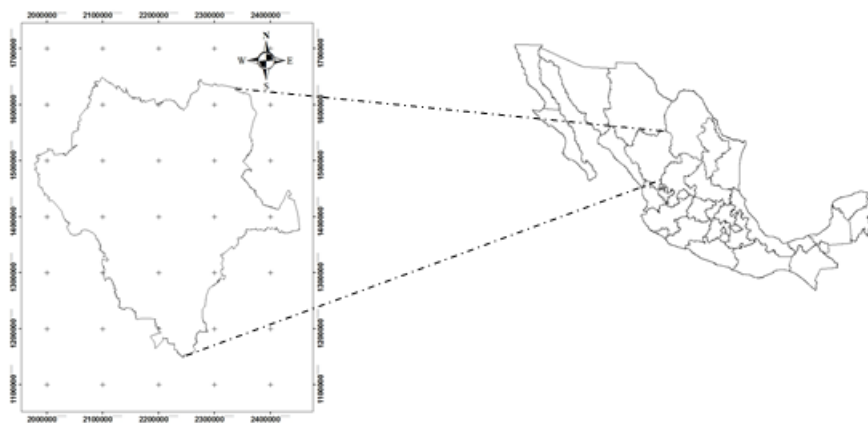


Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Durango.

Para la obtención de la superficie por tipo de vegetación se tomó como base la cartografía de vegetación del estado de Durango de la CONAFOR 2010, el mapa de municipios - localidades rurales del estado de Durango INEGI 2010 y el programa ArcGIS 9.3. Se realizó un álgebra de mapas cartográficos de la CONAFOR 2010 y Municipios-Localidades rurales INEGI 2010, con el fin de calcular la superficie de la vegetación leñosa dentro de un área de un diámetro de 5 kilómetros de las localidades rurales con poblaciones de < 100 habitantes y > 2500 habitantes y con más de 20 viviendas que consumen leña (Jong et al., 2010) y para obtener la superficie por tipo de vegetación en hectáreas en la cual se realiza el aprovechamiento de la leña. Posteriormente, para el cálculo de la superficie de vegetación leñosa en el estado de Durango a nivel municipal, se utilizó la cartografía de vegetación de Durango (CONAFOR 2010), con ayuda del programa ArcGIS 9.3 usando las herramientas de Clips, Buffers y Dissolve para cada municipio en hectáreas. La función de las herramientas espaciales del ArcGIS (Clips, Buffers,

Dissolve), tuvieron un gran valor para la obtención de la superficie de vegetación; ya que la herramienta Clip permitió trabajar con la superficie por municipio y por UMAFOR así como en las delimitaciones de 5 kilómetros lineales de diámetro para las comunidades. La herramienta Buffer permitió determinar el área de aprovechamiento de la vegetación leñosa en las comunidades rurales considerando un radio de 2.5 kilómetros, finalmente la herramienta Dissolve ayudó a simplificar los datos obtenidos de superficie de vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados muestran 25 tipos de vegetación leñosa en los 39 municipios que se utiliza por los pobladores de las localidades rurales para consumo de leña. Los tipos de vegetación corresponden a Nopalera, Bosque de Tascate, Bosque de Oyamel, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino, Bosque de Encino-Pino, Bosque de Encino-Pino con Vegetación Secundaria, Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia con Erosión, Selva Baja Caducifolia con Vegetación Secundaria, Selva Mediana Subcaducifolia, Chaparral, Chaparral con Vegetación Secundaria, Matorral Subinermes, Matorral Subinermes con Erosión, Matorral Subtropical, Matorral Submontano, Matorral Crasicaule, Matorral Espinoso, Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Desértico Rosetófilo, Matorral Desértico Rosetófilo con Erosión, Mezquital y Mezquital con Vegetación Secundaria, según la clasificación de CONAFOR (2010) (Cuadro 1).

La superficie total de vegetación aprovechada en las 1,023 localidades rurales es de 858,349.09 hectáreas en el estado de Durango.

Los municipios de Mezquital (97,143.35 ha de vegetación leñosa), Tamazula (93,508.68) y Pueblo Nuevo (83,493.36) fueron los que presentaron mayor superficie de vegetación aprovechada para leña en Durango, seguido por Lerdo (23,796.77), Rodeo (23,254.78) y San Juan de Guadalupe (20,789.71) y finalmente, Tlahualilo (877.07), Vicente Guerrero (761.65) y Guadalupe Victoria (535.02), presentaron la menor superficie de vegetación leñosa aprovechada para leña; como se muestra en la Figura 3.

Cuadro 1. Superficie de vegetación leñosa aprovechada para la leña por municipio en Durango (Ha)

Municipios	N	C	CVS	BP	BPE	BE	BEP	BT	BO	BEPVS	SBC	SBCVS	SBOE	SMSbc	MC	ME	MSE	MS	MSh	MSom	MDR	MDM	MDRE	MzVS	Mz	Superficie
Canatlán	913.06				2,241.68	2,581.47	8,885.26								854.10										15,475.57	
Candás					7,117.06	3,248.27					3,916.86				3,926.67											13,682.19
Coneto de Comonfort	1,378.73				917.00	4,497.52																6,451.38				24,164.11
Cuernavaca	4,921.05			6.49														8.66	12,776.53					2,867.86	2,107.44	54,024.47
Durango	4,246.61	687.95	877.04	5,167.05	28,705.91	4,666.25	3,014.61			709.72					974.92			12,693.74				1,565.98				16,027.38
El Oro						3,279.40	54.23											3,041.58				4,875.89				4,607.56
Gómez Palacio																485.63		18,810.55								26,496.53
General Simón Bolívar	1,736.70																									535.02
Guadalupe Victoria	535.02																									30,221.01
Guaracavi			307.76	3,224.29	13,696.04	9,542.61	3,450.30									1,306.20		894.63	3,593.45							6,502.14
Hidalgo						686.40	21.46												18,698.14							19,317.15
Indé						586.51	32.50																			23,796.77
Lerdo																										17,593.57
Magami																						871.61	267.83	105.04		97,143.35
Mezquital					45,875.38	1,689.25	18,563.80			120.82	18,678.96	1,837.89							10,357.25							12,962.80
Nazas																			1,314.86	4,978.03		542.38	6,127.53			9,448.98
Nombre de Dios	5,561.43				809.31																					6,739.27
Nuevo Ideal	1,981.64		53.06	562.56	789.85	3,352.16																				3,933.10
Ocampo						3,775.09	158.01																			27,850.93
Óatez	4,686.33		11.31		11,516.73	7,518.08	36.57					8,777.55														13,470.17
Peñón Blanco	1,949.49																									8,295.39
Panas	6,191.20				84.33																					4,707.64
Pánuco de Coronado																										13,470.17
Pueblo Nuevo					10,961.61	48,211.00	11,466.21	3,730.54	204.06																	83,463.36
Rodeo																										23,254.78
San Benito					14.00	218.70	3,077.59	1,353.64	919.31																	5,883.24
San Dimas					4,080.20	39,601.05	4,744.49	11,364.40																		68,973.94
San Juan de Guadalupe											7,203.86	1,979.93														20,789.71
San Juan del Río	5,230.34						2.22																			7,195.62
San LUIS del Cordero																						6,172.69	889.71			20,789.71
San Pedro del Gallo																										3,039.86
Santa Clara	3,425.61																									7,050.56
Santiago Papasquiaro	286.61				86.17	14,471.45	13,391.61	4,256.12																		4,326.87
Suchil	1,841.14					294.88	1,310.50	5,676.01																		41,884.22
Tamazula																										9,321.48
Tepic																										93,506.68
Tepic																										9,635.62
Tehuacan			1.62	3,826.35	1,741.76	2,759.75	1,306.14																			877.07
Tehuacan																										30,947.22
Topia											16,195.99															761.65
Vicente Guerrero	554.48	207.17																								888,349.09
Total																										888,349.09

Nopalera = N, Bosque de Tascate = BT, Bosque de Oyamel = BO, Bosque de Pino = BP, Bosque de Pino-Encino = BPE, Bosque de Encino = BE, Bosque de Encino-Pino = BEP, Bosque de Encino-Pino

con Vegetación Secundaria = BEPVS, Selva Baja Caducifolia = SBC, Selva Baja Caducifolia con Erosión = SBCE, Selva Baja Caducifolia con Vegetación Secundaria = SBCVS, Selva Mediana Subcaducifolia = SMSbc, Chaparral = C, Chaparral con Vegetación Secundaria = CVS, Matorral Subinermes con Erosión = MSE, Matorral Subinermes = MS, Matorral Subtropical = MSbt, Matorral Submontano = MSbm, Matorral Crasicaule = MC, Matorral Espinoso = ME, Matorral Desértico Micrófilo = MDM, Matorral Desértico Rosetófilo = MDR, Matorral Desértico Rosetófilo con Erosión = MDRE, Mezquital = Mz, Mezquital con Vegetación Secundaria = MzVS.

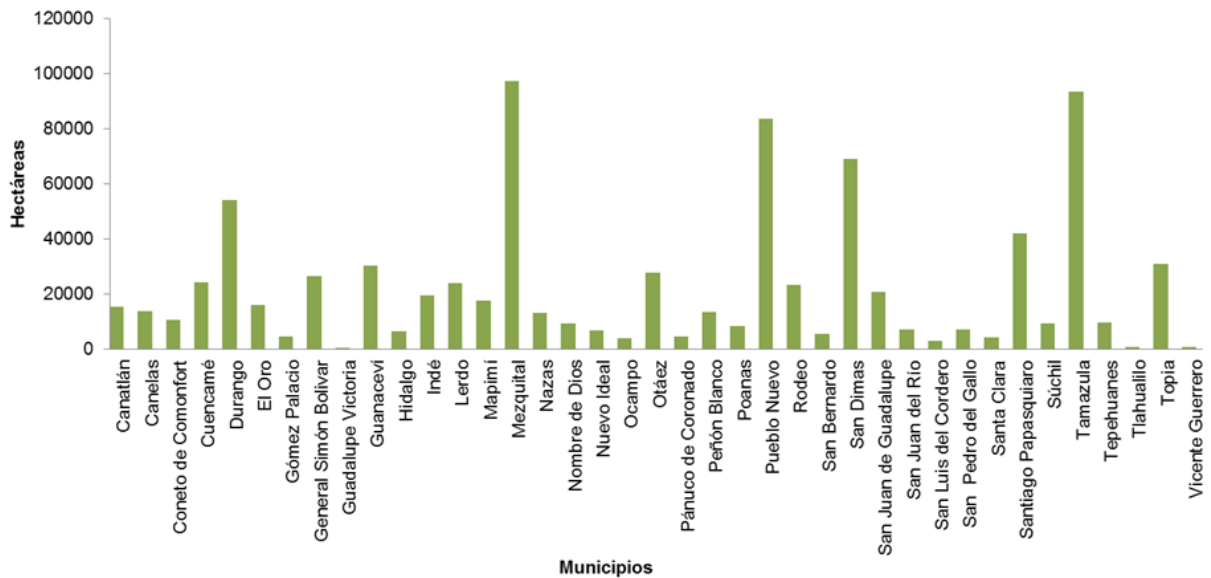


Figura 3. Superficie de vegetación leñosa en hectáreas por municipio en Durango.

En Durango la superficie total de vegetación leñosa es de 858,349.09 ha, y tomando en cuenta que Prieto y Hernández (2007), mencionan que el estado de Durango tiene una superficie forestal de 9'128,901 ha, podemos decir que el 9.4% de esta superficie corresponde a vegetación leñosa aprovechada para leña en el estado de Durango.

Según Rzedowski (1978) citado por González *et al.* (2007) mencionan que Durango cuenta con 14 tipos de vegetación (Vegetación xerófila, Pastizal, Matorral, Chaparral, Bosque bajo abierto, Bosque de Coníferas, Bosque mixto (pino – encino), Bosque encino, Bosque mesófilo de montaña, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical caducifolio, Bosque espinoso, Vegetación halófila – gipsófila y Vegetación acuática – subacuática) y en base a los estudios obtenidos se puede decir que en el estado de Durango existen 25 tipos de vegetación leñosa dominantes que son usados por los pobladores de las localidades rurales para consumo de leña. La vegetación leñosa está conformada por Nopalera, Bosque de Tascate, Bosque de Oyamel, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino, Bosque de Encino-Pino, Bosque de Encino-Pino con Vegetación Secundaria, Selva Baja Caducifolia, Selva Baja

Caducifolia con Erosión, Selva Baja Caducifolia con Vegetación Secundaria, Selva Mediana Subcaducifolia, Chaparral, Chaparral con Vegetación Secundaria, Matorral Subinerme, Matorral Subinerme con Erosión, Matorral Subtropical, Matorral Submontano, Matorral Crasicaule, Matorral Espinoso, Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Desértico Rosetófilo, Matorral Desértico Rosetófilo con Erosión, Mezquital y Mezquital con Vegetación Secundaria.

La diferencia del total de tipo de vegetación de Rzedowski (1978) citado por González et al.(2007) en relación a la vegetación obtenida en este trabajo, se debe principalmente a que en aquellas fechas no se contaba con acceso fácil a la tecnología y con programas de sistemas de información para dar una precisión sobre la vegetación existente en el lugar de estudio. Actualmente, contamos con una tecnología muy avanzada y con programas de sistemas de información más actualizados.

Finalmente, Luján (1998) da a conocer que entre 7,381 y 9,047 ejidos y comunidades rurales son dueños de casi el 80 % de la superficie forestal en México. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, en Durango hay un total de 1,023 localidades rurales dentro de la superficie vegetal leñosa; haciendo una comparación con el estado de Durango a nivel nacional, esto representa el 11.3 %.

CONCLUSIONES

En Durango, aproximadamente el 10% de la superficie cubierta con vegetación natural es utilizada por los pobladores para su aprovechamiento en forma de combustible. Dentro de esta superficie utilizada, existen 25 tipos diferentes de vegetación que son utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- CONAFOR 2010. Mapa cartográfico de vegetación del estado de Durango escala 1:250,000
- González M. S., González M. y Márquez M. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango: Primera edición. Pp. 25 – 27, 38 – 46, 140 – 141.
- INEGI, 2010. Folleto: Déjame que te cuente lo que contamos en Durango.
- Jong, B., Masera O., Etchevers J. 2010. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1993 – 2002: Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Bosques. El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, y El Colegio de Postgraduados. Pp. 10 – 11, 21 - 23
- Luján, C. 1998. El Desarrollo Forestal Sustentable en México: un esfuerzo de cambio. Ponencia: XII Congreso Forestal Mundial, Quebec, Canadá. Pp. 1 - 3 <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0059-C1.HTM>
- Prieto, J. y Hernández, J. 2007. Estudio Regional Forestal: Caso UMAFOR No. 1001 Guanaceví Durango. INIFAP. Libro Técnico No. 2. Pp. 9-11, 14. Durango, México.

CALCULO DE EMISIONES A NIVEL MUNICIPAL DE CO₂ POR CONSUMO DE LEÑA EN DURANGO, MEXICO

Amir Briceño Contreras¹ y Luis M. Valenzuela Núñez¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Avenida Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia. Apartado postal 146, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35000.
E-mail: edwinamir320@gmail.com, luisvn70@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes temas a nivel mundial que se está tomando en cuenta en las reuniones de las Naciones Unidas y que forma parte de sus agendas gubernamentales, es el tema del cambio climático. Las predicciones sobre sus impactos al ambiente y a las sociedades humanas, ha motivado la creación de marcos de cooperación internacionales para estimar con mayor precisión los problemas que conlleva el cambio climático global, y un claro ejemplo, es el nivel actual de las emisiones de los gases de efecto invernadero a la atmósfera y su posible evolución futura.

Fundación Terra (2002) cita que el volumen de emisiones de CO₂ por quema de leña por países en vías de desarrollo al año es de 825 millones de toneladas de CO₂, y que también los altos contenidos de dióxido de carbono tienen un impacto ambiental y consecuencias graves en la salud humana.

Un estudio realizado sobre la leña a nivel mundial, da a conocer que alrededor de tres mil millones de personas en el mundo queman carbón y combustibles de biomasa tradicionales (como leña, estiércol y residuos de cosechas), en locales cerrados para cocinar y calentar sus viviendas y se prevé que para el año 2020 esta cifra habrá aumentado de forma considerable. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el uso generalizado de estos combustibles provoca la muerte prematura de aproximadamente 1.6 millones de personas cada año debido a la inhalación de grandes cantidades de humo siendo las mujeres y los niños lo más afectados, debido a que ellos son los que se encuentran mayor tiempo cerca de los fogones (Cayetano y Meyer, 2006).

El dióxido de carbono (CO₂), junto con otros gases, es considerado como gas de efecto invernadero que puede provocar un peligroso cambio climático de carácter global. El CO₂, es uno de los gases de efecto invernadero más abundante en la atmósfera y juega un papel importante en los procesos vitales de plantas, animales y, en definitiva del ser humano, como en la fotosíntesis, la respiración o en diversas actividades internas del cuerpo humano.

Se estima que México emite alrededor de 3.70 toneladas de CO₂ por habitante, cifra que se encuentra 4.02 toneladas por debajo del promedio mundial (Carabias y Tudela, 2000, citado por Bravo *et al.*, 2009). Alrededor de dos tercios de este volumen corresponden a los diversos procesos de combustión en los sectores energético, industrial, de transporte y de servicios. El resto, cerca de un tercio, se origina en los procesos de deforestación, cambio de uso de suelo y quema de leña.

Masera *et al.*, (1997) citado por Torres y Guevara (2007) consideran que el sector forestal aporta casi el 40% de las emisiones totales de CO₂ y que el sector de generación de energía tiene la contribución más importante. De aquí que mientras en México no se desarrollen fuentes alternas de energía no se mejorará el balance de carbono.

Actualmente, muchos países desarrollados y que se encuentran en vías de desarrollo están apostando más en energías limpias para disminuir el calentamiento global proveniente de las emisiones de gases de efecto invernadero. Un claro ejemplo para disminuir el CO₂, con respecto al consumo de leña en zonas rurales es aplicando tecnologías sustentables como las estufas solares o estufas ecológicas. Esta tecnología, ayudará a las mujeres a entender mejor los problemas asociados al uso de leña en fogones abiertos, dando a conocer así el lado positivo sobre el uso de estas estufas ecológicas en la reducción de infecciones respiratorias agudas y otras enfermedades asociadas a la inhalación de humo de la leña; pues las mujeres son las que pasan más tiempo junto al fogón entre dos y cuatro horas al día y también las estufas ecológicas ayudaran al medio ambiente a disminuir el daño en la deforestación de bosques y reducción de liberación de gases a la atmósfera (Masera *et al.*, 2004).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue calcular la cantidad de emisiones de CO₂ por quema de leña en kilotoneladas por año en comunidades rurales del estado de Durango a nivel UMAFOR y Municipio.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de estudio se realizó en el estado de Durango, localizado en la región centro-noroccidental de México; en la coordenadas 26° 48' y 22° 19' LN y 102° 28' y 107° 11' LW. Los estados limítrofes son al Norte con Chihuahua, al Oriente con Coahuila y Zacatecas, al Poniente con Sinaloa y al Sur con Nayarit (González *et al.*, 2007, INEGI, 2010) (Figura 1).

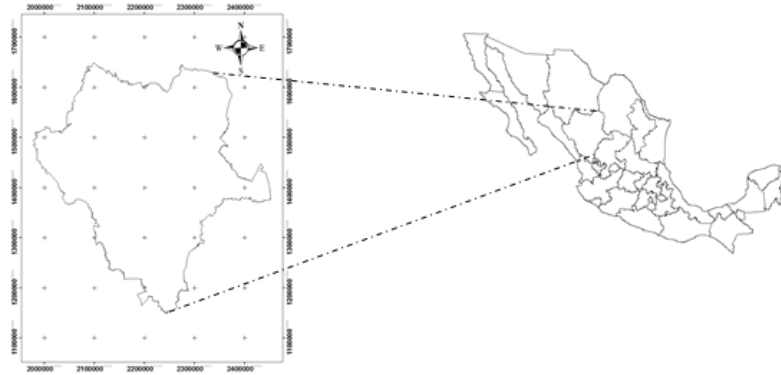


Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Durango.

Se utilizó el software con el nombre GREENHOUSE INVENTORY SOFTWARE (programa de inventario de gases de efecto invernadero) en un archivo de formato Excel, para determinar las emisiones de CO₂ por consumo de leña. Este software fue diseñado en una serie de pasos con base a las instrucciones de la Metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 1996 (IPCC, 1996), que incluye la fórmula siguiente:

$$(1) \quad \dots\dots\dots EL = fC * fO * fCO_2 (CTL)$$

Representado de la siguiente simbología:

EL = Emisiones de CO₂ por el uso de leña (t de CO₂ año⁻¹)

fC = Contenido de carbono en la madera (0.5)

fO = Porcentaje de oxidación de la madera durante la combustión (87%)

fCO₂ = Factor de conversión de carbón a CO₂ (44/12)

CTL = Consumo total de leña en t año⁻¹

El resultado obtenido por la fórmula (1) arroja consumo total de leña en toneladas por año, sin embargo, se requiere que el resultado sea dado en kilotoneladas por año, por lo que la fórmula para el consumo de leña que debe ingresarse en el software del IPCC-1996 queda como sigue en la formula (2) (Secretaría de Energía, México 2003).

$$(2) \quad \dots\dots\dots [EL = fC * fO * fCO_2 (CTL)] / 1000$$

Para la obtención del cálculo de las emisiones de CO₂ proveniente de la quema de leña en el estado de Durango; se procedió a realizar un vaciado de la información obtenida del consumo de leña en el software GREENHOUSE INVENTORY SOFTWARE.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados, el balance anual de CO₂ liberado por consumo de leña en el estado de Durango fue de 268.05 kilotoneladas de dióxido de carbono (Cuadro 1).

Cuadro 1. Emisión de CO₂ proveniente del uso de la leña a nivel municipal en kt año⁻¹.

Municipios	Emisiones de CO ₂ en kt año ⁻¹
Canatlán	11.9
Canelas	1.26
Coneto de Comonfort	2.72
Cuencamé	12.08
Durango	35.65
El Oro	2.57
General Simón Bolívar	6.67
Gómez Palacio	34.78
Guadalupe Victoria	7.07
Guanaceví	2.88
Hidalgo	2.44
Indé	2.65
Lerdo	19.98
Mapimí	3.41
Mezquital	9.52
Nazas	5.31
Nombre de Dios	8.17
Nuevo Ideal	3.25
Ocampo	9.08
Otáez	2.49
Pánuco de Coronado	4.66
Peñón Blanco	3.15
Poanas	8.97
Pueblo Nuevo	10.26
Rodeo	4.74
San Bernardo	1.42
San Dimas	6.07
San Juan de Guadalupe	2.94
San Juan del Río	5.17
San Luis del Cordero	1.29
San Pedro del Gallo	0.93
Santa Clara	1.78
Santiago Papasquiaro	9.08
Súchil	1.56
Tamazula	8.18
Tepehuanes	1.43

Tlahualilo	6.03
Topia	3.3
Vicente Guerrero	3.21
Total	268.05

Los municipios de Victoria de Durango (35.65 kt de CO₂ liberado), Gómez Palacio (34.78) y Lerdo (19.98) fueron los que presentaron mayor liberación anual de dióxido de carbono en relación a la quema de leña en el estado de Durango, seguido por Cuencamé (12.08 Kt de CO₂ liberado), Canatlán (11.90) y Pueblo Nuevo (10.26), finalmente, San Bernardo (1.42), Canelas (1.26) y San Pedro del Gallo (0.93) fueron los que presentaron en menor cantidad liberación anual de dióxido de carbono en relación a la quema de leña; como se muestra en la Figura 2.

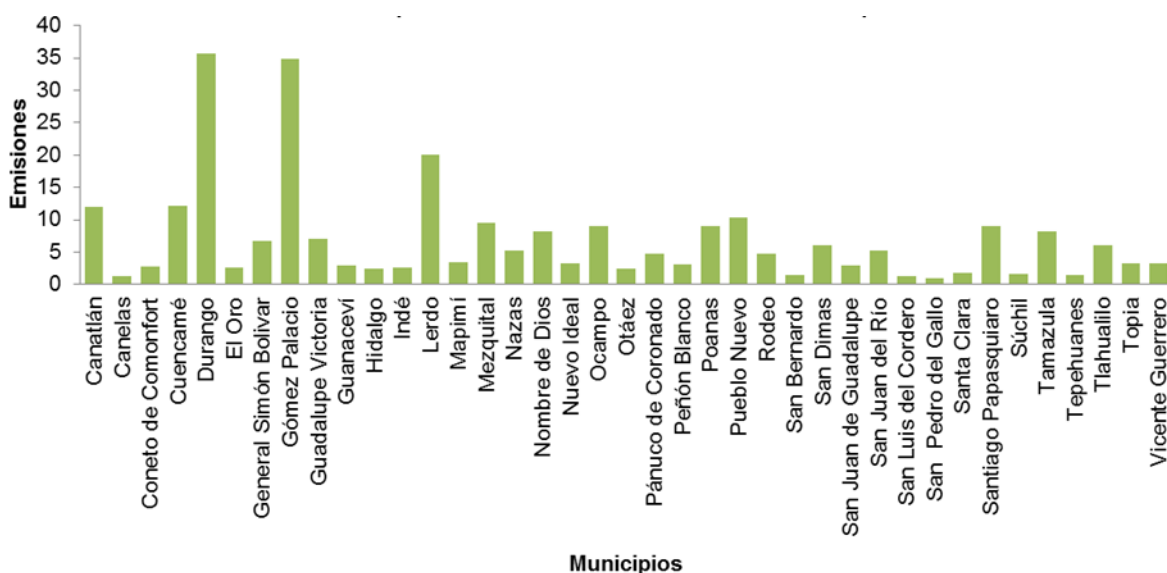


Figura 2. Emisión de CO₂ proveniente del uso de la leña a nivel municipal en kt año⁻¹.

En el estado de Durango, las emisiones de CO₂ provenientes del uso de la leña da una liberación de dióxido de carbono de 268.05 Kt/año esto es igual a 268 mil 050 toneladas por año.

Fundación Terra (2002) menciona que a nivel mundial se producen emisiones de CO₂ a la atmósfera de 825 millones de Ton/año, sin embargo, se desconoce si esta cantidad obtenida fue aplicada dentro de la metodología del IPCC-1996.

Jong *et al.* (2010), realizaron un inventario nacional de gases de efecto invernadero usando la metodología IPCC – 1996 para México entre el periodo de 1993 a 2002, y sus resultados en aprovechamiento de leña, las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera es de 17,611 Gg año⁻¹ equivalente a 17 millones 611 mil toneladas por año.

Si se comparan las emisiones de CO₂ en toneladas en el estado de Durango en relación a las de nivel nacional esto representa el 1.52 %, y a nivel mundial México contribuye con emisiones de CO₂ a la atmosfera de 2.13%.

CONCLUSIONES

En México todavía falta mucho por realizar sobre las emisiones de CO₂ ya que es un tema nuevo y apenas se están tomando acciones sobre esta problemática que está causando un gran daño no solamente a los recursos naturales que conforman este planeta sino también al ser humano en condiciones de salud.

De igual manera, en México no existe mucha información que facilite datos reales de las condiciones de la liberación de gases de efecto invernadero y es por eso que se están haciendo estos estudios para poder establecer en un periodo corto la situación de como nuestro país está contribuyendo en acciones tanto positivas y negativas con respecto al tema de GEI en relación al cambio climático.

Con respecto a las emisiones de CO₂ a la atmósfera, podemos decir que en base a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, México, aún se encuentra muy por debajo en las cifras arrojadas sobre liberación de dióxido de carbono a la atmosfera en comparación con otros lugares del mundo (Estados Unidos de Norteamérica y China). Esto no significa que estemos exentos a que podamos contaminar el poco aire limpio que tenemos en nuestro país y de acabar con los bosques.

Finalmente otra manera de reducir las emisiones de CO₂ por quema de leña es usando tecnologías limpias como las estufas ahorradoras de leña o estufas solares.

BIBLIOGRAFIA

- Bravo M., Sánchez J., Vidales J., Sáenz J., Chávez J., Madrigal S., Muñoz H., Tapia L., Orozco G., Alcántar J., Vidales I. y Venegas E. 2009. Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. INIFAP, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan. Publicación Especial Núm. 2. PDF
- Cayetano, H. y Meyer, L. 2006. La leña: su combustión y sus consecuencias a nivel mundial y en México. En: Recursos Naturales. Pp. 12-15.
- Fundación Terra, 2002. Perspectiva Ambiental 25 "Cocina Solar": Suplemento de perspectiva escolar. Barcelona, España. Pp. 7.
- González M. S., González M. y Márquez M. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango: Primera edición. Pp. 25 – 27, 38 – 46, 140 – 141.
- INEGI, 2010. Folleto: Déjame que te cuente lo que contamos en Durango.
- IPCC, 1996. Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero. Versión revisada 1996. Libro de Trabajo. Pp. 5.1 - 5.7
- Jong, B., Masera O., Etchevers J. 2010. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1993 – 2002: Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Bosques. El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, y El Colegio de Postgraduados. Pp. 10 – 11, 21 - 23

- Masera, O.; Díaz, R. y Berrueta, V. 2004. Programa para el uso sustentable de la leña en México: de la construcción de estufas a la apropiación de la tecnología. Pp. 1 – 7
- Secretaría de Energía, México, 2003. Balance de Energía Nacional 2002: formula modificada “Emisiones de CO2 por el uso de biomasa seca”.
- Torres J. y Guevara A. 2007. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Instituto Nacional de Ecología.

CONSUMO DE LEÑA ANUAL A NIVEL MUNICIPAL EN DURANGO

Amir Briceño Contreras¹ y Luis M. Valenzuela Núñez¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Avenida Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia. Apartado postal 146, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35000.
E-mail: edwinamir320@hotmail.com, luisvn70@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

La leña es el principal combustible utilizado en hogares rurales y urbanos de México. El uso más común de este combustible se da a nivel doméstico, para la cocción de los alimentos, el calentamiento de las viviendas en la época de frío, para hervir agua para aseo de la familia, etc. La leña también tiene importancia en la pequeña y mediana industria, como en el caso de la elaboración del carbón vegetal, y su uso en las ladrilleras, las panaderías, o las alfarerías (Camou, 2007 citado por Viera, 2010). Este combustible energético es extraído de los árboles ya sea de una manera informal a través de la deforestación o de ramas y árboles muertos (Puentes 2002; Arias 2003 citado por Jong, *et al.*, 2010). Una gran parte de la población mundial utiliza la leña, sobre todo en los países en desarrollo (FAO, 2006). Las especies de árboles más utilizados por los pobladores en las comunidades rurales para consumo de leña son el *Pinus spp.*, *Prosopis laevigata* y *Quercus spp.* (Fuente: Formato de encuesta).

Las mujeres y los niños son los principales recolectores de leña para su autoconsumo Fundación Terra (2002). Por otra parte, la población mexicana, del sector urbano y rural, utilizan la leña como combustible según Masera *et al.* (2003) citado por Viera, (2010). De acuerdo a información estadística el consumo diario promedio por persona de leña en zonas rurales en México es de 4.7 ± 2.1 kg. Según Camou (2007) citado por Viera, (2010), de la misma manera Díaz (2000) citado por Viera, (2010), nos dice que el consumo diario de leña por persona es de 3.5 kg. De acuerdo a Martínez y Rodríguez (2004) citado por Viera, (2010) reportan un consumo por persona de 54.02 kg mensuales y Fundación Terra (2002) citan que en los países en vías de desarrollo, el consumo promedio de leña por persona al año es de 225 kg pero esta cifra varía según los países.

El uso de leña está asociado a factores económicos pero tiene también un fuerte arraigo cultural, siendo el combustible por excelencia para la preparación de platos tradicionales como tortillas de nixtamal, frijoles, etc., (Masera *et al.*, 2004).

Por otra parte, la leña es todavía el principal combustible residencial en México, ya que suministra aproximadamente el 40% de energía total utilizada. Asimismo, aporta el 80% de la energía usada en los hogares rurales (Maserá *et al.*, 2004).

Torres y Guevara (2007), estiman que alrededor de 20 millones de personas en México usan la leña como principal energético de un total de 112'336,538 habitantes a nivel nacional (INEGI, 2010).

Un informe realizado por la SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) en 2010, da a conocer que el nivel de los ingresos de las familias jornaleras en zonas rurales es muy bajo y este pago está condicionado con el tipo de cultivo al que vayan a trabajar. Según estudios de la SEDESOL, indican que los salarios más bajos se localizan dentro de la producción de granos y forrajes, que son lo que absorben al mayor número de trabajadores. Por lo general, los grandes productores de hortalizas pagan salarios que, si bien, son superiores al mínimo, y son inferiores a los que pagan los medianos y pequeños productores en las mismas zonas de trabajo. La diferencia en salarios en la misma región se atribuye a que en las grandes empresas se ofrece albergue a los trabajadores y son contratados por temporada de trabajo, mientras que en empresas menores la contratación se realiza diariamente en los mercados laborales locales y no se ofrece ningún tipo de prestación social. Según la encuesta del Programa Nacional con Jornaleros Agrícolas (PRONJAG), en 2001 el salario promedio fue de 1.6 salarios mínimos generales diarios en las zonas agrícolas de alta demanda de mano de obra (SEDESOL, 2010).

Para el estado de Durango (todos los municipios), el salario mínimo que se aplica para esta región es el más bajo. Durango se ubica en el área geográfica de salarios zona C, y por lo tanto el salario mínimo general aplicado en el 2011 fue de \$56.70 MXP y para el 2012 el salario mínimo es de 59.08 MXP (SAT, s/a).

Por lo tanto en base a los datos ofrecidos por el SAT y SEDESOL el ingreso diario o salario mínimo por día de un hombre que trabaja en el campo por jornada es de \$94.52 MXP (Jornal 8 horas: se paga por día trabajado, independientemente de la carga de trabajo), se podrá entender porque la población de zonas rurales prefieren usar la leña como combustible principal que el gal LP, pues con el poco dinero ganado prefieren invertirlo en la alimentación de sus familias (SEDESOL, 2010).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue calcular la cantidad de leña consumida anualmente en comunidades rurales del estado de Durango a nivel municipal.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de estudio se realizó en el estado de Durango, localizado en la región centro-noroccidental de México; con una superficie de 123,181 km² en la coordenadas 26° 48' y 22° 19' LN y 102° 28' y 107° 11' LW. Durango es el cuarto estado más grande de la República Mexicana y cuenta con una población de 1'632,934 habitantes que representa el 1.5% de total nacional. El estado de Durango cuenta con el 6.3% de la superficie total del país y está conformado por 39 municipios y 5,784 localidades, su capital es la ciudad de Victoria de Durango. Los estados limítrofes son al Norte con Chihuahua, al Oriente con Coahuila y Zacatecas, al Poniente con Sinaloa y al Sur con Nayarit (González et al., 2007, INEGI, 2010) (Figura 1).

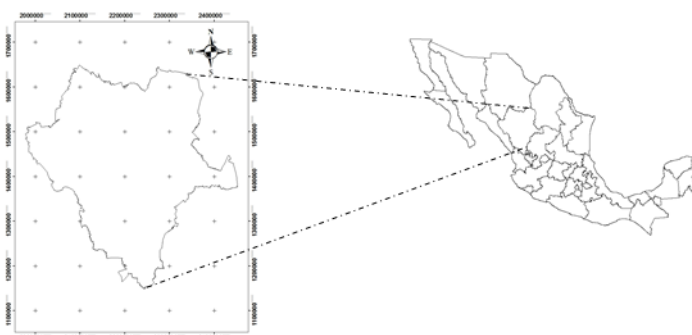


Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Durango.

Para el cálculo de la cantidad de leña consumida en el estado de Durango a nivel Municipal, se recurrió a fuentes de información del Censo Poblacional INEGI 2010. Para la obtención del cálculo de leña, fue necesario identificar los municipios que conforman el estado de Durango. Posteriormente, se identificó el número de localidades con las que cuenta cada uno de los municipios del estado de Durango. Una vez obtenida dicha información, se procedió hacer un análisis de población de las localidades rurales en cada municipio del estado de Durango; para ello, se realizó una depuración de localidades rurales quedando solamente las zonas rurales interesadas para el parámetro establecido que consistió en tomar viviendas particulares habitadas/promedio de 3.9 personas por vivienda y/o familia (INEGI, 2010), en localidades rurales con población de < 100 habitantes y > 2500 habitantes (INEGI 2010, Jong *et al.*, 2010). El promedio usado para calcular el consumo de leña fue 3.5 kg diario por persona (Díaz, 2000 citado por Viera, 2010). Dicho cálculo, fue respaldado con encuestas realizadas en algunas comunidades rurales con el fin de hacer una corroboración de datos publicados por el censo poblacional INEGI 2010.

El estudio sobre el cálculo de consumo de leña por municipio se llevó a cabo de forma anual, donde se multiplicó el número de habitantes por la cantidad de leña consumida diariamente por

persona que es de 3.5 kg y posteriormente se multiplicó por año (365 días) para finalmente convertirlo en kilo-toneladas a nivel municipal.

Una vez obtenidos los datos totales sobre la cantidad de leña consumida para cada municipio de forma anual en el estado de Durango, se procedió a vaciar la información en el ArcGIS 9.3.

El formato que se utilizó para la encuesta sobre el consumo de leña fue tomado del Protocolo de Investigación sobre el consumo de leña en comunidades rurales del estado de Aguascalientes (López *et al.*, 2011), en donde se describe de una manera sencilla los datos generales del entrevistado (número de integrantes en la familia y edades), nombre de la localidad encuestada, ubicación geográfica, acceso a la tierra (ejido, privado, comunal), tipo de arreglo para obtener la leña (renta, terreno propio, ningún arreglo), distancia que recorre desde el hogar para obtener la leña, las fuentes energéticas de uso que tiene en el hogar (gas LP, uso de leña, otros), uso que le da a la leña (cocinar alimentos, calentar agua, calentar la casa), la frecuencia del consumo de leña (día, semana, mes, año), en que época del año consume más leña (primavera, verano, invierno otoño), la forma en que consigue la leña, especies que consume y proporción, así como que maderas prefiere y por qué, finalmente la firma quien realizó la encuesta.

RESULTADOS Y DISCUSION

En base al estudio de investigación realizado, se analizaron 39 municipios en el estado de Durango. Dicho análisis da a conocer que 1,023 localidades rurales con >100 habitantes y <2500 habitantes consumen leña de un total de 5,784 localidades rurales analizadas. Por otra parte, 421,406 habitantes consumen leña de un total de 1'632, 934 habitantes en todo el estado de Durango. El consumo total de leña anualmente en las 1,023 localidades rurales analizadas es de 536.09 kilotoneladas a nivel estatal por los 39 municipios. El 25.8 % de habitantes en el estado de Durango consumen leña y haciendo una comparación con la población promedio que consume leña a nivel nacional que es de 20 millones de habitantes; podemos decir que el consumo de leña en el estado de Durango representa el 2.10% a nivel nacional, por lo tanto el estado de Durango con sus 1'632,934 habitantes representan el 1.5% de habitantes a nivel nacional que es de 112'336,538 habitantes. El consumo de leña por persona al año en el estado de Durango es de 1,277.5 kilogramos mientras que por mes el consumo de leña por persona es de 106.45 kilogramos y por día es de 3.5 kg consumo de leña por persona (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de leña consumida en Durango por Municipio.

Municipio	A	B	C	D	E1	E2	E3
Canatlán	151	35	31,401	18,625	23,793,434.50	23,793.43	23.79
Canelas	127	9	4,122	1,974	2,521,785.50	2,521.79	2.52
Coneto de Comonfort	27	10	4,530	4257	5,438,317.50	5,438.32	5.44
Cuencamé	108	28	33,664	19242	24,153,234.50	24,153.23	24.15
Victoria de Durango	554	105	582,267	55961	71,305,965	71,305.97	71.31
El Oro	68	20	11,320	4137	5,142,417.50	5,142.42	5.14
Gral. Simón Bolívar	38	22	10,629	10,442	13,339,655	13,339.66	13.34
Gómez Palacio	357	90	327,985	54,469	69,557,147.50	69,557.15	69.56
Guadalupe Victoria	38	10	34,052	11,071	14,143,202.50	14,143.20	14.14
Guanaceví	211	20	10,149	4,510	5,761,525	5,761.53	5.76
Hidalgo	55	10	4,265	3,822	4,882,605	4,882.61	4.88
Indé	57	17	5280	4,150	5,301,625	5,301.63	5.30
Lerdo	229	43	141,043	32,211	39,966,310	39,966.31	39.97
Mapimí	100	18	25,137	5,340	6,820,850	6,820.85	6.82
Mezquital	798	68	33,396	15,139	19,043,072.50	19,043.07	19.04
Nazas	47	15	12,411	8,354	10,614,747.50	10,614.75	10.61
Nombre de Dios	68	27	18,488	12,787	16,335,392.50	16,335.39	16.34
Ocampo	130	14	9,626	5,095	6,508,862.50	6,508.86	6.51
Nuevo Ideal	101	41	26,092	13,675	18,151,997.50	18,152.00	18.15
Otáez	78	18	5,208	3,904	4,987,360	4,987.36	4.99
Pánuco de Coronado	24	15	11,927	7,292	9,315,530	9,315.53	9.32
Peñón Blanco	50	10	10,473	4,925	6,291,687.50	6,291.69	6.29
Poanas	29	14	24,918	14,049	17,947,597.50	17,947.60	17.95
Pueblo Nuevo	302	57	49,162	16,063	20,521,483	20,521.48	20.52
Rodeo	54	25	12,788	7,413	9,470,107.50	9,470.11	9.47
San Bernardo	64	10	3,433	2,217	2,832,217.50	2,832.22	2.83
San Dimas	282	41	19,691	9,673	12,144,557.50	12,144.56	12.14
San Juan de Guadalupe	55	15	5,947	4,595	5,870,112.50	5,870.11	5.87
San Juan del Río	56	26	11,855	8,368	10332457.5	10,332.46	10.33
San Luis del Cordero	7	3	2,181	2,012	2,570,330	2,570.33	2.57
San Pedro del Gallo	22	6	1,709	1,459	1,863,872.50	1,863.87	1.86
Santa Clara	16	5	7,003	2,782	3,554,705	3,554.71	3.55
Santiago Papasquiaro	279	53	44,966	14,379	18,169,172.50	18,169.17	18.17
Súchil	29	9	6,761	2,439	3,115,822.50	3,115.82	3.12
Tamazula	629	56	26,368	12,813	16,368,607.50	16,368.61	16.37
Tepehuanes	224	13	10,745	2,124	2,869,265	2,869.27	2.87
Tlahualilo	62	19	22,244	9,448	12,069,820	12,069.82	12.07
Topia	240	18	8,581	5,166	6,599,565	6,599.57	6.60
Vicente Guerrero	18	8	21,117	5,024	6,418,160	6,418.16	6.42
TOTAL	5,784	1,023	1,632,934	421,406	536,094,577.50	536,094.58	536.09

A = Número de localidades en el municipio (Total de localidades), **B** = Número de localidades con <100 habitantes y > 2500 habitantes (Total de localidades), **C** = Habitantes por municipio (Total de habitantes), **D** = Habitantes que consumen leña por municipio anualmente (Total de habitantes), **E** = Consumo de leña por municipio anualmente (**E1**: Total en kilogramos, **E2**: total en toneladas, **E3**: total en kilotoneladas).

Los municipios de Victoria de Durango (Consumo de leña 71.30 kt año⁻¹), Gómez Palacio (Consumo de leña 69.55) y Lerdo (Consumo de leña 39.96) fueron los que presentaron mayor consumo de leña en el estado de Durango, seguido por Cuencamé (Consumo de leña 24.15), Canatlán (Consumo de leña 23.79) y Pueblo Nuevo (Consumo de leña 20.52) y finalmente San Luis del Cordero (Consumo de leña 2.57), Canelas (Consumo de leña 2.52) y San Pedro del Gallo (Consumo de leña 1.86), fueron los que presentaron en menor cantidad consumo de leña; como se muestra en la Figura 2.

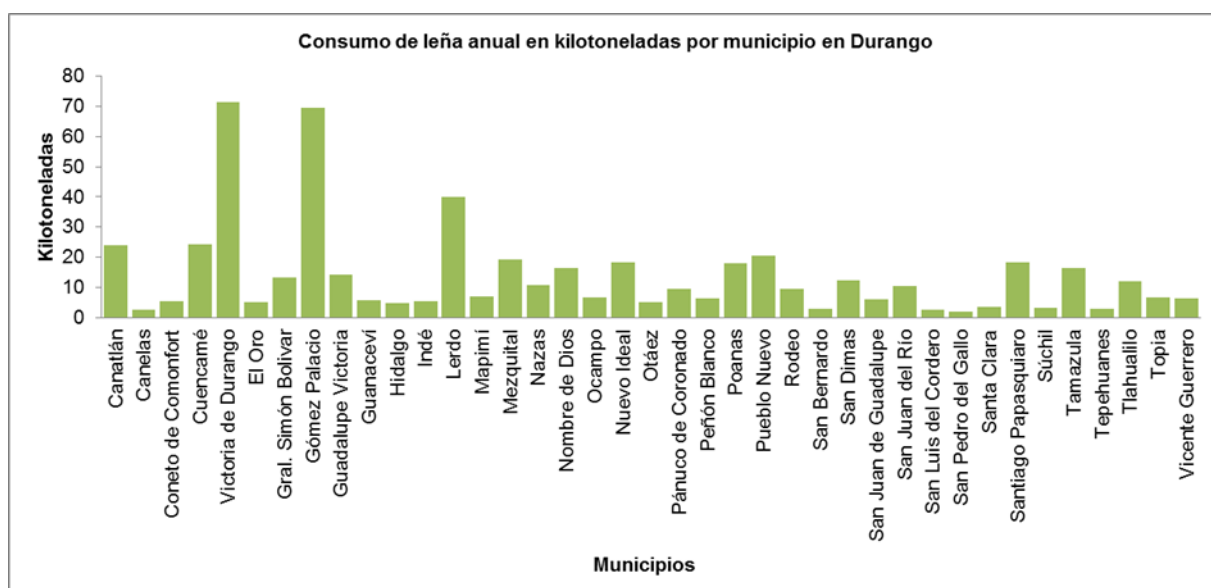


Figura 2. Consumo de leña anual en kilotoneladas por municipio en Durango.

De acuerdo a la literatura y los datos obtenidos en campo, el número de habitantes que consumen leña en el estado de Durango, es de 421,406 habitantes que representa un 25.8 %; y la población en Durango es de 1'632,934 habitantes que representa el 1.5% a nivel nacional (INEGI, 2010).

La población total en México es de 112'336,538 habitantes (INEGI, 2010), y Masera *et al.* (1997), citado por Torres y Guevara (2007), estiman que alrededor de 20 millones de personas usan la leña en este país como principal energético; si se compara esta cifra con nuestros

resultados, entonces, podemos afirmar que el porcentaje de la población que consume leña en Durango es de 2.10% a nivel nacional.

En base al consumo de leña, se obtuvo que en el estado de Durango se consume 1,277.5 kg de leña por persona al año, sin embargo, Fundación Terra (2002), mencionan que como término medio el consumo de leña por persona al año es de unos 225 kg, cifra que varía según el país y la región. Por lo tanto, los datos obtenidos en relación con las fuentes bibliográficas podemos afirmar que la cantidad de consumo de leña por persona al año si varió mucho.

Con respecto al consumo de leña por persona al mes Martínez y Rodríguez (2004), citado por Viera (2010), reportan un consumo de leña per capita de 54.02 kg mensuales en México; mientras que en el estado de Durango el consumo de leña por persona al mes es de 106.45 kg. Por lo tanto, los datos obtenidos en relación con los antecedentes podemos decir que la cantidad de consumo de leña por persona al mes de igual manera varió mucho. Finalmente, la cantidad de leña consumida de acuerdo al promedio usado para México es de 3.5 kg diario por persona (Díaz, 2000 citado por Viera, 2010), cantidad que se tomó para poder realizar el cálculo de cantidad de leña consumida en el estado de Durango.

CONCLUSIONES

De acuerdo a encuestas realizadas durante el trabajo de investigación se identificaron las causas de porque en ocasiones, no es rentable para las empresas gaseras de LP ir hasta las comunidades rurales y la razón principal, es debido a que invierten más en gasolina, mantenimiento de los camiones, viáticos del chofer y para que finalmente solamente unos cuantos usuarios compren este combustible.

Otra razón, de que los pobladores consuman en mayor proporción la leña que el gas LP en base a las encuestas obtenidas, es precisamente el ingreso económico que tienen en sus hogares por día, ya que la principal actividad que se ejerce en las zonas rurales es el trabajo de campo, y personas que no tienen disponibles tierras pues tienen que trabajar como peones y la paga que perciben por esa actividad diariamente es de \$94.52 pesos mexicanos pago por jornada y prefieren invertir ese ingreso en alimentos básicos que en gas LP.

BIBLIOGRAFIA

- FAO. 2006. El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. <http://www.fao.org/docrep/009/a0789s/a0789s09.htm>
- Fundación Terra, 2002. Perspectiva Ambiental 25 "Cocina Solar": Suplemento de perspectiva escolar. Barcelona, España. Pp. 7.
- INEGI, 2010. Folleto: Déjame que te cuente lo que contamos en Durango.
- Jong, B., Masera O., Etchevers J. 2010. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1993 – 2002: Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Bosques. El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, y El Colegio de Postgraduados. Pp. 10 – 11, 21 - 23

- Masera, O.; Díaz, R. y Berrueta, V. 2004. Programa para el uso sustentable de la leña en México: de la construcción de estufas a la apropiación de la tecnología. Pp. 1 – 7
SEDESOL.2010.http://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1778/2/images/Diagnostic_o_PAJA.pdf.
- SAT, S/A, Portal del SAT.http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia_contribuyente_informacion_frecuente/salarios_minimos/45_2756.html).
- Torres J. y Guevara A. 2007. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Instituto Nacional de Ecología.
- Viera, A. 2010. Consumo de leña: Revisión de literatura. Reporte técnico del proyecto PEACC-DURANGO.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DE RENDIMIENTO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN NORTE DE SINALOA.

Llaven Valencia Genny¹, Borbón Gracia Alberto², Peinado Fuentes Luis A¹, Antuna Grijalva Oralía³, Hernández Hernández Aide³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Valle Del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, Col. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México, CP.81110, Correo electrónico: llaven.genny@inifap.gob.mx.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Pecuarias, -Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora.

³Universidad Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y carretera santa fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.

INTRODUCCION

La higuierilla (*Ricinus communis*) representa una planta con potencial como cultivo energético, pertenece a la familia de las Euphobiaceae. Es una planta oleaginosa caracterizada por su rápido crecimiento y adaptación a diferentes zonas climáticas (García M., E 1987). La semilla de esta planta constituye el principal interés para la obtención de aceite con fines energéticos, considerada también como petróleo verde por la capacidad de ser utilizada como materia prima en la obtención de productos que utilizan el petróleo no combustible como principal materia (Cabral, R., y J.L. Marrugo. 2010). La bioenergía es aquella energía generada por la biomasa o material de origen biológico que se encuentra sobre la superficie y que presenta gran cantidad de formas, desde residuos agrícolas, restos de industria maderera, hasta los cultivos energéticos (Elías, 2012), la tendencia global con relación al aumento en el uso de energía es cada vez mayor, lo cual ha generado un aumento en la presión sobre las fuentes no renovables de energía que suplen la mayor parte de la demanda energética actual. A medida que aumenta la preocupación por la seguridad energética, se plantea la bioenergía como una fuente de energía renovable que podría implementarse a niveles donde pudiese contribuir notablemente en la satisfacción de la demanda energética mundial (Machado, *et al.* 2012). El objetivo del trabajo consistió en evaluar el rendimiento y características agronómicas en ocho híbridos de *R. communis* bajo condiciones de riego.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se realizó en el ciclo otoño-invierno con fecha de siembra fue día 10 de diciembre de 2015, se evaluaron un total de cuatro híbridos y cuatro testigos comerciales en Campo Experimental Valle del Fuerte, (25° 46'49,092 N 108° 48'18,137" O). Esta se encuentra a una altura de 5 msnm, Las características morfológicas evaluadas fueron la altura final (cm); número de ramas productivas, grosor de tallo y longitud de los racimos, (cm), por otro lado, se

determinó el rendimiento de la semilla en kilogramos por hectárea. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Estos híbridos y testigos se evaluaron en conjunto, haciendo un total de ocho tratamientos bajo un arreglo de parcelas sub-subdivididas con cuatro repeticiones, la parcela experimental fue de cuatro surcos de 20 metros de largo, con una distancia entre estos de 0.80 m. equivalente a 64 m², considerando como parcela útil los dos surcos centrales de 10 metros, lo que hace una superficie de cosecha de 16 m², superficie considerando 0.5 metros de efecto de orilla de cada surco, obteniendo una densidad de población de 26 mil plantas por hectárea. La parcela experimental se preparó con maquinaria agrícola mediante un barbecho, dos pases de rastra y surcado a 0.80 m, se aplicó 200-100-00, antes de la siembra. Aplicando todo el nitrógeno como el fosforo. Para el control de insectos plaga se realizaron tres aplicaciones. La primera fecha de siembra para el control de gusano peludo (*Estigmene acrea* Drury) se aplicó insecticida toretto® en la fecha 01 de marzo del 2016; para la segunda fecha de siembra se realizaron dos aplicaciones para el control de trips (minadores), usando los insecticidas bajo el siguiente esquema, el 04 de marzo de 2016 Engeo® (Tiametoxan+Lambda-cyhalotrina) 150 ml/ha, y Rimon fast® (Novaluron 5% - Bifentrin 5% SC) 200 ml/ha, en la fecha de 16 de marzo de 2016. Se aplicaron dos calendarios de riego que son con cuatro riegos de auxilio, el control de la maleza se realizó mediante una escarda y dos deshierbes manuales.

La altura de la planta se tomó a los 153 días posteriores a la siembra, durante su ciclo reproductivo. Se midió la longitud desde la base del tallo hasta la punta apical de la planta, empleando una cinta métrica, la longitud del primer racimo se midió desde el fruto distal hasta la base del pedúnculo utilizando cinta métrica. Se realizó un conteo del número de ramas productivas con inflorescencia y formación de frutos a los 154 días. La cosecha fue realizada de forma manual, los frutos fueron secados al sol, posteriormente, trillados para liberar la semilla y la cascarilla del raquis, la semilla se separó de la cascarilla utilizando una máquina limpiadora con abanicos. El peso de la semilla se midió por medio de una balanza electrónica, convirtiendo este dato a rendimiento por planta y hectárea. Los datos cuantitativos recolectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) a un nivel de confianza del 95%, así como a una prueba de comparaciones múltiples o de medias, utilizando la prueba diferencias mínimas significativas (DMS) a nivel del 0,05% para todos los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos para los ocho tratamientos de mayor valor, fueron muy superiores a los reportados por Dueñas y Uscocovich (2012). En un estudio realizado con variedades del

INIFAP, donde obtuvieron valores máximos de 2020 kg ha⁻¹ pero fueron similares a los obtenidos por Cabrales y Marrugo (2010), quienes informaron valores entre los 2343 kg ha⁻¹ y 3558 kg ha⁻¹. No obstante, la evaluación realizada por Dueñas y Uscocovich (2012) fue establecida con una distancia de siembra mayor a la del presente estudio. Por ende, el rendimiento estimado por hectárea podría ser menor a lo proyectado en función de la densidad de siembra establecida para esta investigación. En el cuadro uno se observa que los tratamientos dos, tres y cuatro mostraron los rendimientos más altos de los ocho tratamientos evaluados con valores de 3249, 3205 y 3028 kg ha⁻¹ siendo estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al testigo Zoya (cuadro 1).

La longitud de racimos es uno de los factores que afectan de forma directa el rendimiento del grano, ya que al tener un racimo de mayor longitud presenta la posibilidad de tener un incremento en el número de frutos (Severino, 2010). Sin embargo, esta teoría no necesariamente aplica para todas las variedades de higuera, ya que el tratamiento testigo Eva, a pesar de poseer diferencias estadísticas con algunos de los tratamientos en longitud de racimo, obtuvo un rendimiento hallado inferior a los otros tratamientos, dada la cantidad de frutos presentada.

Cuadro 1. Comparación de medias de las características morfológicas de ocho híbridos de higuera en Campo Experimental Valle del Fuerte en el estado de Sinaloa, O-I 2015/2016.

Trat.	HIBRIDO	IDF	FDF	DM	AP	PFRG1	LRG1	PMS	REND
1	Maravilla	90 ^a	106 ^a	166 ^a	309 ^a	3010 ^a	48 ^{bc}	496 ^a	2615 ^{ab}
2	2B-5	64 ^e	82 ^d	152 ^b	236 ^{ab}	2109 ^{ab}	58 ^{abc}	374 ^b	3249 ^a
3	HB-8	69 ^d	84 ^{cd}	145 ^c	230 ^{bc}	2656 ^{ab}	70 ^a	340 ^{cb}	3205 ^{ab}
4	Chinatan	67 ^d	86 ^{cd}	151 ^b	235 ^{ab}	2326 ^{ab}	73 ^{ab}	352 ^b	3028 ^{ab}
5	Olga	83 ^b	92 ^b	138 ^d	137 ^d	1523 ^{bc}	43 ^{bc}	315 ^{cd}	2025 ^b
6	Eva	78 ^c	86 ^{cd}	143 ^c	157 ^{cd}	2232 ^{ab}	61 ^{ab}	243 ^{bc}	2234 ^{ab}
7	K-93	69 ^d	76 ^e	138 ^d	162 ^{cd}	1790 ^{abc}	40 ^c	296 ^d	2909 ^{ab}
8	Zoya	81 ^b	88 ^{bc}	138 ^d	100 ^d	567 ^c	46 ^{bc}	196 ^e	629 ^c
	MEDIA	75	75	146	208	200	55	327	2487
	C.V	2.55	2.34	0.81	13.97	23.10	14.43	4.12	18.06
	DMS	27.97	18.0	17.22	7722	1282.2	20.45	3571	1203.6

El comportamiento de los testigos respecto a los tratamientos tenemos que, K-93, Eva y Olga, fueron estadísticamente iguales a los tratamientos, pero con rendimientos por debajo de 3000 kg ha⁻¹, sin embargo, el testigo Zoya mostro diferencia estadística con todos los tratamientos por ser el de menor rendimiento 629 kg ha⁻¹, en esta materia se observó un alto nivel de dehiscencia que complico la recolección del fruto, el testigo con más alto rendimiento fue Olga con 2909 kg ha⁻¹.

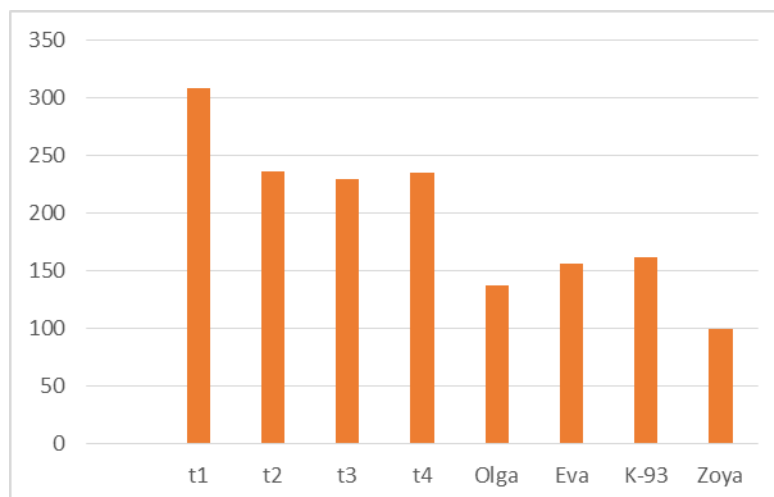


Figura 1. Rendimiento (kg ha⁻¹) de cuatro híbridos de Higuierilla en Campo Experimental Valle del Fuerte en el estado de Sinaloa, O-I 2015/2016.

La altura final de la planta fluctuó para las siete variedades (Figura 2), el análisis de varianza determinó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos respecto a los testigos. Los tratamientos que presentaron mayor altura fueron t1 (309 cm) y t2 (236 cm), las cuales no presentaron diferencias mínimas significativas entre sí. Los tratamientos que presentaron menor altura fue el tratamiento tres con 230 cm, de los testigos cuatro testigos todos mostraron diferencia estadística respecto a los tratamientos, siendo zoya el testigo con menor altura (100 cm) y K-93 el más alto de los testigos con 162 cm respectivamente.

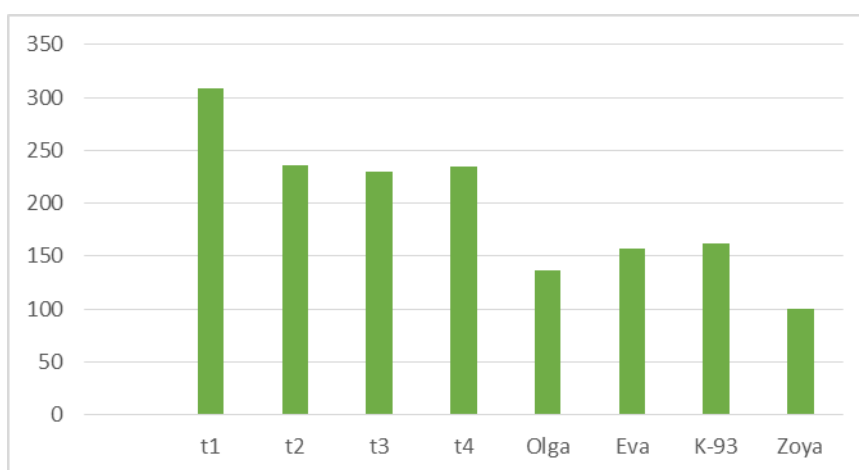


Figura 2. Altura de planta (cm) de cuatro híbridos de Higuierilla en Campo Experimental Valle del Fuerte en el estado de Sinaloa, O-I 2015/2016.

La altura varió entre 100 cm a 309 cm, lo que indicó que no todas las plantas fueron de porte medio (Rico et al., 2011). Para Weiss (1983), la altura de la planta es relevante, debido a que la

cosecha manual o mecánica se dificulta en la medida en que los racimos de órdenes superiores estén expuestos a alturas ascendentes.

CONCLUSIONES

- ✓ Para el norte de Sinaloa los tratamientos de mejor adaptación por rendimiento fueron t2 y t3 los cuales superaron los 3000 kg ha⁻¹ en grano, estos materiales poseen una altura media lo cual facilita las maniobras de trilla.
- ✓ En general se obtuvo una media de 2487 kg ha⁻¹ y una altura promedio de 208 cm.
- ✓ El t1 resulto con una altura de 300 cm lo cual no favorece las maniobras de cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrales, R., y J.L. Marrugo. 2010. Rendimiento en semilla y análisis de calidad del aceite de higuierilla. Informe final. Universidad de Córdoba. [http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/Informe%20Final_%20FCA%2011-08%20Roberto%20Cabrales%20Rodr%C3%ADguez.p df](http://web.www3.unicordoba.edu.co/sites/default/files/Informe%20Final_%20FCA%2011-08%20Roberto%20Cabrales%20Rodr%C3%ADguez.pdf) (consultado 15 mayo 2014).
- Dueñas, V.M., y J.G. Uscocovich. 2012. Evaluación de 10 cultivares promisorios de higuierilla (*Ricinus communis* L). Tesis Ing. Agr., Universidad Técnica de Manabí, ECU.
- Elías, X. 2012. Tratamiento y valorización energética de residuos. Fundación Universitaria Iberoamericana, Madrid, ESP.
- García M., E 1987. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta. Ed. Enriqueta García de Miranda. Mexico, D.F. p.2017.
- Severino, L.S. 2010. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). *Indust. Crops Products* 32:400-404.
- Machado, R., J. Suárez, y M. Alfonso. 2012. Caracterización morfológica y agroproductiva de procedencias de *Ricinus communis* L. para la producción de aceite. *Pastos y Forrajes* 35:381-392.

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS SUBAPROVECHADAS, CON POTENCIAL PARA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN DURANGO, MÉXICO

Reveles Saucedo Fanny Olivia^{1*}, Rosales Serna Rigoberto², Carrete Carreón Francisco Oscar^{1*}, Gallegos de la Hoya Mayela Patricia¹ y Toca Ramírez José A¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera Durango-El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo. C. P. 34170. Tel. (618)826-0426.

*fannyors@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los ingredientes de las dietas animales consisten en materiales que no son comestibles para los seres humanos. La leche y la carne producidas por el ganado vacuno, las ovejas y las cabras se derivan de modo directo de las tierras no cultivadas donde pasta el ganado, así como de los residuos agrícolas, los subproductos de la molienda, o de los desperdicios que normalmente nunca entran en la cadena alimenticia. No obstante, una porción considerable del alimento que se le proporciona a los animales en algunos países, constituye una competencia directa para la alimentación humana (Church *et al.*, 2004). Aunado a lo anterior, la degradación y el deterioro ambiental, dificultan la disponibilidad y costos accesibles de ingredientes nutricios que permitan un mayor desarrollo de la producción de rumiantes. Por ende, la selección de los ingredientes depende no solo de la producción animal que se planea alcanzar, de los ingredientes con los que se cuentan en la región, sino también, del costo que éstos pueden representar (Shimada, 1983; Church *et al.*, 2004).

El alto costo de los alimentos concentrados obliga a buscar alternativas alimenticias menos costosas y disponibles en la localidad (Church *et al.*, 2004). Desde hace algunas décadas, se ha fomentado el desarrollo y la aplicación de procesos biotecnológicos que transformen, mejoren y den un valor agregado (upgrading) a residuos biológicos industriales (Cuddenec *et al.*, 2012). El Estado de Durango cuenta con una gran biodiversidad, determinada por la interacción entre las características fisiográficas y climáticas, aunada a la ubicación de Durango en el límite de los reinos biogeográficos Holártico y Neotropical. Entre la vegetación existente se encuentran los matorrales xerófilos y vegetación halófila en la zona oriental, pastizales en la franja de valles al oriente de la Sierra, bosques templados de pino y encino y pequeños enclaves de bosque mesófilo en la Sierra y bosque tropicales caducifolios y subcaducifolios en las cañadas al oeste (González *et al.*, 2007b).

Aún en las condiciones de las zonas áridas existe una riqueza genética de plantas y otras formas de vida que tienen cierto interés económico por sus gomas, resinas, látex, almidón, granos, proteínas, ácidos grasos. Estas sustancias se concentran en los frutos y semillas o en tallos, raíces, rizomas o bulbos. Aún en la actualidad, varias especies ruderales, arvenses, ornamentales y cultivadas son subutilizadas debido al desconocimiento de los componentes químicos de sus órganos que las constituyen. El uso integral y sustentable de las plantas puede beneficiar al área agropecuaria de la región. Las plantas arvenses y ruderales pueden representar una fuente importante de nutrimentos los cuales son subutilizados debido al desconocimiento de su composición química. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar nutricionalmente especies silvestres y cultivadas, sub aprovechadas, con potencial para alimentación de rumiantes en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en Km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital. Sus características geográficas son: latitud norte 24° 10' 00'' y longitud este 104° 40'00''. Altitud de 1890 msnm. Clima tipo BS1(w) (e) que corresponde a templado seco, con lluvias en verano (INEGI, 2008).

Se colectaron de manera aleatoria 23 muestras, correspondientes a 22 especies vegetales en el Estado de Durango, México, de acuerdo con los órganos y subproductos de interés como son tubérculos, frutos y semillas (Cuadro 1). El tamaño de la muestra varió entre un 1 kg para semillas, hasta 30 kg para vainas de mezquite; en el muestreo se incluyeron especies arvenses como son aceitilla (*Bidens* spp.), lampote (*Tithonia* spp.), frutos (vainas) de plantas semi-domesticadas como el mezquite (*Prosopis laevigata*) y ornamentales como la lila (*Melia azedarach*). Se incluyeron también semillas de plantas cultivadas como el girasol (*Helianthus annuus* cv. M91) utilizado como muestra testigo para el contenido de grasa cruda, el maíz (*zea mays* cv. Cafime) como testigo del contenido de carbohidratos no estructurales y frijol (*Phaseolus vulgaris* cv. Pinto Saltillo) como testigo del contenido de proteína cruda. Se evaluaron subproductos vegetales como el tubérculo de calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima*), jícama (*Pachyrhizus erosus*) y camote (*Ipomea batatas*). Las muestras fueron colectadas durante la maduración de frutos y semillas.

Cuadro 1. Muestras incluidas en la identificación de insumos, para la alimentación de rumiantes.

Nombre Local	Nombre científico	Nombre Local	Nombre científico
Aceitilla	<i>Bidens</i> spp.	Calabacilla loca	<i>Cucurbita foetidissima</i>
Lampote	<i>Tithonia</i> spp.	Jicama	<i>Pachyrhizus erosus</i>
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	Huizache	<i>Acacia</i> spp.
Girasol M91 ^(T1)	<i>Helianthus annuus</i>	Frijol Pinto Saltillo ^(T3)	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Maíz cafime ^(T2)	<i>Zea mays</i>	Mezquite	<i>Prosopis laevis</i>
Calabaza de Castilla	<i>Cucurbita</i> spp.	Avena	<i>Avena sativa</i>
Cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>	Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>
Mijo	<i>Pennisetum glaucum</i>	Lila	<i>Melia azedarach</i>
Chía	<i>Salvia hispanica</i>	Camote Rojo	<i>Ipomoea batatas</i>
Cuernitos	<i>Proboscidea louisianica</i>	Camote Amarillo	<i>Ipomoea batatas</i>
Amaranto	<i>Amaranthus</i> spp.	Leucaena	<i>Leucocephala</i>

(T1)= testigo para grasa; (T2)= testigo para carbohidratos no estructurales (fibrosos); (T3)= testigo para proteína.

Los análisis químicos para la caracterización de las 23 muestras, se realizaron por duplicado de acuerdo a los métodos descritos por la A.O.A.C (1995). Las fracciones de fibras fueron determinadas mediante el método descrito por Goering y van Soest (1991). El contenido de carbohidratos no estructurales se calculó restando el contenido de cenizas (materia inorgánica), proteína cruda, extracto etéreo, grasa cruda y FDN, al 100% de materia seca de las muestras. Para el presente estudio se utilizó el diseño completamente al azar, siendo las variables respuesta cada uno de los componentes nutricios evaluados. El análisis de varianza se obtuvo mediante el comando GLM del programa estadístico NCSS (2002) y la comparación de medias se realizó con base en la diferencia mínima significativa de Fischer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en el Cuadro 2, se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las muestras para cada uno de los componentes químicos evaluados en el presente estudio. Las muestras que presentaron menores y diferentes valores de cenizas (materia inorgánica) fue el maíz (1.65%), seguida de las semillas de cártamo (2.42%) y raíz de calabacilla loca (3.02%), en

contraste de los mayores valores presentados por la especie de leucaena (4.97%) similar a las semillas de calabacilla loca (4.94%), siendo valores mayores a las muestras testigo.

Cuadro 2. Componentes químicos de importancia nutricia para rumiantes, contenidos en las especies vegetales silvestres y cultivadas evaluadas (% en Base Seca).

Especie	MI	PC	GC	FDN	CNE	Hem	Cel	Lig
Aceitilla	7.49 ^k	20.49 ^j	11.67 ^g	44.10 ^l	16.25 ^e	13.79 ^{jk}	20.46 ^l	9.85 ⁱ
Lampote	4.46 ^{hi}	17.40 ^{hi}	18.98 ^h	52.53 ^o	6.63 ^b	16.71 ^l	21.69 ^m	13.94 ^k
Algodón	3.84 ^g	16.44 ^{gh}	22.79 ⁱ	43.71 ^l	13.22 ^d	12.54 ^{lj}	25.04 ^o	6.05 ^f
Girasol M91(T ₁)	4.40 ^{hi}	22.96 ^k	28.40 ^k	28.65 ^h	15.60 ^e	11.33 ^{hi}	11.11 ⁱ	6.21 ^f
Maíz C ⁶ (T ₂)	1.65 ^a	10.36 ^d	4.57 ^d	12.59 ^d	70.83 ^k	10.40 ^{gh}	2.15 ^a	0.03 ^a
Calabaza C. ¹	3.73 ^{efg}	32.59 ^m	30.16 ^l	30.44 ⁱ	3.08 ^a	12.27 ^{ij}	9.89 ^h	8.27 ^g
Cártamo	2.42 ^b	13.35 ^e	32.14 ^m	48.53 ⁿ	3.56 ^a	14.48 ^k	22.63 ⁿ	11.19 ^j
Mijo	3.79 ^{fg}	10.40 ^d	5.32 ^{de}	13.69 ^d	66.80 ^j	6.47 ^e	5.46 ^{cd}	1.76 ^{cd}
Chía	4.40 ^{hi}	20.80 ^j	33.08 ⁿ	33.43 ^j	8.29 ^c	13.38 ^{jk}	11.21 ⁱ	8.78 ^{gh}
Cuernitos	3.41 ^d	18.24 ⁱ	37.49 ^p	37.04 ^k	3.81 ^a	4.17 ^{cd}	23.24 ⁿ	9.58 ^{hi}
Amaranto	3.67 ^{defg}	14.17 ^{ef}	6.61 ^f	8.75 ^b	66.80 ^j	3.51 ^{bc}	3.34 ^b	1.90 ^d
⁵ Calabacilla L. ²	3.02 ^c	7.86 ^c	0.93 ^a	7.73 ^b	80.45 ^m	2.33 ^{ab}	4.97 ^c	0.44 ^{ab}
Calabacilla L. ²	4.94 ^j	28.72 ^l	27.51 ^j	31.27 ⁱ	7.56 ^{bc}	9.73 ^{fgh}	13.42 ^j	8.12 ^g
Jicama	4.46 ^{hi}	10.09 ^d	0.91 ^a	11.17 ^c	73.36 ^l	3.44 ^{bc}	6.80 ^f	0.93 ^{bc}
Huizache	4.48 ^{hi}	9.72 ^d	1.95 ^{bc}	15.92 ^e	67.93 ^j	5.47 ^{de}	7.84 ^g	2.58 ^d
Frijol P.S. ³ (T ₃)	4.28 ^h	17.48 ^{hi}	1.11 ^a	15.72 ^e	61.42 ⁱ	10.44 ^{gh}	5.28 ^{cd}	0.00 ^a
Vaina Mezquite	3.54 ^{def}	10.24 ^d	2.75 ^c	27.62 ^h	55.85 ^h	9.05 ^{fg}	14.83 ^k	3.74 ^e
Avena	4.61 ⁱ	15.59 ^{fg}	5.46 ^e	18.22 ^f	56.12 ^h	10.97 ^{hi}	6.19 ^{ef}	0.60 ^{ab}
Cacahuete	2.30 ^b	24.19 ^k	34.53 ^o	16.42 ^e	22.57 ^f	6.13 ^e	5.87 ^{de}	4.42 ^e
Lila	3.47 ^e	5.92 ^b	4.85 ^{de}	46.51 ^m	39.25 ^g	9.86 ^{fgh}	20.84 ^l	15.53 ^l
Camote Rojo	3.67 ^{defg}	4.10 ^a	1.17 ^{ab}	5.12 ^a	85.95 ⁿ	2.23 ^{ab}	2.83 ^{ab}	0.06 ^a
Camote A. ⁴	4.54 ^{hi}	5.04 ^{ab}	0.41 ^a	5.25 ^a	84.76 ⁿ	1.75 ^a	3.50 ^b	0.01 ^a
Leucaena	4.97 ^j	6.45 ^{bc}	7.12 ^f	25.76 ^g	55.71 ^h	8.58 ^f	11.32 ⁱ	5.86 ^f
Medias	3.98	14.89	13.91	25.23	41.9	8.65	11.3	5.21
Error estándar	0.09	0.59	0.29	0.41	0.41	0.57	0.24	0.29

Medias dentro de las columnas con diferente literal son distintas (P<0.01).

C.¹= de castilla; L.²= loca; P.S.³= Pinto Saltillo; A.⁴= amarillo; 5= Raíz; 6=cafime; (T₁)= testigo para grasa; (T₂)= testigo para carbohidratos no estructurales; (T₃)= testigo para proteína; MI= materia inorgánica (cenizas); PC= proteína cruda; GC; grasa cruda; FDN= fibra detergente neutra; CNE= carbohidratos no estructurales; Hem= hemicelulosa; Cel= celulosa; Lig= lignina.

En el caso del contenido de proteína, las muestras de calabacilla loca presentaron mayores valores (32.59% y 28.72%) que la muestra comercialmente utilizada, semillas de girasol (22.96%), así como del frijol (T3), el cual alcanzó un valor menor y diferente (17.48%). La muestra de cacahuate también presentó un contenido mayor de proteína con respecto al testigo 1, no obstante similar estadísticamente ($p < 0.01$). Los contenidos menores de proteína los presentaron las muestras de lila (5.92%), camote amarillo (5.04%) y camote rojo (4.10%), lo cual corrobora que estas especies son ricas en carbohidratos tales como almidón y carbohidratos simples.

Los mayores y diferentes ($p < 0.01$) contenidos de lípidos, en comparación de la muestra testigo de girasol (28.40%), correspondieron a las muestras cuernitos (37.49%), cacahuate (34.53%), chía (33.08%), cártamo (32.14%) y calabaza de castilla (30.16%). Los menores y diferentes valores de extracto etéreo lo presentaron el camote amarillo (0.41%), la jicama (0.91%), la raíz de calabacilla loca (0.93%) y el frijol (1.11%), siendo similares entre sí. Estos resultados confirman que el nutrimento principal de estos organelos vegetales es la fracción de almidón.

No menos importante para fines de alimentación de rumiantes, es el componente de FDN, en el cual el mayor y diferente valor fue por parte del lampote (52.53%), seguido del cártamo (48.53%) y la lila (46.51%). Siendo los menores y similares valores entre sí los reportados por el camote rojo (5.12%) y amarillo (5.25%), lo que demuestra que los carbohidratos que los conforman no son estructurales. Lo anterior se confirma con los valores calculados de carbohidratos no estructurales donde los camotes obtuvieron contenidos medios de 85.35% de CNE, valores mayores y diferentes al resto de las muestras. Otras especies con elevados contenidos de carbohidratos no estructurales fueron la raíz de calabacilla loca (80.45%), la jícama (73.36%), y la muestra testigo maíz (70.83%). Todas las muestras restantes presentaron valores menores y diferentes al testigo 2, siendo el menor valor el presentado por las muestras de la especie de calabacilla loca ($\mu = 3.32\%$) y cuernitos (3.81%). Estos valores indican que las muestras evaluadas que presentan altos contenidos de lípidos, presentan un porcentaje pobre de CNE y viceversa.

Un componente de la fracción de fibras que es digerible por los rumiantes, es el contenido de hemicelulosa, la muestra que obtuvo el mayor y diferente ($p < 0.01$) valor, fue el lampote (16.71%), seguido por las muestras similares entre sí ($p < 0.01$), aceitilla (13.79%) y chía (13.38%), contenidos altos en comparación del resto de las muestras también los presentaron las muestras cultivadas, avena (10.97%) y girasol (11.33%). Otro componente de importancia nutricia es la celulosa, siendo la muestra que presentó el mayor y diferente contenido de celulosa fue el algodón (25.04%), seguida de las muestras de cuernitos (23.24%), lampote

(21.69%), lila (20.84%) y la aceitilla (20.46%). El maíz presentó el menor y diferente valor (2.15%), seguida del camote rojo (2.83%), siendo ésta última también similar al camote amarillo (3.50%).

El componente no digerible por los rumiantes es la lignina, así que una limitante del valor nutrimental de las muestras es este valor. Las muestras con alto y diferente ($p < 0.01$) contenido de lignina lo presentaron la lila (15.53%), lo que indica que un 33.4% del contenido de FDN es indigestible, lo cual le hace una especie con menos potencial para su uso en alimentación animal. También el lampote presentó un valor alto de lignina (13.94%), similar al cártamo (11.19%) que es una especie con cierto grado de aprovechamiento comercial por su valor lipídico. Los menores y diferentes valores de lignina lo presentaron las muestras testigo por su contenido de proteína y carbohidratos solubles, el frijol (0.00%) y el maíz (0.03%), siendo similares a los camotes ($\mu = 0.03\%$), la raíz de calabacilla (0.44%) y la avena (0.60%).

Estos resultados no pueden compararse con otros autores debido a la falta de la evaluación nutrimental de las especies silvestres evaluadas. Pero si permiten un mayor conocimiento de las mismas. Resultados que muestran que, aunque la lila presenta un alto contenido de lignina, también cuenta con alto contenido de carbohidratos no estructurales, lo que puede presentar potencial para su uso en la alimentación de rumiantes. Muestras como el cacahuate, pueden tener potencial para la obtención de lípidos y por ende, los residuos presentarían alto contenido proteínico. Las especies como la chía, cuernitos calabaza de castilla y la calabacilla loca presentan altos contenidos proteínicos, lo que presentan potencial para su uso en alimentación animal.

CONCLUSIONES

El conocimiento de los componentes químicos obtenido en el presente estudio, contribuye al conocimiento de las cualidades químicas de las especies evaluadas. Además, permite corroborar que existen plantas silvestres y cultivadas en la región, no utilizadas o subaprovechadas, las cuales presentan potencial para su uso en la alimentación de rumiantes a causa de sus altos contenidos de proteína y carbohidratos no estructurales. Entre las especies por su alto contenido en proteína cruda: la calabaza de castilla, calabacilla loca, cacahuate, chía, aceitilla, cuernitos y lampote. Por su alto contenido en carbohidratos no estructurales: los tubérculos de camote, la raíz de calabacilla loca, el mijo, el mijo y el amaranto. Por su alto contenido en celulosa: cártamo, cuernitos, con valores muy cercanos al algodón. Estos resultados propician la implementación de mayores estudios dirigidos al valor biológico de los componentes nutricios de estas especies vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA. Consultado en línea el 14 de diciembre de 2016.
- Church, D.C.; Pond, W.G.; Pond, K.R. 2004. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, autorizados por JOHN WILEY & SONS, INC. 15-56, 323-370 pp.
- Cudennec, T.; Caraec, L., Catiau, R.; Ravallec, R. 2012. Chapter 31 –Upgrading of Sea By-products: Potential Nutraceutical Applications. *Advances in Food and Nutrition Research*. 65:479-494.
- González, e.ms.; González, E.M.; Márquez, L.M.A. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Editorial Instituto Politécnico Nacional (IPN) – Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR). 31-33, 49-76 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Consultado el 31 de mayo del 2016. www.inegi.org.mx/prod_ser/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeum/2008/Aeum081.pdf
- Number Cruncher Statistical Systems (NCSS). 2002. PASS Power Analysis & Sample Size Software.
- Shimada, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparative. 17-112 pp.
- Van Soest, P.J., Roberson, J.B., 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.

USO DE FOSFITO EN LA PRODUCCIÓN DE MEZQUITE EN VIVERO

Erickson Basave-Villalobos¹, Celi G. Calixto Valencia², Rigoberto Caldera Galindo², Sergio Rosales Mata y Homero Sarmiento López¹

¹Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP.

²Prestador independiente de servicios profesionales. Correo-e: basave.erickson@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El mezquite [*Prosopis laevigata* (Humboldt et Bonpland ex Willd.) M. C. Johnst.] es uno de los principales componentes arbóreos o arbustivos de las regiones áridas y semiáridas de México. Ahí desempeña diversas funciones ecológicas que favorecen la provisión de bienes y servicios ecosistémicos (Rodríguez *et al.*, 2014).

Sin embargo, las poblaciones naturales de mezquite han reducido su cobertura debido a varios factores entre los que destacan el cambio en el uso del suelo, sobrepastoreo y aprovechamiento excesivo para la obtención de leña u otros productos. Ello ha conducido a la necesidad de reforestar o establecer plantaciones para reducir la presión sobre las poblaciones naturales; por lo tanto, anualmente la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) emprende programas con dicho propósito, lo que deriva en una demanda alta de planta de mezquite producida en vivero.

La planta producida en vivero debe ser de buena calidad, en términos de características morfológicas y fisiológicas, para asegurar un desempeño satisfactorio (tasas altas de crecimientos y supervivencia) de los trabajos de reforestación y plantaciones. Por ello, los viveristas deben producir planta que satisfaga los requisitos mínimos de calidad establecidos por la norma NMX-AA-170-SCFI-2016, en la cual se pide planta de 20-30 cm en altura de la parte aérea y diámetros en el cuello de la raíz de 3.5 mm o más, dentro de un ciclo de producción que va de cuatro a cinco meses.

En los viveros forestales varios insumos, como fertilizantes, sustratos, etc., se emplean en combinación con labores culturales para estimular y mejorar el crecimiento de las plantas y así promover las características morfológicas y fisiológicas de calidad requeridas, pero todavía se tiene algunos problemas que dificultan la obtención de la planta con la calidad deseada. Esto genera la necesidad de continuar buscando alternativas para mejorar la producción, en la que el uso de bioestimulantes puede ser una de ellas.

De acuerdo con Du Jardin (2015), un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a la planta con el objetivo de mejorar la eficiencia nutrimental, la tolerancia a estrés

abiótico y las características de calidad de los cultivos. Existen varias sustancias microorganismos con ese propósito, destacando por su disponibilidad en el mercado, uso creciente y efectividad son los silicatos, hongos del género *Trichoderma*, ácidos húmicos y fúlvicos, y fosfitos. Al respecto, estos últimos han sido analizados en diversos estudios con hortalizas y han demostrado ser efectivos para mejorar su producción (Gómez-Merino y Trejo-Téllez, 2015), lo cual da pauta a suponer un efecto similar en la producción de mezquite; sin embargo, una valoración de ello es requerida. Por lo tanto, el presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de uso de fosfito sobre las características morfológicas y fisiológicas de plantas de mezquite durante su producción en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Durango, México (23°59'17.1"N, 104°37'35.7"O, 1880 msnm).

Para el ensayo se utilizaron plántulas de mezquite originadas a partir de semilla recolectada en rodales naturales de Aldama, Chihuahua. La plántula se produjo en tubetes negros de plástico de 380 mL y como sustrato se usó una mezcla a base de turba de musgo esfagno, corteza de pino y perlita en proporciones de 40, 40 y 20%, respectivamente, al cual se le agregó fertilizante de liberación controlada Multicote 15-7-15+ME® en dosis de 4 g/L.

Cuando las plántulas cumplieron un mes de edad, inició la aplicación del fosfito. El fosfito se aplicó como Fosfito de Potasio ($H_3PO_3K_2$) rociado en follaje, en una dosis de 10 mL/L de agua, a partir de un producto comercial Alexin-K® (AgroScience Labs Inc. USA). Durante un lapso de dos meses se hicieron ocho aplicaciones semanales.

El factor de estudio fue la aplicación de fosfito. Éste tuvo dos niveles: con fosfito y sin fosfito. Este último fue el tratamiento control. Cada tratamiento tuvo ocho repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 25 plántulas. El diseño experimental empleado fue completamente al azar.

A los 4.5 meses de edad, a un conjunto de 40 plántulas elegidas al zar de cada tratamiento, se les analizaron diversas características morfológicas y fisiológicas de calidad de planta. Por el lado de las morfológicas se evaluó la altura de la parte aérea (cm), el diámetro al cuello de la raíz (mm) y la biomasa seca total (g). Esta última variable fue seccionada por componentes a nivel de hojas tallo y raíz y se determinaron los patrones de asignación de biomasa de cada uno, de forma que se estimó la proporción de biomasa foliar (PBF; %), la proporción de biomasa

de tallo (PBT; %) y la proporción de biomasa radical (PBR; %). Fisiológicamente se midió la eficiencia fotosintética mediante la tasa de asimilación neta ($\text{mg cm}^2 \text{d}^{-1}$), cuya fórmula fue la siguiente:

$$\text{TAN} = \frac{(PST_2 - PST_1)(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(AF_2 - AF_1)(T_2 - T_1)}$$

Donde:

PST= peso seco total de las plántulas en valores absolutos y logarítmicos (ln)

AF= área foliar de las plántulas valores absolutos y logarítmicos (ln).

T= tiempo. En todos los casos 1 y 2 se refiere a la evaluación inicial y final respectivamente, con un lapso entre ellas de 98 días.

Finalmente, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza no paramétrico con la prueba Kruskal-Wallis. En casos requeridos, las medias se compararon por pares. Diferencias estadísticas $P < 0.05$ fueron consideradas significativas. Los datos se presentan en medias \pm desviación estándar. El análisis estadístico se realizó en infoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de varianza, el factor estudiado presentó diferencias estadísticamente significativas únicamente en la tasa de asimilación neta ($P=0.0006$), con valores promedio de TAN para las plantas sin fosfito de $0.86 \pm 0.22 \text{ mg cm}^2 \text{d}^{-1}$ y para las plantas con fosfito de $0.65 \pm 0.13 \text{ mg cm}^2 \text{d}^{-1}$. En las demás variables no se mostraron efectos estadísticamente distintos entre aplicar y no aplicar fosfito; sin embargo, numéricamente los valores promedio de las plantas que no recibieron fosfito fueron superiores en comparación con las que si recibieron (Cuadro 1), aunque sin notable modificación contrastante de los patrones de asignación de biomasa (Figura 1).

Cuadro 1. Valores promedio de las variables morfológicas evaluadas en plantas de mezquite producidas con y sin fosfito

Variable evaluada	Tratamientos	
	Sin fosfito	Con fosfito
Altura de la parte aérea (cm)	33.28 \pm 4.78	31.36 \pm 5.13
Diámetro al cuello de la raíz (mm)	3.55 \pm 0.37	3.36 \pm 0.38
Peso seco total (g)	3.05 \pm 0.79	2.42 \pm 0.47

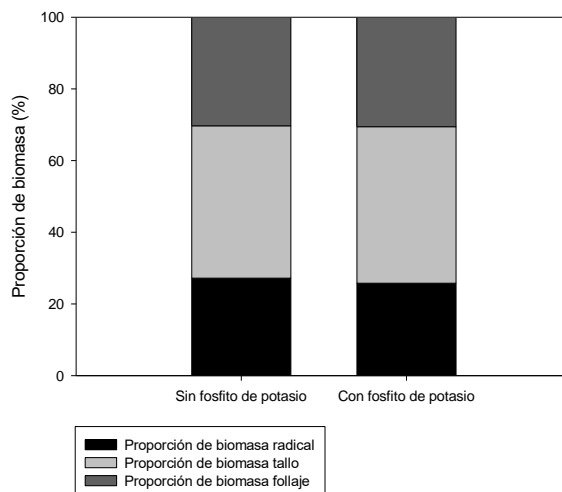


Figura 1. Patrones de asignación de biomasa de plántulas de mezquite producidas con y sin fosfito.

Los resultados obtenidos en función de las variables evaluadas sugieren que el uso del fosfito en la producción de planta de mezquite no tiene ventaja para mejorar la calidad de las plantas. Estos hallazgos difieren con los reportados por Rickard (2000), quien demuestra un efecto que el uso del fosfito tiene un efecto benéfico en incrementar la calidad y rendimiento de diversos cultivos hortícolas. En cambio la ausencia de efectos positivos del fosfito en la calidad o rendimiento de los cultivos coincide con los resultados aportados por Bertsch *et al.* (2009) en un estudio realizado con lechuga, tomate y banana; no obstante, el trabajo en cuestión analizó el efecto del fosfito como fuente nutrimental de fósforo y el resultado no fue positivo cuando el fosfito se aplicó en 100% como fuente de fósforo, a diferencia de una combinación de 50% de fosfito y 50% de fosfato que si resultó en una mejora del crecimiento de los cultivos y estado nutrimental. Probablemente la contrariedad entre los resultados de este trabajo con mezquite y los reportados en los estudios citados se deba al tipo de cultivos, de los cuales es difícil establecer comparaciones por tratarse de especies hortícolas y el mezquite una planta forestal. Sin embargo es conveniente analizar otras dosis y medir otras variables de respuesta como estado nutrimental y resistencia a enfermedades, lo cual es un enfoque mayormente explorado (Shearer y Crane, 2012).

CONCLUSIONES

El uso del fosfito en la producción de planta de mezquite no mostró ventaja para mejorar la calidad morfológica y fisiológica de las plantas y posiblemente su efecto positivo esté relacionado a otras características que no fueron evaluadas en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertsch, F., Ramírez, F., Henríquez, C., 2009. Evaluación del fosfito como fuente fertilizante de fósforo vía radical y foliar. *Agron. Costarricense* 33: 249–265.
- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196: 3-14.
- Gómez-Merino, F. C. & Trejo-Téllez, L. I. 2015. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 82-90.
- Rodríguez Saucedo, E. N., Rojo Martínez, G. E., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong H., Medina Torres, S. M., Piña Ruiz, H. H. 2014. "Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México". *Ra Ximhai*, 10(3): 173-193.
- Rickard, D.A. 2000. Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. *J. Plant Nutr.* 23, 161–180.
- Shearer, B.L., Crane, C.E., 2012. Variation within the genus *Lambertia* in efficacy of low-volume aerial phosphite spray for control of *Phytophthora cinnamomi*. *Australas. Plant Pathol.* 41: 47–57.

AJO (*Allium sativum* L.): UNA EVALUACIÓN QUÍMICA

Juan José Figueroa-González¹, Manuel Reveles-Hernández¹, Maihualy Martínez-Fernández²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Zacatecas. Apartado Postal No. 18, Calera de V.R., Zacatecas, C.P. 98500, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle del Guadiana. Km. 5 Carretera Durango-El Mezquital Durango, Dgo. C.P. 43000, México.
Autor para correspondencia: figueroa.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El ajo es una hortaliza utilizada como especia en la cocina y como compuesto bioactivo en la medicina tradicional a través de la historia. Los efectos sobre la salud producidos por el ajo han sido utilizados para la protección de infecciones, enfermedades del corazón y cáncer. Los dientes triturados son ricos en compuestos que contienen azufre denominados conjuntamente compuestos de organosulfuro, los cuales son los principios activos responsables de la actividad biológica del ajo (Schäfer y Kaschula, 2014). Estos incluyen a tres péptidos principales de γ -glutamil: γ -L-glutamil-S-alil-L-cisteína, γ -L-glutamil-S-(trans-1-propenil)-L-cisteína y γ -L-glutamil-S-metil-L-cisteína (Beato *et al.*, 2012). Igualmente, el ajo es una medicina natural popular, y estudios recientes han estudiado las funciones del ajo como alimento medicinal (Ryu y Kang, 2017). Asimismo, el ajo ha adquirido una notable reputación por sus propiedades profilácticas y terapéuticas (Bayan *et al.*, 2014).

Por otro lado, el manejo postcosecha del ajo, para fines de comercialización, consiste en la selección del bulbo por dimensiones para cubrir los requerimientos del cliente. En esta operación se descartan aquellos que presentan alguna alteración de forma o la falta de algún diente, desgranado y aquellos de tamaño pequeño que no son de interés económico por el manejo de empaque, aun cuando no presente ningún daño físico o microbiológico (Figueroa-González *et al.*, 2014). Sin embargo, las propiedades químicas del ajo son de suma importancia para un mejor control de calidad en postcosecha. El contenido de grados brix ($^{\circ}$ BX) referente a los sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable total (ATT) e índice de maduración (IM) permiten el momento óptimo de cosecha y ofrecen resultados necesarios para la industrialización de esta hortaliza. Sobre todo, para la transformación agroindustrial de aquellos ajos que no cumplen con los estándares comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Se utilizaron tres variedades de ajo: chino Seis, Ensenada y Platero sembradas y cosechadas en el Campo Experimental Zacatecas (22° 54' N, 102° 39' O) con una altitud de 2 197 msnm.

Preparación de la muestra. Los ajos se limpiaron, se separaron los bulbos y se pelaron manualmente. Una vez pelados los ajos, se trituraron con un raspador casero y dicha muestra se utilizaron para los siguientes análisis.

Grados brix (°Bx). Se utilizaron dos gotas del jugo obtenido durante el raspado de los dientes de ajo y se colocaron en un refractómetro (ATAGO Hand Refractometer, HSR 500 Brix 0.0-90.0%) para obtener la información de sólidos solubles totales (SST) en cada una de las muestras de ajo.

pH. Se utilizaron 15 g de muestra triturada, la cual se colocó en vasos de precipitados de 100 mL. Posteriormente, se agregaron 50 mL de agua destilada se homogeneizó la mezcla y se procedió a medir el pH.

Acidez titulable total (ATT). Una vez calibrado el potenciómetro (pH Meter, Thermo Scientific Orion Star A211) mediante las soluciones tampones, 4, 7 y 10. Se introdujo el potenciómetro en la misma muestra utilizada para medir el pH. Se agregó hidróxido de sodio (NaOH; 0.1 N) con agitación, desde una bureta graduada de 10 mL titulando hasta alcanzar un pH de 8.3. Finalmente, se consideró el volumen gastado en la titulación.

Índice de maduración (IM). El índice de maduración es la relación que existe entre la concentración de SST y la ATT (SST/ATT).

Diseño experimental y análisis estadístico. Se realizó un diseño completamente al azar. Los datos se analizaron a través del análisis de varianza y la comparación de medias de Tukey $p \leq 0.05$ (SAS ver. 9.2, SAS Institute Inc., 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1A se presenta el contenido de sólidos solubles totales (SST) los cuales no presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Conforme se desarrolla la pulpa de la hortaliza, se depositan nutrientes en forma de almidón que se transforman en azúcares durante el proceso de maduración. Dicho proceso de maduración lleva a un aumento en los niveles de azúcar. Los SST en ajos de la variedad Ensenada presentó el valor más alto de grados brix, seguido de la variedad Platero y Chino Seis. Figueroa-González *et al.* (2014) reportó para la variedad Ensenada 33.4 grados brix.

El pH de los alimentos es una forma de medir de forma cuantitativa el nivel de acidez de los alimentos. Además, determina qué tipo de microorganismos pueden crecer en las frutas y hortalizas durante la postcosecha y el proceso de transformación agroindustrial. Para el contenido de pH (Figura 1B) no presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) las variedades. Asimismo, para la variedad Ensenada se reportaron valores de pH de 6.1 (Figuroa-González *et al.*, 2014). En ajos de color negro se reportaron valores de pH desde 4.07 hasta 6.33 (Choi *et al.*, 2014).

La acidez titulable total (ATT) también presentó diferencia significativa para la variedad Chino Seis comparada con las variedades de Ensenada y Platero (Figura 1C). Además, Figuroa-González *et al.* (2014) reportó para la variedad Ensenada una ATT de 0.45 valor mayor que el reportado en este trabajo.

Por otro lado, el índice de maduración (IM) no presentó diferencia significativa (Figura D). Igualmente, el IM para la variedad de chino Seis fue mayor hasta 1% y 5% comparados con las variedades Platero y Ensenada respectivamente. Figuroa-González *et al.* (2014) reportó un IM de 73.5% para la variedad Ensenada, 10% menos que el reportado en este trabajo. Cabe mencionar, que a medida que la hortaliza se desarrolla sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. El IM es importante para obtener hortalizas con características de madurez óptimas y determinar así el momento recomendable para la cosecha o recolección.

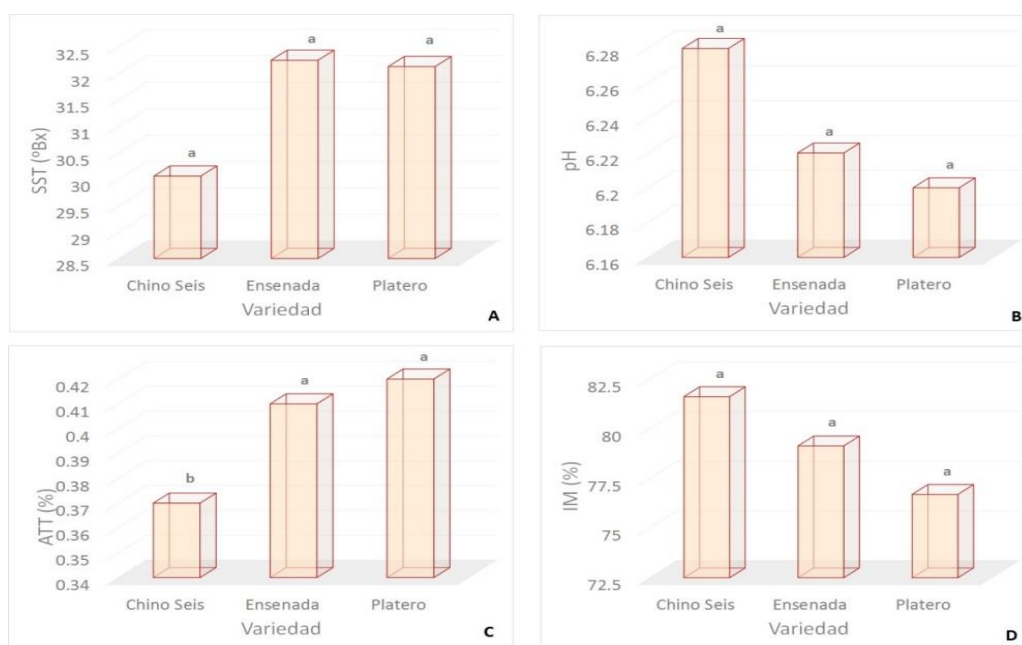


Figura 1. A) Sólidos Solubles Totales representados en grados brix (°Bx), **B)** pH, **C)** Acidez Total Titulable (ATT) reportada en % de ácido cítrico y **D)** índice de Maduración (IM) en ajos cosechados en Zacatecas. Promedios con la misma letra en las barras no son significativamente diferentes (Tukey con $p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Las propiedades químicas del ajo como pH e IM no presentaron una interacción entre el factor localidad (Zacatecas y Durango) y el factor variedad (Chino Seis, Ensenada y Platero). Sin embargo, los SST y la ATT si presentaron una interacción significativa en este estudio. De ahí, la importancia de continuar con estudios referentes a las propiedades químicas de esta hortaliza para manejar de manera precisa el momento óptimo de cosecha del ajo y aplicar mejores técnicas de postcosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Bayan, L., Koulivand, P. H., and Gorji, A. 2014. Garlic: a review of potential therapeutic effects. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4(1), 1.
- Beato, V. M., Sánchez, A. H., De Castro, A., and Montañó, A. 2012. Effect of processing and storage time on the contents of organosulfur compounds in pickled blanched garlic. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(13), 3485-3491.
- Choi, I. S., Cha, H. S., and Lee, Y. S. 2014. Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19(10), 16811-16823.
- Figueroa-González, J. J., Reveles-Hernández, M., Alvarado-Nava, M. D., y García-Guajardo, K. B. 2014. Tipificación fisicoquímica y productos agroindustriales de ajos zacatecanos.
- Ryu, J. H., and Kang, D. 2017. Physicochemical Properties, Biological Activity, Health Benefits, and General Limitations of Aged Black Garlic: A Review. *Molecules*, 22(6), 919.
- Schafer, G., and Kaschula, C. H. 2014. The immunomodulation and anti-inflammatory effects of garlic organosulfur compounds in cancer chemoprevention. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 14(2), 233-240.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. Version 9.0. SAS Institute, Inc. Cary, N. C. USA.

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS EN LA PRODUCCIÓN DE PANQUÉ DE SORGO ADICIONADO CON GOMA XANTANA

Figuroa-González Juan José^{1,3}, Téllez-Luis Simón Josías², Rodríguez-Castillejos Guadalupe Concepción¹, Palos-Pizarro Isidro², Nieto Mario Efrén²

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAM-Reynosa, Aztlán. Departamento de Tecnología de los alimentos. Calle 16 y Lago de Chapala s/n Col. Aztlán C.P. 88740. Cd. Reynosa, Tamaulipas, México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAM-Reynosa, Rodhe. Carretera Reynosa- San Fernando cruce Canal Rodhe. Col. Arcoíris C.P. 88779. Cd. Reynosa, Tamaulipas, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Zacatecas. Apartado Postal No. 18, Calera de V.R., Zacatecas, C.P. 98500, México.

Autor para correspondencia: figuroa.juan@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El sorgo en México es destinado para consumo animal. Sin embargo, este cereal es tradicional en varios tipos de alimentos alrededor del mundo (Duodu *et al.*, 2003; Gasem y Osman, 2003). Con este cereal se prepara harina de sorgo sola o bien harinas compuestas para la elaboración de galletas, snacks, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, productos cocidos al vapor, alfajores, tortillas y pan (Gasem y Osman, 2003).

Por otro lado, el pan en sus primeros orígenes era una masa plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes (Mesas y Alegre, 2002). Actualmente existen a nivel nacional más de 30 mil unidades de producción de pan. De cada diez unidades, nueve operan en la elaboración de pan y pasteles, es decir, el 92.1%, galletas y pastas con el 7.4% y molienda de trigo el 0.5% (Rodríguez, 2010).

La calidad de los productos de panificación depende de la formación de enlaces cruzados entre proteínas y el establecimiento de interacciones entre las proteínas, lípidos y polisacáridos de la masa, que son importantes para desarrollar la porosidad y textura esponjosa deseada (Damodaran *et al.*, 2010).

Los hidrocoloides como la goma xantana, son polímeros de cadena larga y alto peso molecular, que se disuelven en agua proporcionando un efecto espesante (Bárcenas y Rosell, 2005) al combinarse con el solvente apropiado (Pasquel, 2001). Mejoran el volumen del pan, proporcionan textura más suave y la tasa de envejecimiento es más lento (Bárcenas *et al.*, 2004).

Las proteínas del sorgo llamadas kafirinas (Mokrane *et al.*, 2009; Mesa-Stonestreet *et al.*, 2010) carecen de la capacidad de retener gas en una masa viscoelástica. Por lo anterior, el objetivo

de este trabajo fue evaluar las propiedades físicas del efecto de la goma xantana en la producción de panqué de sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente trabajo de investigación se utilizó la variedad de sorgo RB Paloma, cosechado en el año 2012 y proporcionado por el Campo Experimental de Río Bravo-INIFAP.

Se realizó un diseño completamente al azar donde se probaron tres concentraciones de goma xantana (GX) 0%, 0.1% y 0.5% con tres repeticiones para cada tratamiento.

La elaboración del panqué se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la UAMRA perteneciente a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. El proceso se realizó de acuerdo con Figueroa *et al.*, (2011) con algunas variantes durante el proceso de panificación: se cambió la mantequilla por aceite vegetal, se agregaron 5 mg de ácido ascórbico, 0.1 y 0.05 % de goma xantana para mejorar las propiedades de panificación. Se pesaron todos los ingredientes. Por otro lado, se mezcló el aceite con el azúcar; se agregaron las yemas y enseguida la harina cernida con el bicarbonato de sodio y sal. Una vez mezclado, se agregaron la leche (50 °C) y la vainilla. Se agregó la goma xantana y el ácido ascórbico. Posteriormente, se agregaron las claras de huevo a la mezcla. Por separado, se engrasaron los moldes y enharinaron para evitar la adhesión de la masa a las paredes durante el horneado. Se vació la mezcla en los moldes, se horneó en una Estufa acros de gas AF3600B a 250 °C por 45 min. Se dejó reposar en el horno por un periodo mínimo de 30 minutos evitando que el volumen final de panqué disminuyera o se apalmase. Se desmoldó y se empacó en bolsas de celofán.

Análisis físicos

Volumen y peso. Se determinó el volumen (cm^3) por el método de desplazamiento de semillas, de acuerdo con Tan *et al.*, 2011, con algunas modificaciones. En lugar de utilizar semillas de cilantro se utilizó semilla de nabo. El volumen específico se obtuvo de la relación del volumen entre el peso del panqué (cm^3/g). El índice de volumen se determinó de acuerdo con Turabi *et al.*, 2010. El cual consiste en el corte vertical del panqué, es decir, al centro de éste. Con un vernier se midió la altura del panqué en 3 diferentes puntos (B, C y D). Donde C es la altura del punto central del panqué. Los puntos B y D son la altura del panqué como 2.5 cm siempre hacia la izquierda o derecha del punto central (C) del panqué respectivamente. Se mide la altura de los 3 puntos y se suman para obtener el índice de volumen. Además, de registrar el peso de cada uno de los panqués elaborados.

Color. El color de la miga se determinó de acuerdo a Gómez *et al.* (2008) se utilizó el método de 5 x 5 (cinco puntos diferentes de la muestra por cinco repeticiones para cada punto). Se utilizó un colorímetro Minolta Chroma Meter CR 300 utilizando los términos de luminosidad (L^*), a^* y b^* de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Los valores de a^* y b^* obtenidos se utilizaron para el cálculo de hue y croma.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) y se aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey con un 95 % de confianza ($p \leq 0.05$) para comparación de medias con la ayuda del paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se aprecian las medias y su respectiva desviación estándar de los diferentes tratamientos con respecto al volumen y el peso para el panqué de sorgo con sus diferentes concentraciones de goma xantana (GX). El TX1 = 0%, el TX2 = 0.1% y el TX3 = 0.5% de GX. Al utilizar GX de 0 a 0.5% no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el volumen total y en el volumen específico. A pesar, de que no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) el TX4 presentó mayor volumen total y esto puede ser atribuido a la formación de burbujas de aire en la pasta y que la GX mantiene firmes durante el horneado para evitar una ruptura y la obtención de panqués de bajo volumen. De ahí la importancia de la GX que incorpora y retiene aire en las mezclas (Mandala *et al.*, 2008). Gómez *et al.* (2007) reportaron valores de $525 \text{ cm}^3/200 \text{ g}$ de pasta para pasteles en capas a los que les agregó GX comparado con el control que midió $460 \text{ cm}^3/200 \text{ g}$ de pasta. De la misma manera para el volumen específico no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Sin embargo, el uso de GX a concentraciones de 0.1% es viable para obtener panqués con buen volumen total y un excelente volumen específico. Para pasteles elaborados con harina de sorgo se reportaron valores de $1.82 \text{ cm}^3/\text{g}$ (Hussein *et al.*, 2012). El índice de volumen presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tres tratamientos siendo el TX3 4.87 y 13.55 % más alto que el TX2 y el TX1 respectivamente. Con respecto al peso del panqué el TX3 presentó 5.21 y 6.01 % más peso que el TX2 y el TX3 respectivamente. Abou-Zaid *et al.*, (2012) reportaron valores de peso que van de 83.46 a 92.72 g en panecillos elaborados con harinas compuesta de sorgo-trigo.

Cuadro 1. Propiedades físicas del panqué de sorgo.

Tratamiento	Volumen total (cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)	Índice de volumen (cm)	Peso (g)
TX1	291.33±3.21 ^a	2.14±0.06 ^a	114.83±0.28 ^c	136.32±2.98 ^b
TX2	339.33±35.52 ^a	2.46±0.23 ^a	126.33±1.60 ^b	137.49±2.24 ^b
TX3	332.66±1.52 ^a	2.29±0.01 ^a	132.83±1.75 ^a	145.05±0.15 ^a

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales; prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

El color es uno de los atributos sensoriales más importantes que afecta la preferencia de los consumidores de cualquier producto o alimento. Por ello, se requiere de atención especial a los productos de panadería para atraer la atención del consumidor (Hussein *et al.*, 2012). En el Cuadro 2 se presentan los atributos de color como son luminosidad (L^*), a^* y b^* Hue y saturación para los diferentes tratamientos. La luminosidad fue mayor en el TX1, seguido del TX3. La presencia de GX en este producto se mantiene hacia un color más oscuro. Sin embargo, el TX1 sin hidrocoloide tiende hacia una luminosidad clara a comparación con el agregado de estos. Ronda *et al.*, (2009) mencionan que la goma xantana reduce los valores de L^* en la costra de pasteles con capas elaborados con harina de arroz. Los valores de a^* pueden ser positivos (rojo) o negativos (verde). Por lo tanto, en el panqué de sorgo se mantienen por debajo de 10, y van de 6.9 a 8.56 mostrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos y tienden hacia un hue rojo similares a los reportados por (Phattanakulkaewmorie *et al.*, 2011). Con respecto a los valores de b^* van de 38.49 a 38.82. Esto significa que a mayor concentración de GX los valores de b^* disminuyen y pueden proporcionar valores negativos tendiendo hacia un hue azul. Preichardt *et al.*, (2011) reportó valores de b^* desde 30.48 hasta 32.26 en pasteles de arroz adicionados con GX. El TX3 presentó mayor Hue, seguido del TX1 y el valor más bajo para el TX2. En panes elaborados con harinas compuestas de sorgo-trigo se obtuvieron valores de Hue de 63.55 a 68 (Abou-Zaid *et al.*, 2012).

Para la saturación se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Abou-Zaid *et al.*, (2012) reportaron valores de 14.26 a 17.02 para panes elaborados con harinas compuestas de sorgo-trigo.

Cuadro 2. Atributos de color en panqué de sorgo.

Tratamiento	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	Hue	Saturación
TX1	69.06±2.47 ^a	8.56±0.87 ^a	38.50±1.65 ^a	77.46±1.13 ^b	39.45±1.71 ^a
TX2	49.78±4.14 ^c	8.43±0.53 ^a	33.49±1.31 ^b	75.84±0.97 ^c	34.54±1.29 ^b
TX3	56.11±2.70 ^b	6.9±0.36 ^b	32.82±1.07 ^c	78.11±0.50 ^a	33.54±1.09 ^c

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales; prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Es posible la producción de panqué de sorgo con la ayuda de goma xantana. Al utilizar 0.1% de GX se obtienen panqués con excelente volumen. Sin embargo, al utilizar 0.5% de GX se obtienen productos con mejor altura y peso. De ahí, la importancia para seguir investigando sobre el nivel adecuado de GX en la producción de panqué de sorgo, de tal manera, que el mismo porcentaje proporcione propiedades físicas de calidad. Por otro lado, el color del panqué de sorgo puede ser aceptado en el mercado con su respectivo análisis sensorial. Además, la sustitución de gluten para elaborar este tipo de alimentos puede ser viable en productos de la panificación como una alternativa para las personas o consumidores intolerantes al gluten.

BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Zaid, A. A. M., El-Bandy, M. A. and Ismaeili, H. 2012. Rheological properties and quality evaluation of bread and biscuits supplemented with mushroom micells flours. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 66: 237-245.
- Bárcenas, M. E., Benedito, C. and Rosell, C. M. 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *J. Food Hydrocolloids*. 18: 769-774.
- Bárcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *J. Food Hydrocolloids*. 19: 1037-1043.
- Damodaran, S., Parkin, K. L. y Fennema O. R. 2010. *Fennema química de los alimentos*. Editorial Acribia. 3ª edición. Zaragoza, España. 1154 p.
- Duodu, K. G., Taylor, J. R. N., Belton, P. S. and Hamaker, B. R. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *J. of Cereal Science*. 38: 117-131.
- Figueroa, G. J. J., Guzmán, M. S. H., Herrera, H. M. G., García, F. M. 2011. Producción de dos alimentos de la panificación preparados con harina compuesta de frijol, trigo y avena. Folleto técnico No. 34. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 36 p.
- Gasem, M. A. A. and Osman, M. A. 2003. Proximate composition and the content sugars, amino acids and antinutritional factors of three sorghum varieties. *Rest. Bult., Agric. Res. Center, King Saud Univ.*, No. 125: 5-19.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V. and Fernández, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *Food Science and Technology*. 41: 1701-1709.
- Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. and Rosell C. M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *J. Food Hydrocolloids*. 21, 167-173.
- Hussein, A. M. S., Hegazy, N. A. and Ibrahim, T. A. A. 2012. Production and evaluation of gluten-free cakes. *Australian Journal of Basic and Applied Science*. 6 (12): 482-491.

- Mandala, I., Kapetanakou, A. and Kostaropoulos, A. 2008. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II-Effect of freezing. *J. Food Hydrocolloids*. 22: 1443-1451.
- Mesas, J. M. y Alegre, M. T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Redalyc. Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 3. No. 005. 307-313.
- Mesa-Stonestreet, N. J., Alavi, S. and Bean, S. R. 2010. Sorghum proteins: the concentration, isolation, modification and food applications of kafirins. *Journal of Food Science*. Vol. 75. No. 5. 90-104.
- Mokrane, H., Lograin, B., Gebruers, K., Courtin, Ch. M., Brijs, K., Proost, P. and Delcour, J. A. 2009. Characterization of kafirins in Algerian sorghum cultivars. *J. Cereal Chem.* Vol. 86. No. 5: 487-491.
- Pasquel, A. 2001. Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*. Vol. 1. No. 1. 1-8 p.
- Phattanakulkaewmorie, N., Paseephol, T. and Moongngarm, A. 2011. Chemical composition and physico-chemical properties of malted sorghum flour and characteristics of gluten free bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 57: 454-460.
- Preichardt, L. D., Vendruscolo, C. T., Arocha, G. M. and Moreira, A. da S. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 2591-2597.
- Rodríguez, I. 2010. Baja el consumo de pan en México. *Nota de Manufactura*. [Consultado el 4/02/2013]. Disponible en línea:
<http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2010/08/26/baja-el-consumo-de-pan-en-mexico>
- Ronda, F., Gómez, M., Caballero, P. A., Oliete, B. and Blanco, C. A. 2009. Improvement of quality of gluten-free layer cakes. 15 (2): 193-202.
- Tan, M. C., Chin, N. L. and Yusof, Y. A. 2011. Power ultrasound aided batter mixing for sponge cake batter. *Journal of Food Engineering*. 104: 430-437.
- Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *J. Food Hydrocolloids*. 24: 755-762.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE HIGUERILLA EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Mali Nay Buendía Tamariz^{1*}, Ricardo Trejo Calzada²

¹Estudiante de Doctorado en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas, UACH. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Dgo. C.P. 35230. *E-mail mali.buendia@hotmail.com

²Dr. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Km. 38 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Dgo. C.P. 35230.

INTRODUCCIÓN

La higuera es una planta oleaginosa que presenta capacidad de adaptación y actualmente es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, aunque es típica de regiones semiáridas. El cultivo de la higuera se ha extendido en el mundo y su aceite aunque no es considerado como comestible, posee múltiples usos en diversas industrias como la automotriz, farmacéutica, cosmetología, química, fertilizantes, pesticidas, aeronáutica, médica, energética (Barrios-Gómez *et al.*, 2013; Jeong *et al.*, 2009).

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa, que usa datos simples y básicos, para la descripción e interpretación de las plantas que crecen en ambiente natural, seminatural o controlado. El crecimiento es el aumento del tamaño de la planta, el cual puede ser en materia seca o en dimensiones como consecuencia de la formación de nuevas células, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados. El crecimiento de las células es un incremento irreversible en el tamaño.

El crecimiento vegetal es considerado como el cambio irreversible en el tiempo de algún atributo físico, en tamaño (masa, volumen o área), en forma y ocasionalmente en número (Peixoto *et al.*, 2009; Lambers *et al.*, 2006). En los vegetales, el crecimiento es la consecuencia de la interacción de todos los procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración y nutrición, entre otros, como resultado de su genética y del ambiente en el cual se desarrollan (Lambers *et al.*, 2006).

Las respuestas fisiológicas de las plantas están directamente relacionadas con temperatura humedad en el suelo y radiación solar, factores que regulan la actividad fotosintética, la cual al final, determina la tasa de incorporación y fijación de CO₂, como proceso responsable por la acumulación de materia seca en las plantas (Peixoto *et al.*, 2009). El carbono asimilado que no es perdido por respiración, incrementa la biomasa del vegetal y puede ser usado tanto en el crecimiento, como, en la acumulación de reservas en los diferentes órganos por la planta (Larcher, 2011). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar los índices de crecimiento

TAN y TCR en dos variedades de higuera con diferentes niveles de humedad como indicadores de productividad en las zonas áridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Dos variedades de higuera Rincón, y Gen A, fueron usadas en este trabajo. La densidad de población fue: 13,888 plantas ha⁻¹, con camas de 1.20 m de ancho y distanciamiento de 0.6 m entre plantas. La unidad experimental consistió en cuatro camas de 9 metros de largo por 1.2 m de ancho y la parcela útil correspondió a los 7 metros centrales de las dos camas centrales.

Las variedades de higuera fueron sembradas de manera manual. Una vez que las plantas alcanzaron de 15 a 20 cm de altura (39 dds), tres tratamientos de contenido de humedad (Alto, medio y bajo) se iniciaron. Se determinó que la Capacidad de Campo (CC) fue de 27 %, en tanto que el Punto de Marchitez Permanente (PMP) fue 13 %. Con esta información se procedió a hacer una curva de calibración de contenido de humedad en porcentaje contra tensión de energía en Megapascal (Mpa). Posterior a esto, se procedió a dar un riego generalizado a CC; consecutivamente, se diferenciaron los contenidos de humedad en el suelo. Para ello, se establecieron los tiempos de riego basados en un programa para cada tratamiento: para mantener el contenido de humedad favorable, se dejó bajar la humedad del suelo a un máximo de 20 % (24 Ps), 60 % (18 ps) y 100 % (14 Ps), para los niveles de humedad edáfico alto, medio y bajo, respectivamente, recuperando dicha humedad a Capacidad de campo.

Las variables medidas fueron tasa de asimilación neta (TAN, g (cm² día)⁻¹) y tasa de crecimiento relativo (TCR, g (g día)⁻¹) las cuales, se evaluaron al seleccionar e identificar plantas al azar dentro de cada tratamiento al final del experimento.

Análisis de los datos. Para interpretar las variables cuantitativas se aplicó un análisis de varianza, y una prueba de comparación de medias de Tukey (HDS $\alpha=0.05$) a través del programa estadístico Rstudio, para los tratamientos y las variables a evaluar. Para la elaboración de las gráficas se utilizó el programa Excel.

RESULTADOS Y DISCUSION

La TAN expresa la capacidad de una planta en incrementar su biomasa en función de su superficie asimiladora durante un determinado periodo de tiempo; por lo que, este índice se relaciona con la eficiencia fotosintética de la planta en forma general y representa el balance del carbono entre el material elaborado a través de la fotosíntesis (anabolismo) y aquel perdido por la respiración y otros procesos (catabolismo), lo que indica la eficiencia de una planta en la producción de materia seca (Peixoto y Peixoto, 2009).

En nuestro estudio, no se observaron diferencias significativas (HSD $\alpha=0.05$) para el caso de la Tasa de asimilación neta entre las dos variedades evaluadas, así como en los tratamientos de humedad empleados en el estudio (Figura 1 a y b); sin embargo, la variedad Gen A es la que presenta en promedio ($0.00094 \text{ g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$) la mayor TAN comparada con la variedad Rincon ($0.00082 \text{ g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$).

Con respecto a los tratamientos de humedad, la variedad Gen A con tratamiento de humedad media (figura 1a) fue la que presenta la más alta TAN promedio ($0.0010 \text{ g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$) y la variedad Rincon de tratamiento de humedad media (figura 1b) presentó la más baja TAN ($0.00073 \text{ g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$). Además, se observa que la tasa de asimilación neta fue mayor al inicio del experimento y fue disminuyendo conforme transcurrió el tiempo, ya que generalmente la tasa de crecimiento de una planta disminuye conforme aumenta su tamaño hasta que se vuelve cero, cuando alcanza la madurez o tamaño final.

Igualmente, se puede apreciar que en general, la TAN tuvo un incremento a los 166 dds, esto probablemente se deba a que el inicio de la floración ocurrió a los 85 dds en promedio y después dio lugar a la formación de los frutos, los cuales constituyen una alta demanda para la acumulación de fotosintatos y materia seca. En otros estudios se ha identificado que la materia seca de la hoja de higuera por unidad de área tiende a disminuir con la edad de la hoja, principalmente por la translocación de C y N a las áreas de demanda (Jongebloed *et al.*, 2004).

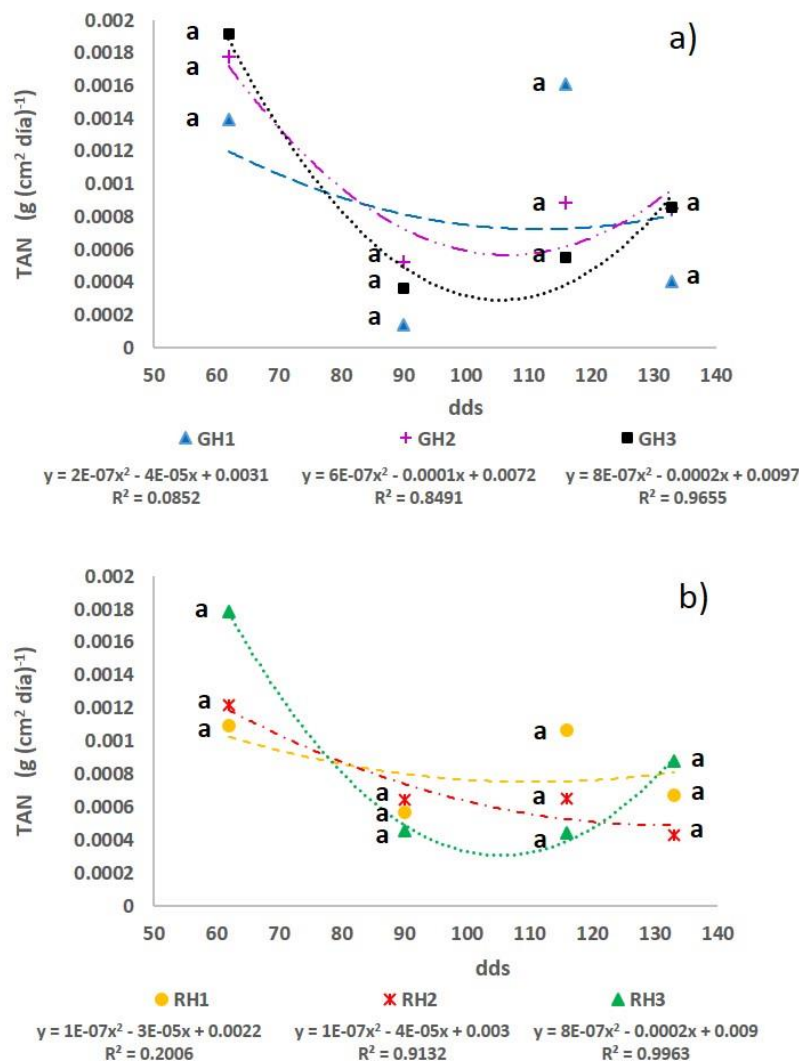


Figura 1. Tasa de asimilación neta de la variedad Gen A (a) y la variedad Rincon (b) bajo tres niveles de humedad, alto, medio y bajo en la Comarca Lagunera, México. GH1=Variedad Gen A con humedad alta (Reposición de humedad del 20%); GH2= Variedad Gen A con humedad media (Reposición de humedad del 60%); GH3= Variedad Gen A con humedad baja (Reposición de humedad del 100%). RH1=Variedad Rincon con humedad alta (Reposición de humedad del 20%); RH2=Variedad Rincon con humedad media (Reposición de humedad del 60%); RH3= Variedad Rincon con humedad baja (Reposición de humedad del 100%).

En la tasa de crecimiento relativo, no se observan diferencias significativas (HSD $\alpha=0.05$) tanto en las variedades evaluadas así como en los tratamientos de humedad a los que fueron sometidas (Figura 2 a y b); sin embargo, la variedad Rincon fue la que presenta la más alta TCR en promedio $0.059 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ mientras que en la variedad Gen A fue de $0.052 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$. La TCR se observa para ambas variedades ser mayor al inicio y disminuir con el paso del tiempo, mostrando un incremento a los 116 dds como es observado en el TAN. El tratamiento que

presento el más alto TCR promedio fue el de la variedad Rincon de humedad alta (0.066 g g⁻¹ día⁻¹) mientras que el más bajo fue el de la variedad Gen A con humedad baja (0.051 g g⁻¹ día⁻¹)

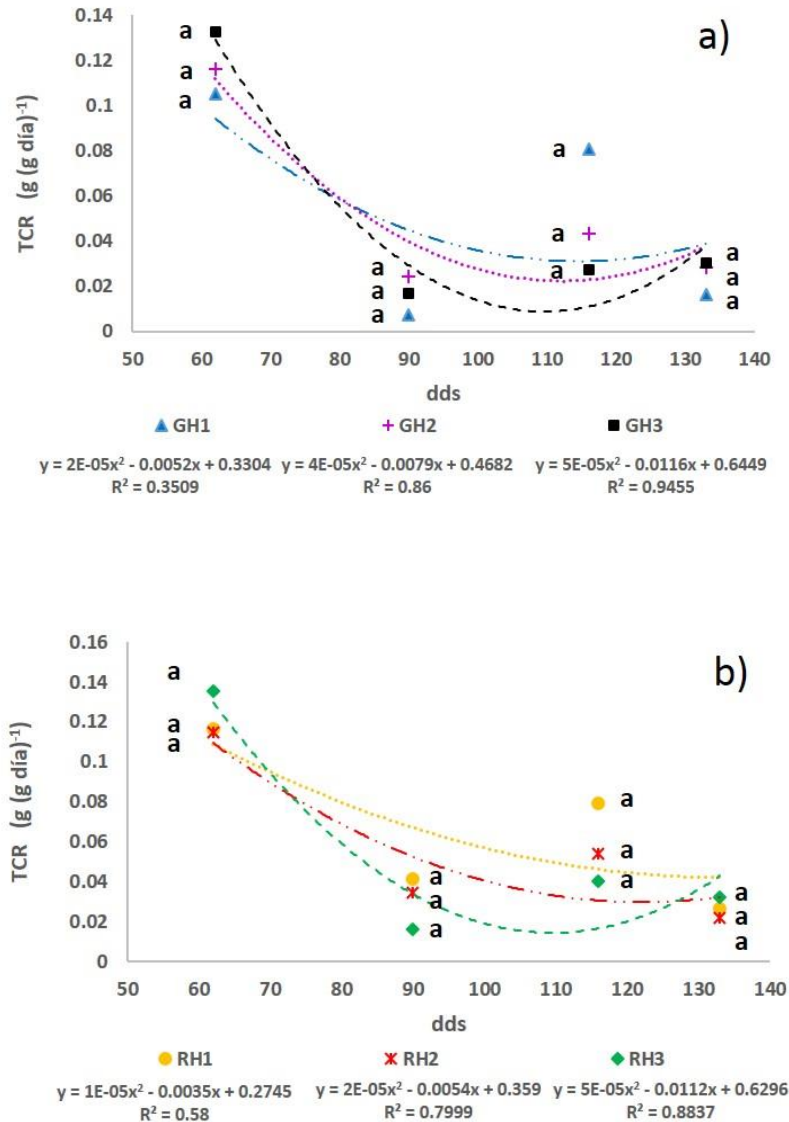


Figura 2. Tasa de crecimiento relativo (TCR) de la variedad Gen A (a) y la variedad Rincon (b) bajo tres niveles de humedad, alto, medio y bajo en la Comarca Lagunera, México. GH1=Variedad Gen A con humedad alta (Reposición de humedad del 20%); GH2= Variedad Gen A con humedad media (Reposición de humedad del 60%); GH3= Variedad Gen A con humedad baja (Reposición de humedad del 100%). RH1=Variedad Rincon con humedad alta (Reposición de humedad del 20%); RH2=Variedad Rincon con humedad media (Reposición de humedad del 60%); RH3= Variedad Rincon con humedad baja (Reposición de humedad del 100%).

Los tratamientos que presentaron los más altos TAN fueron los que presentaron los menores TCR, probablemente debido entre otras cosas a la genética de la planta aunado a las condiciones de humedad ya que la TAN mide la eficiencia de la planta para producir un material nuevo en función de su capacidad asimiladora (hojas, Norman *et al.*, 1989; Poorter, 1989) y en este caso la variedad Gen A, presenta áreas foliares menores que la variedad Rincon, por lo tanto resulta ser más eficiente para producir material nuevo que puede ser traducido en frutos.

En el caso de la TCR, los tratamiento que presentaron mayores valores fueron los de la variedad Rincon siendo el tratamiento con humedad alta el más alto seguido por el tratamiento de humedad media y por último el de baja humedad (0.066, 0.056 y 0.055 g g⁻¹ día⁻¹, respectivamente.), lo cual es consecuente por lo mencionado por Peixoto y Peixoto (2009), pues la TCR se considera útil para evaluar el crecimiento vegetal que depende de la cantidad de materia acumulada en forma gradual; es así como, el crecimiento resulta de la elaboración de suficientes fotoasimilados para atender las necesidades metabólicas del material existente y para construir o almacenar nuevos órganos estructurales en la planta, que en este caso fue en la formación de mayor área foliar, con lo cual puede estar relacionado con la formación y rendimiento de la semilla.

CONCLUSIONES

Las mejores tasa de asimilación neta fueron dadas por la variedad Gen A, así como en el tratamiento de humedad media, por lo cual no requirió de cantidades altas de humedad, por otro lado las mejores tasas de crecimiento relativo estuvieron dadas por la variedad Rincon en el tratamiento de humedad alta, por lo que es una especie que requiere de mayores cantidades de agua para realizar sus actividades fotosintéticas.

BIBLIOGRAFIA

- Barrios, E., Zamarripa, C., Canul, K., Hernández, A., Alarcón, C., & Chepetla, C. (2013). Evaluación de materiales élite de higuera (Ricinus communis L.) en Morelos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(2), 27-32.
- Lambers, H.; Chapin III, F.S.; Pons, T.J. (2006). Plant physiological ecology. New York. Springer. p. 299-323.
- Larcher, W (2011). Carbon Utilization and dry matter production. En: Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and plant physiology of functional groups. New York, Springer, 4 ed. p. 69-150.
- Norman, J. M., Campbell, G. S., Pearcy, R. W., Ehleringer, J., Mooney, H. A., & Rundel, P. W. (1989). Plant physiological ecology: field methods and instrumentation. *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation*.
- Jeong, G. T., & Park, D. H. (2009). Optimization of biodiesel production from castor oil using response surface methodology. *Applied biochemistry and biotechnology*, 156(1-3), 1-11.
- Jongebloed, U., Szederkényi, J., Hartig, K., Schobert, C., & Komor, E. (2004). Sequence of morphological and physiological events during natural ageing and senescence of a castor bean leaf: sieve tube

- occlusion and carbohydrate back-up precede chlorophyll degradation. *Physiologia Plantarum*, 120(2), 338-346.
- Peixoto, C. P., & Peixoto, M. F. S. P. (2009). Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. *Tópicos em Ciências Agrárias*, 38.
- Poorter, H. (1989). Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. *Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants*, 24, 45-68.

ALTERNATIVAS PARA LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

Alfonso Serna Pérez*, Francisco G. Echavarría Cháirez

INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo Kilometro 24.5, Calera, Zacatecas, México. CP 98500, *email: serna.alfonso@inifap.gob.mx.

INTRODUCCION

En Zacatecas con una superficie aproximada de 7.5 millones de hectáreas (SPP, 1981), alrededor de 600 mil hectáreas en promedio por año se siembran de temporal. La forma tradicional de explotación de las tierras agrícolas ha provocado degradación del suelo. El laboreo continuo, la nula incorporación de residuos de cosecha y la realización de prácticas de laboreo cuando la acción del viento es más intensa, han reducido el contenido de materia orgánica y la fertilidad, e incrementado la erosión eólica e hídrica (Echavarría *et al.*, 2003). En promedio la erosión hídrica anual alcanza las 15 ton/ha/año y potencialmente puede llegar a ser de 50 ton/ha/año, mientras que el límite máximo permisible es de un rango de apenas 2 a 3 ton/ha/año. Además, en la zona temporalera del norte centro del estado, considerada la zona productora más importante de frijol en el país, las perdidas por erosión eólica son de consideración, sobre todo si se toma en cuenta que el 70% de los suelos tienen una profundidad menor a los 30 cm. (SPP, 1981). El resultado es un paulatino agotamiento de la fertilidad y el deterioro de la calidad del suelo lo que redundo en bajos rendimientos de los cultivos de temporal.

La práctica de la agricultura de temporal para la producción de grano (frijol, maíz, avena y cebada) y los sistemas mixtos de producción, en donde los animales son alimentados a partir de cultivos forrajeros y/o excedentes de cosecha así como del pastoreo directo en las áreas de pastizal comunal, contribuyen a la supervivencia de los productores de bajos ingresos pues los proveen de alimento (granos, carne y leche) e ingresos (FIRA, 1999). Sin embargo, estos sistemas están limitados por la acumulación anual de lluvia, lo que podría reducir la productividad de los cultivos y la disponibilidad de forraje. Además, del uso de prácticas de manejo inapropiadas, lo que trae como consecuencia una menor salud de los animales, así como, bajos niveles reproductivos, menor crecimiento de las cabras de remplazo y finalmente un limitado acceso a los mercados en expansión (Arechiga *et al.*, 2008). En Zacatecas generalmente los sistemas de producción son de tamaño pequeño, semi-extensivos y están basados en el pastoreo continuo de los pastizales comunales, es decir no existen restricciones de uso, por lo que los suelos se están degradando paulatinamente debido el sobrepastoreo

(Echavarría *et al.*, 2010), y la producción anual de forraje es cada vez más reducida. Esto ha provocado que para complementar la alimentación de los hatos caprinos, se utilicen cada vez más los residuos de todas las cosechas agrícolas disponibles (Salinas *et al.*, 1999). Se evaluaron dos alternativas para la producción de grano y forraje de temporal en el altiplano Zacatecas, la primera involucra la labranza de conservación y rotación de cultivos y la segunda un sistema mixto de producción de forrajes en fajas al contorno. Ambas alternativas utilizaron el componente de siembra en surcos al contorno.

MATERIALES Y METODOS

Ambos estudios se establecieron bajo condiciones de temporal en el Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, en suelo Kaztanozem con precipitación promedio anual de 420 mm. La rotación de cultivos se estableció de acuerdo a las características del temporal.

El sistema mixto de producción se integró por la siembra de cultivos forrajeros anuales en surcos a 76 cm y la producción de arbustivas, nopales y agaváceas en los bordos de franjas al contorno. Los cultivos forrajeros anuales fueron maíz, avena, cebada y ocasionalmente frijol, sembrados en rotación. Las plantas en los bordos sirven además, como muros anti erosivos vivos y apoyan a la alimentación de los hatos caprinos mediante pastoreo directo en épocas de invierno (Serna y Echavarría, 2002). Se evaluó el rendimiento de los diferentes tipos de forraje (Kg ha^{-1}) y el contenido de proteína cruda en base a peso (%).

En la alternativa de labranza de conservación, sin realizar labranza primaria se sembró con implemento de siembra de precisión sobre los residuos del cultivo del año anterior siguiendo la curva de nivel. Para controlar malezas se realizaron dos aplicaciones de herbicida (Basagran, 2 L ha^{-1}) y deshierbe manual. La rotación de cultivos se hizo en franjas intercaladas. La siembra se realizó en hileras a 76 cm y las densidades de siembra, fertilización y control de plagas se hicieron de acuerdo a las recomendaciones del CEZAC para cada cultivo. El testigo fue labranza tradicional con siembra en surcos rectos. Los cultivos evaluados fueron frijol, maíz y avena, éste último cultivos se uso cuando el temporal ocurrió después de la fecha de siembra recomendada para maíz. El experimento se condujo en un diseño completamente aleatorio donde los tratamientos se replicaron cinco veces. Se evaluó rendimiento de grano y forraje y en el cultivo del ciclo invernal 2009-2010 se determino proteína cruda del forraje.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el sistema mixto de producción, la precipitación durante las estaciones de crecimiento (verano-otoño) de 2008, 2009 y 2010 fue de 358, 277.8 y 243 mm; respectivamente El rendimiento de forraje y proteína cruda para cada cultivo evaluado a través del período experimental se presenta en el Cuadro 1. En todos los años se produjo casi el doble de materia seca de maíz que la producida por el cultivo de avena y cebada, pero el contenido de proteína cruda producida por cereales de avena y cebada fue más alta comparado contra la del maíz.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje (MS en Kg ha⁻¹) y proteína cruda (PC en %) en el sistema mixto de producción.

Cultivo	2008		2009		2010	
	MS	PC	MS	PC	MS	PC
Maíz	8805.0	7.4	3478	7.4	3759	7.4
Avena	4280.0	9.4	650	9.4	1632	9.1
Cebada	5005.0	9.1	753	9.1		

Es evidente la variación en el rendimiento debido a la errática precipitación, fenómeno que es frecuente en éstas áreas temporaleras. La menor disponibilidad de forraje en años secos obliga al uso de los pastizales comunales y en ocasiones a comprar para cubrir los requerimientos alimenticios (Salinas *et al.*, 1999), ya que la suplementación nutricional es indispensable para mejorar la reproducción de los hatos ganaderos.

En la alternativa de labranza de conservación, durante el período de evaluación la acumulación de precipitación durante las estaciones de crecimiento (verano-otoño) fue de 387 mm y 218 mm en 2008 y 2009; respectivamente, y 227 mm en el ciclo invierno-primavera 2009-2010. Las condiciones de precipitación fueron muy contrastantes, lo que permitió una evaluación más completa de los sistemas de labranza.

El rendimiento de grano de frijol fue estadísticamente igual ($P>0.05$) entre los sistemas de labranza (Cuadro 2). El rendimiento de grano de maíz, aunque fue estadísticamente igual ($P>0.05$), tendió a ser mayor (~200 kg/ha) bajo el sistema de labranza de conservación que el tradicional. La producción de forraje seco fue estadísticamente igual ($P>0.05$) entre los sistemas de labranza de conservación, alcanzando un poco más de las 3 toneladas por hectárea, el total de este material se desmenuzó en el sitio y se dejó sobre la superficie de las franjas cultivadas con maíz en la parcela de labranza de conservación, para que sirviera como cobertera para el

cultivo de frijol que se sembraría el año siguiente. El forraje seco producido bajo el sistema de labranza convencional se retiró del área de cultivo tal como lo hace el productor promedio. En 2009 el temporal se estableció hasta la tercera decena de julio sembrándose la rotación frijol-avena. Los rendimientos de grano de frijol y avena, y de forraje seco de avena fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$) entre los sistemas de labranza (Cuadro 2). La caída en la precipitación acumulada durante 2009 redujo significativamente los rendimientos de grano y forraje siendo más pronunciada la disminución del rendimiento en la labranza de conservación.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y forraje en el sistema de labranza de conservación (L de C) y Tradicional (T).

Sistema de Labranza	2008			2009		
	Frijol	Maíz	Frijol	Avena		
	Grano	Grano	Forraje	Grano	Forraje	
L de C	2106 a	1931 a	3245 a	439 a	555 a	2057 a
T	2124 a	1712 a	3230 a	660 a	1116 a	3260 a

^aPor columna medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales ($P=0.05$).

Debido a la oportunidad de contar con lluvia invernal durante diciembre de 2009, se procedió a continuar el ensayo de labranza de conservación. Los rendimientos de grano de avena fueron de 171 y 686 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y los de forraje de 4390 y 5935 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para labranza de conservación y tradicional; respectivamente. Lo notable en este caso es que los rendimientos de forraje seco en ambos sistemas de labranza fueron mayores que los obtenidos en el ciclo anterior (Cuadro 2, año 2009). Esto tal vez debido a que en el ciclo otoño-invierno 2009-2010 se tuvo una precipitación mejor distribuida (dato no mostrado), lo que probablemente propició una mejor nacencia, amacolle y desarrollo vegetativo de las plantas de avena. El porcentaje de proteína cruda del forraje de avena para labranza de conservación y tradicional fue 10.4 y 9.9 %; respectivamente, e igual estadísticamente ($P>0.05$).

CONCLUSIONES

En el sistema mixto la producción de materia seca (forraje) de maíz fue el doble que la de avena y cebada, pero el contenido de proteína cruda del forraje de estos cereales fue más alta comparado contra la del maíz. También fue evidente la variación en el rendimiento debido a la reducción de la precipitación pluvial, fenómeno que es frecuente en estas áreas temporales.

Los rendimientos de los cultivos bajo labranza de conservación fueron similares a los de la labranza tradicional cuando la precipitación acumulada en el ciclo del cultivo fue de 380 mm. Sin embargo, con precipitaciones de 220 mm o menos los rendimientos se redujeron, sobre todo en labranza de conservación. El forraje de avena tuvo una proporción ligeramente mayor en contenido de proteína cruda en labranza de conservación.

BIBLIOGRAFIA

- Arechiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza-Herrera, C.A. 2008. Role and perspectives of goat production in a global world. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 9:1-14.
- Echavarría-Cháirez, F.G., G. Medina-García, y A. Serna-Pérez. 2003. Aptitud y deterioro de suelos de zonas áridas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Documento de circulación interna, 64 p.
- Echavarría-Cháirez, F.G., Serna-Pérez, A., Salinas-González, H., Iniguez, L., and Palacios-Díaz, M.P. (2010). Small ruminant impacts on rangelands of semiarid highlands of Mexico and the reconverting by grazing systems. *Small Ruminants Research* 89: 211-217.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 1999. Oportunidades de desarrollo de la industria de la leche y carne de cabra en México. Banco Nacional de México. México, D.F., Boletín informativo 313.
- Salinas G., H., Ramírez, R.G., Rumayor, A. 1999. A Whole-Farm Model for Economic Analysis in a Goat Production System in Mexico. *Small Ruminant Research* 31: 157-164.
- S.P.P. 1981. Síntesis Geográfica de Zacatecas. Secretaría de Programación y Presupuesto: Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. p: 1-32.
- Serna-Pérez A., Echavarría-Cháirez, F.G. 2002. Caracterización hidrológica de un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. I. Pérdidas de Suelo. *Técnica Pecuaria México* 40: 37-53.

REÓMETRO PARA DETERMINAR PROPIEDADES VISCOPLÁTICAS *in situ* DE SUELOS AGRÍCOLAS

Francisco Garibaldi Márquez^{1*}, Juan José Reyes Ramírez², Ernesto Martínez Reyes¹, Raúl Vidal García Hernández¹, Jorge Fernando Carmona Espinoza²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón. km. 32.5, Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón de Arteaga, Ags., México.

[*garibaldi.francisco@inifap.gob.mx](mailto:garibaldi.francisco@inifap.gob.mx).

²Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga. km. 1, Carretera a la estación de Rincón, Pabellón de Arteaga, Ags, México.

INTRODUCCIÓN

El suelo es considerado en la mecánica de fluidos como un fluido no newtoniano; es decir, la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte no es proporcional, ya que su viscosidad a una temperatura y presión dadas está en función del gradiente de velocidad; lo que se denomina tasa de corte (García, 2008; Sánchez, 2008; Ibarrola, 2009). Además, éste es un material que se comporta como sólido y como líquido, es decir, con esfuerzos cortantes inferiores a un valor característico se rige bajo la ley de elasticidad de Hooke, y superado ese valor muestra un comportamiento similar al de un fluido newtoniano (Karmakar, 2005b; Sánchez, 2008).

En este sentido, se ha puesto especial atención en las propiedades tribológicas y mecánicas del suelo, como la cohesión, adhesión, fricción, resistencia a la penetración y la resistencia al corte, porque se ha encontrado que tienen un efecto significativo sobre las herramientas de labranza del suelo. Además, la presión que ejerce el suelo y su distribución sobre la herramienta son factores importantes para el diseño de éstas respecto a su desgaste y demanda de fuerzas (González, 1995; Karmakar *et al.*, 2007b).

Recientemente el modelado numérico por Dinámica de Flujo Computacional (CFD) ha sido empleado por Karmakar *et al.* (2007b), Barker (2008) y Garibaldi *et al.* (2015) para el estudio de la interacción suelo-herramienta de labranza. Ellos estudiaron el comportamiento del suelo alrededor de la herramienta según su forma geométrica, las presiones del suelo sobre la herramienta y la fuerza a la barra de tiro. El suelo lo caracterizaron por su comportamiento reológico como material de Bingham. Por tal caso emplearon el software ANSYS CFD®. Los resultados indicaron que la deformación del suelo y las presiones sobre la herramienta está directamente relacionada con la geometría de la misma; además, reportan que la fuerza a la barra de tiro incrementa conforme aumenta la velocidad y profundidad de trabajo. Por lo tanto, Garibaldi *et al.*, 2015 menciona que el modelado numérico por CFD puede ser útil para optimizar equipos para labranza de suelos.

En este trabajo se planteó el objetivo de construir y evaluar un reómetro para determinar de manera *in situ* las propiedades viscoplásticas de suelos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Criterios generales

Para determinar la viscosidad del suelo es necesario determinar su esfuerzo de fluencia en diferentes velocidades de corte. Por lo tanto, este procedimiento está regido por la norma ASTM D2573-01, que indica principalmente el diseño de una veleta de corte y sus velocidades de rotación, las que deben estar dentro del rango 6° (0.01667 rpm) a 12° (0.033 rpm) por minuto.

Así, para obtener el esfuerzo de fluencia de un determinado suelo debe registrarse el torque necesario para cortar el suelo a una velocidad constante de giro de la veleta. Los valores del torque se grafican respecto al tiempo; después se localiza el valor de torque máximo y se sustituye en la Ecuación 1 para obtener el esfuerzo de fluencia.

$$\tau_0 = \frac{0.86T_{max}}{\pi D^3}$$

(1)

Donde:

τ_0 : Esfuerzo de fluencia (Pa).

T_{max} : Torque máximo (Nm).

D : Diámetro de la veleta (m).

Componentes del reómetro

Los componentes principales del reómetro fueron la veleta de corte, transmisión, sensor de torque, sistema de adquisición de datos y chasis.

La veleta se diseñó de sección transversal rectangular y está compuesta por un soporte acoplador, como se observa en la siguiente Figura 1. El material de fabricación fue acero AISI 4140 con resistencia de fluencia de 415 MPa, módulo de elasticidad de 200 GPa y relación de Poisson de 0.27. Tiene 50.8 mm de diámetro, 3 mm de espesor y 116.6 mm de largo. De esta última dimensión, 15 mm se consideraron para su ensamble con el soporte acoplador. La veleta se unió a un brazo telescópico a través del soporte acoplador con el fin de determinar los esfuerzos cortantes a diferentes profundidades de suelo.

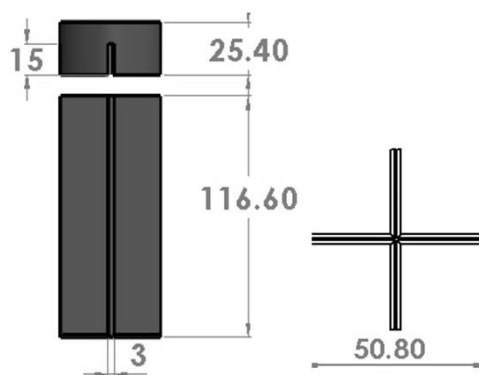


Figura 1. Veleta de corte.

Para lograr las velocidades de rotación de la veleta que dicta la norma, en el sistema de transmisión se empleó un moto-reductor con motor trifásico de un hp; que se alimenta con 220VCA y entrega 12 rpm a la salida. Así mismo, se unió a una transmisión reductora de velocidad con relación 1:65. Utilizando únicamente estos elementos fue posible obtener 0.185 rpm en la veleta.

Por lo tanto, para bajar aún más las revoluciones de la veleta, se utilizó un variador de frecuencia marca Schneider Electric, modelo ATV12H075F1. Este equipo se alimenta de 120VCA monofásico y entrega 220VCA trifásico a la salida, lo necesario para alimentar el moto-reductor. De tal modo que se manipuló la frecuencia del moto-reductor considerando la relación de transmisión previamente realizada.

Para determinar el torque, se acopló al sistema de transmisión un transductor de torque de la marca Westland, con capacidad máxima 2000 Lb ft (2712Nm), que se alimenta de 5VCD.

Para leer y almacenar los datos arrojados por el sensor de torque, primero se construyó un circuito acondicionador de señal. Así, se acondicionaron los dos voltajes de salida del transductor transformándolos a una sola señal, para ello se utilizó el amplificador de instrumentación INA125P. Una vez acondicionados los voltajes, se utilizó el microcontrolador ARDUINO UNO® para su lectura. Los datos se almacenaron en una tarjeta SD en formato xls.

Finalmente, todos los componentes se ensamblaron en un chasis para su acople al sistema de enganche del tractor para determinar las propiedades visco plásticas *in situ*.

Parámetros visco plásticos del suelo

Primero se caracterizó el suelo de un terreno con los porcentajes de arena, limo y arcilla. Previo a las evaluaciones se determinó su contenido de humedad (%), resistencia a la penetración (kPa) y densidad aparente ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

El contenido de humedad se obtuvo por medio del método gravimétrico en las capas 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, con cuatro repeticiones, sobre la diagonal principal del terreno.

La resistencia a la penetración del suelo se obtuvo con un penetrómetro dinámico, con base en la metodología y recomendaciones del CIMMyT (2013), a los 10, 20 y 30 cm de profundidad desde la superficie del suelo.

La densidad aparente de cada perfil del suelo se determinó con el método del cilindro (Rubio, 2010).

Previamente a la obtención de datos en campo, se obtuvo la curva de ajuste del sensor de torque en función del torque de entrada y el voltaje de salida. Para esto se le aplicaron trece magnitudes de torque conocidas con un torquímetro de trueno de la marca urrea, modelo 6014-3, que tiene un rango de capacidad de 75 Nm a 332 Nm.

Una vez se tenía el sensor calibrado, se procedió a determinar las propiedades visco-plásticas del suelo. La muestra de datos se obtuvo de cinco puntos ubicados en las diagonales principales de un área de un metro cuadrado, ubicado en la parte central del terreno.

La fuente de energía de los elementos eléctricos del reómetro se hizo con un generador a gasolina marca Thunder. Este generador entrega un voltaje de salida de 120 VCA monofásico a 60 Hz, potencia de 4,000 Watts y una corriente nominal de 30 A adecuado para la alimentación del variador de frecuencia. Por lo tanto, se establecieron las cinco velocidades de corte para la veleta siguientes: 1/60, 1/30, 1/18, 1/9, 1/6 rpm. Por cuestiones prácticas, cada punto se analizó con la misma velocidad de corte en los perfiles 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. Para obtener dichas velocidades se manipuló la frecuencia del moto-reductor por medio del variador de frecuencia.

Considerando que el suelo comienza a fallar de 20° a 30° (Barker, 2008) al utilizar una veleta rotativa, el registro de datos se hizo cuando la veleta giró de 0° a 90° por cada velocidad de corte.

Con los datos de torque obtenidos se determinaron los esfuerzos cortantes para cada una de las velocidades de corte. Posteriormente se ubicó el esfuerzo de fluencia por cada velocidad de corte, y se hizo con ellos una gráfica de dispersión, tal como lo realizó Karmakar (2005a). La pendiente de la curva de ajuste representó la viscosidad del suelo, y la intercepción de la misma con el eje "Y" representó el esfuerzo de fluencia para la viscosidad específica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo presentó una textura franco arenoso con 55.24% de arena, 26.0% de limo y 18.76% de arcilla.

Los contenidos de humedad, densidad aparente y resistencia a la penetración en los tres perfiles del suelo se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de humedad, densidad aparente y resistencia a la penetración.

Perfil (cm)	Porcentaje de humedad (%)	Densidad aparente (kg.m ⁻³)	Compactación (kPa)
0 a 10	14.0	1380	673.97
10 a 20	14.55	1360	1289.33
20 a 30	14.32	1390	1523.75

Como se observa, la humedad fue parecida en los tres perfiles; sin embargo, la resistencia a la penetración se incrementó con forme se incrementó la profundidad. Este efecto puede atribuirse al resultado que la labranza convencional provoca en los suelos; es decir, por el tráfico de maquinaria por labores separadas.

La calibración del sensor de torque arrojó una línea de dispersión con pendiente positiva de la interacción torque aplicado (Nm) y voltaje de salida (mV), con ecuación de ajuste $y=201.23x + 6.583$ y $r^2=0.9915$.

Como ejemplo, la Figura siguiente muestra el comportamiento de los esfuerzos cortantes del suelo para cada velocidad de corte de la veleta en el perfil de 0-10 cm.

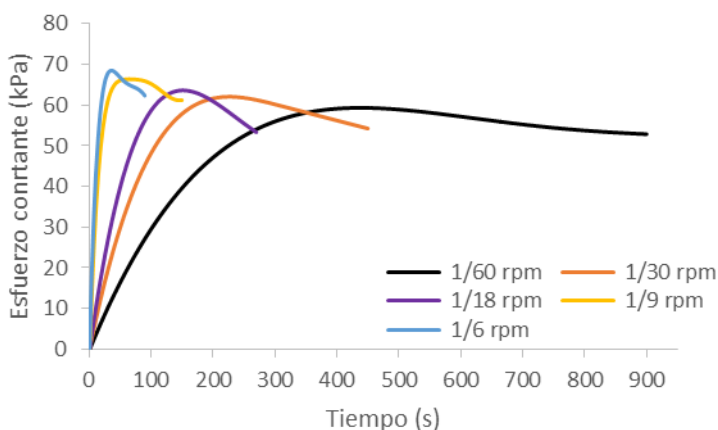


Figura 2. Valores de esfuerzos cortantes en el perfil 0-10 cm.

Se apreció que a menor velocidad de corte el esfuerzo de fluencia se alcanza en mayor tiempo. Sin embargo, cuando se incrementó la velocidad de corte el tiempo para la falla se reduce y la magnitud del esfuerzo de fluencia se incrementa.

Así mismo, en la Tabla 2 se concentran los valores de esfuerzos de fluencia obtenidos en relación a la velocidad de corte en cada perfil del suelo. Se aprecia que la magnitud de esta variable se incrementó del perfil superior al perfil inferior, y puede deberse al nivel de compactación del suelo. Este mismo efecto fue reportado por Karmakar *et al.*, (2007a) y Barker (2008) al realizar estudios en condiciones de laboratorio con diferentes valores de compactación y diversas velocidades de corte.

Tabla 2. Valores de esfuerzos de fluencia en los tres perfiles de suelo y velocidades de corte.

Velocidad de corte (rpm)	Esfuerzos de fluencia (kPa)		
	Perfil 0-10 cm	Perfil 10-20 cm	Perfil 20-30 cm
1/60	59.34	60.18	72.49
1/30	62.07	63.71	74.19
1/18	63.64	67.19	79.29
1/9	66.4	71.11	84.99
1/6	68.52	75.18	92.44

La regresión lineal aplicada a los datos de velocidad de corte y esfuerzos de fluencia proporcionaron la solución del modelo plástico de Bingham para los tres perfiles de suelo analizados. En todos los casos se obtuvo una línea de ajuste de pendiente positiva donde más del 90% de los datos se explican por sí solos (Figura 3).

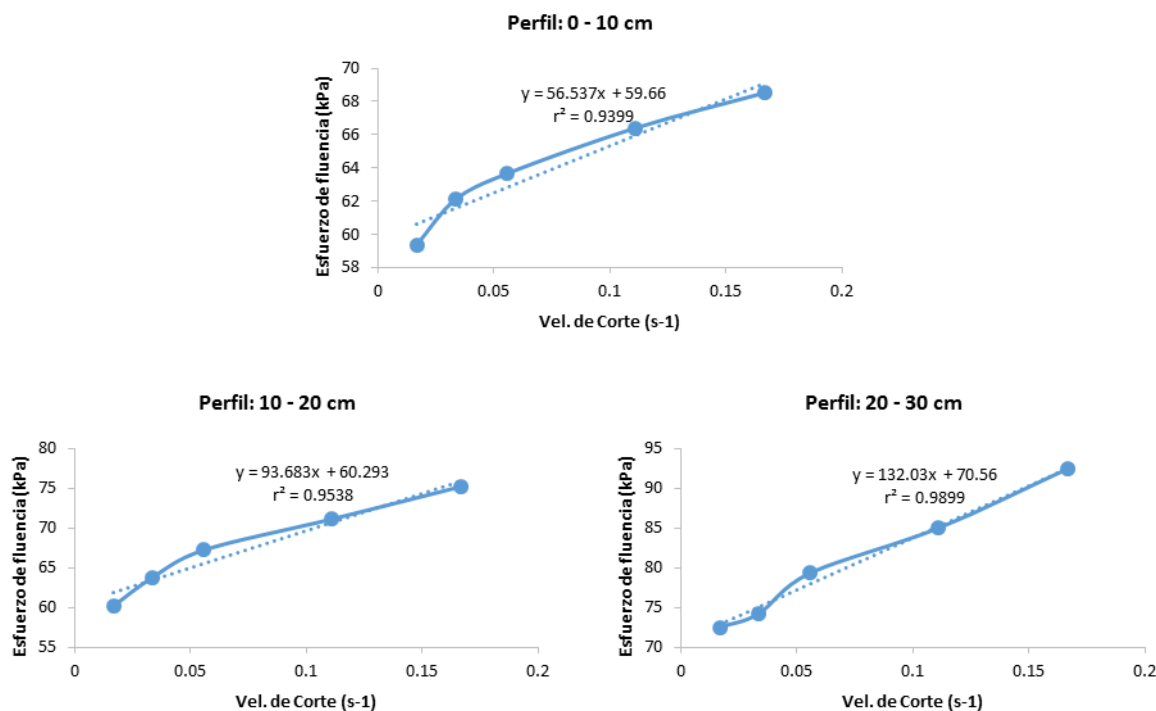


Figura 3. Regresión lineal del esfuerzo cortante y las velocidades de corte en cada perfil del suelo.

La línea de ajuste para el perfil 0-10 cm indicó una viscosidad de 56.537 kPa.s y esfuerzo de fluencia de 59.66 kPa. En su caso, en el perfil de 10-20 cm la viscosidad fue de 93.683 kPa.s y esfuerzo de fluencia de 60.293 kPa. Finalmente, en el perfil 20-30 cm la viscosidad obtenida fue de 132.03 kPa.s y esfuerzo de fluencia de 70.56 kPa.

Como se observa, la viscosidad incrementó con forme incrementó la profundidad de los perfiles de suelo. Este efecto también se atribuye a la compactación del suelo, ya que fue necesario aplicar mayor torque para alcanzar los esfuerzos de fluencia en cada una de las velocidades de corte para que el material comenzara a fluir, desde el punto de vista reológico.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un reómetro que permite obtener de manera *in situ* la viscosidad plástica y el esfuerzo de fluencia del suelo.

Los parámetros viscoplásticos del suelo se pueden emplear como variables de entrada para realizar modelos por Dinámica de Flujo Computacional con el fin de evaluar el comportamiento de la interacción suelo-herramientas de labranza previo a su construcción.

BIBLIOGRAFÍA

- Barker, M. E. (2008). Predicting loads on ground engaging tillage tools using computational fluid dynamics. Doctoral thesis. Iowa State University. 187 p.
- García, Q. J. C. (2008). Fluidos Viscosos. Revisado en línea el 3 de Febrero del 2016 en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3623/1/tema2RUA.pdf>.
- Garibaldi, M. F., García, H. R. V., Galindo, R. M. A. y Ruíz, A. O. (2015). Dinámica de flujo computacional para predecir fuerza de tiro por labranza del suelo. Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 11 p.
- González, F. G. (1995). Energía y Mecanización en la Agricultura. Copyright, Consejo de Desarrollo Científico y humanístico, Universidad Central de Venezuela.
- Ibarrola, E. L. (2009). Introducción a los Fluidos No Newtonianos. Cátedra de Mecánica de los Fluidos-UNCOR. Revisado en línea el 15 de Marzo del 2016 en <http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/aero/Asignaturas/MecFluid/material/introducci%F3n%20no%20newtonianos.pdf>
- Karmakar, S. (2005a). Numerical modeling of soil flow and pressure distribution on a simple tillage tool using computational fluid dynamics. Tesis de Doctorado. Department of Agricultural and Bioresource engineering. University of Saskatchewan. 161 p.
- Karmakar, S., Kushwaha L. R. and Stillig, D. D.S. (2005b). Soil failure associated with crack propagation for an agricultural tillage tool. *Soil & Tillage Research* 84: 119-126.
- Karmakar, S., Kushwaha, R. L. (2007a). Development and laboratory evaluation of a rheometer for soil visco-plastic parameters. *Journal of Terramechanics* 44:197-204.
- Karmakar, S., Kushwaha, R. L. and Lague, C. (2007b). Numerical modelling of soil stress and pressure distribution on a flat tillage tool using computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering* 97: 407-414.
- Sánchez, H. B. E. (2008). Viscosímetro de bola. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México D.F. 92 p.

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y TIEMPO TÉRMICO EN ALFALFA CULTIVADA BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RIEGO EN DURANGO, MÉXICO

Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹, Hilario Flores Gallardo¹, Rafael Jiménez Ocampo¹ y Saúl Santana Espinoza¹.

¹INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Durango, México. C. P. 34170. *rosales.rigoberto@inifap.gob.mx; rigoberto_serna@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de la producción agropecuaria requiere inicialmente la selección de especies forrajeras con valores altos de productividad del agua, para mitigar los efectos de la escasez de recursos hídricos en la región norte-centro de México. En dicha región se observa falta de planeación en la producción animal, lo cual combinado con la baja disponibilidad hídrica ha propiciado el déficit de forraje durante la época seca del año; así como, la sobreexplotación de los mantos acuíferos de Durango y Coahuila (Godoy *et al.*, 2003). Con base en lo anterior, actualmente se trabaja en el desarrollo de métodos integrales para el manejo del riego, con la finalidad de contribuir al incremento de la productividad del agua que se utiliza en la producción de alfalfa cultivada para la alimentación del ganado.

El manejo integral del riego requiere ajuste local de algunos factores para incrementar la precisión en el establecimiento del momento óptimo para la aplicación de agua. La temperatura es uno de los factores que requieren ajuste en las condiciones locales debido a su influencia en la evapotranspiración, crecimiento y desarrollo de la alfalfa. La influencia de la temperatura sobre la producción de forraje en alfalfa puede medirse con base en el tiempo térmico, también conocido como grados día de desarrollo ($^{\circ}\text{D}$), el cual representa la cantidad de calor requerido por una variedad de alfalfa para crecer y desarrollarse (Breazeale *et al.*, 1999). Se considera que las tasas de crecimiento y desarrollo de la alfalfa muestran respuesta lineal, cuando la temperatura diaria se ubica entre los umbrales de temperatura mínima ($5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y máxima ($43.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) para el cultivo de la especie (Breazeale *et al.*, 1999).

Se han propuesto diferentes variedades comerciales de alfalfa para la producción intensiva de forraje bajo condiciones de riego en el norte de México. Algunas variedades de esta especie pueden utilizarse en la producción constante de la biomasa que sirve como forraje de alto valor proteico ($>21\%$). En Durango, se recomienda la siembra de las variedades de alfalfa Excelente y Júpiter, las cuales muestran diferencias en su persistencia y respuesta productiva (Rosales *et al.*, 2016) como resultado de la influencia de la temperatura, aplicación del riego y manejo agronómico. En esta entidad, se utiliza principalmente riego por gravedad, en melgas, el cual

tiene baja eficiencia en la aplicación del agua (40 a 80 %; MINAGRI, 2015). Con base en lo anterior, se recomienda el manejo integral del riego para el ajuste de la frecuencia y cantidad de agua aplicada a la alfalfa mediante el estudio combinado del suelo, ambiente, planta y manejo agronómico (Ojeda *et al.*, 2006).

Se espera que los métodos integrales para el manejo del riego, basados en el concepto de grados día ($^{\circ}\text{D}$), sean utilizados para incrementar la productividad del agua, con la finalidad de obtener cantidades altas de forraje de alfalfa en diferentes fechas del año y ciclos de cultivo. Lo anterior, incrementará la competitividad y beneficios económicos de los productores, sin descuidar la sostenibilidad de las actividades agropecuarias que se desarrollan actualmente en Durango. El objetivo del presente estudio fue determinar los valores de productividad del agua y requerimientos de tiempo térmico en alfalfa cultivada en diferentes tratamientos de riego en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un lote experimental de alfalfa en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicadas en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital. El sitio experimental está situado a los $23^{\circ} 59' 21''$ N y $104^{\circ} 37' 14''$ O y una altitud de 1,878 m. El tipo de suelo que predomina en el sitio experimental es franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 7.9 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo (CC) es 34 %, con 12 % para el punto de marchitamiento permanente (PMP) y 22 % de humedad aprovechable (HA). El clima predominante en la región es templado-semiárido [BS_1 kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura, la cual registra un promedio anual de 17.4°C (García, 1987).

La siembra se realizó en seco, el 1 de octubre de 2015, con la sembradora Aitchinson grassfarmer 1414C®, la cual establece hileras de plantas con 15 cm de separación. Se sembraron 40 kg de semilla por hectárea y después se aplicó un riego el 03 de octubre (fecha de siembra) y un sobre-riego el 08 de octubre de 2015, para asegurar la emergencia de las plántulas. En la evaluación se incluyeron las variedades Excelente Plus (dormancia 10) y Júpiter (dormancia 9), las cuales son utilizadas frecuentemente para siembras comerciales que se realizan en Durango. Los tratamientos de humedad evaluados fueron: riego total (RT= 100 %) y riego deficitario (RD) al 80 % (RD= 80 %) y 60 % (RD= 60 %) de la HA. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio (franjas apareadas), con arreglo factorial [tratamientos de humedad (3) y variedades (2)] y seis repeticiones.

La parcela experimental para cada variedad y tratamiento de riego consistió de una melga de 10 m de ancho y 35 m de longitud. Se fertilizó el 29 de octubre de 2015 (26 días después de la siembra = DDS) con la dosis 120-00-00 para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). Adicionalmente, se aplicaron las dosis 50-00-00 el 14 de enero de 2016 (103 DDS) y 30-20-00 el 5 de octubre de 2016 (368 DDS). Para el control de la maleza, se realizó una aplicación de herbicida Imazetapir (Pivot®) (5 noviembre de 2015; 33 DDS) y un deshierbe manual después del primer corte (08 de enero de 2016; 97 DDS).

Las determinaciones del contenido de agua en el suelo se realizaron semanalmente con el sensor TDR HydroSense II (Time Domain Reflectometer, Campbell Scientific, Logan UT, USA). El riego fue aplicado en el momento que se alcanzó un porcentaje de abatimiento del 50 % en la HA de cada uno de los tratamientos de riego. La lámina aplicada (L_r) se calculó con base en el contenido de humedad del suelo (P_w), evaluado antes y después de la aplicación del riego en cada tratamiento. Para ello, se estimó la lámina consumida (dc), con la ecuación $dc = [(W_c - W_a)/100] \times PEA \times D$; donde: W_c = capacidad de campo (%), W_a = contenido de humedad antes del riego (%), PEA = peso específico aparente (g/cm^3) y D = profundidad efectiva de raíces (0.30 m) (Morábito *et al.*, 2008). Se realizó un total de 15 riegos, desde la siembra y hasta la conclusión del periodo de estudio [401 DDS]. Además, se consideró la lluvia acumulada durante el periodo de evaluación (506 mm) para el cálculo de la lámina total aplicada (L_{r_a}). Los registros de lluvia y otras variables climáticas se obtuvieron de la Red de Casetas Agrometeorológicas del INIFAP, (2016).

El corte inicial de forraje se efectuó 65 DDS y después se realizó un total de 10 muestreos: 101, 128, 157, 194, 228, 262, 289, 327, 355 y 401 (DDS). En cada fecha de corte se tomaron seis muestras equidistantes (muestreo sistemático), con un cuadrado de 25 cm x 25 cm (625 cm^2), para la determinación del rendimiento de forraje seco (FRS) en la melga de cada variedad y tratamiento de riego. En cada muestreo, se cortaron las plantas con hoz a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo, se colocaron en bolsas de papel y se pesaron en una báscula electrónica (Torrey®), con precisión de 0.01 g, para obtener el peso de forraje verde. Después, las muestras fueron colocadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C, hasta observar masa constante (72 h aproximadamente), para obtener el peso seco. Los resultados se utilizaron posteriormente en la estimación del rendimiento de FRS en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$). La productividad del agua se determinó con la ecuación $PA\ (kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}) = [Rendimiento\ acumulado\ de\ forraje\ seco\ (kg\ ha^{-1})/L_{r_a}\ (mm)]$. Luego de cada muestreo, las melgas de alfalfa se segaron mecánicamente (cortadora John Deere 530®), se recolectó el forraje y las plantas se dejaron brotar libremente hasta el corte posterior.

La cantidad de grados día ($^{\circ}\text{D}$) se determinaron en forma diaria mediante el uso del método propuesto por Ojeda *et al.* (2006) y luego se calcularon los valores acumulados totales. En las determinaciones diarias se incluyeron las temperaturas base ($T_b = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Hakl *et al.*, 2010) y temperatura máxima ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$), como umbrales para el crecimiento y desarrollo de la alfalfa. El análisis de varianza para el rendimiento de forraje seco (FRS) se realizó con base en un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial (tres tratamientos de humedad x dos variedades) y seis repeticiones. La comparación de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada variedad, las diferencias para el rendimiento acumulado de FRS fueron altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos de humedad (Cuadro 1). El rendimiento más alto, en ambas variedades se registró en 80 % de HA y Júpiter sobresalió por el rendimiento de FRS acumulado en once muestreos (54.9 t ha^{-1}); aunque la variedad Excelente alcanzó un nivel de producción similar, con 53.0 t ha^{-1} . El valor más bajo registrado en Excelente, para todos los tratamientos de humedad, se debió a su mayor dependencia del agua de riego, ya que mostró su nivel más bajo de rendimiento en el tratamiento con 60 % de HA (43.0 t ha^{-1}); mientras que, Júpiter alcanzó 46.3 t ha^{-1} . Los resultados obtenidos mostraron que es recomendable conocer el requerimiento hídrico de cada una de las variedades de alfalfa sembradas en un ambiente determinado; así como, el análisis de la utilidad de cada una de ellas para optimizar la producción y calidad del forraje por cada volumen de agua aplicado.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje seco, tiempo térmico ($^{\circ}\text{D}$) y productividad del agua en dos variedades de alfalfa cultivadas en Durango bajo tres tratamientos de humedad.

Especie	Tratamiento ¹	² FRS (t ha^{-1})	Lr _a (mm)	$^{\circ}\text{D}$ Acumulados	PAFRS ($\text{kg ha}^{-1}\text{ mm}^{-1}$)
Excelente	60 %	43.0 ^c	1,117	4,847	38.5
Excelente	80 %	53.0 ^a	1,163	4,847	45.6
Excelente	100 %	49.3 ^b	1,332	4,847	37.0
Júpiter	60 %	46.3 ^c	1,117	4,847	41.5
Júpiter	80 %	54.9 ^a	1,163	4,847	47.2
Júpiter	100 %	49.7 ^b	1,332	4,847	37.3
Promedio		49.4	1,204	4,847	41.2

¹Estimado con base en la humedad aprovechable, ²FRS = rendimiento de forraje seco, Lr_a = lámina de riego acumulada, incluyendo la lluvia, $^{\circ}\text{D}$ (tiempo térmico) = grados día; PAFRS = productividad del agua en forraje seco.

Las láminas de riego acumuladas (Lr_a) fluctuaron entre 1,117 mm y 1,332 mm, cuando se incluyó la lluvia acumulada durante el periodo de evaluación (506 mm). Ambas variedades de alfalfa mostraron rendimiento bajo en los meses más fríos del año (diciembre, enero y febrero),

aunque su respuesta se incrementó considerablemente a partir del mes de marzo, registrando variaciones en el resto del periodo de estudio (Figuras 1 y 2). La variación en las Lr_a influyeron directamente sobre el rendimiento de FRS y en las variedades Excelente y Júpiter los valores más altos de productividad del agua se registraron en el tratamiento de 80 % de HA. En este tratamiento los valores de PA para la producción de FRS fluctuaron entre $45.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Excelente) y $47.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Júpiter) (Cuadro 1). En contraste, los valores más bajos en ambas variedades se obtuvieron en 100 % de HA ($37.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ a $37.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), lo que demostró que el contenido hídrico alto en el suelo afectó negativamente la productividad del agua en alfalfa, debido a la sensibilidad de esta especie al exceso de humedad (Bauder, 2017).

Los valores obtenidos en el presente estudio superaron los reportados en trabajos similares (25 – $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), los cuales se realizaron también en alfalfa para corte (McKenzie *et al.*, 1990; Ismail y Almarshadi, 2013). La respuesta de las variedades de alfalfa permitió recomendar la aplicación de láminas intermedias de riego (54.0 a 102.6 mm), las cuales deben mantener un nivel cercano al 80 % la humedad aprovechable del suelo. Lo anterior, es recomendable en todos los cortes, lo cual permitió la obtención de valores altos para el rendimiento acumulado de forraje seco en alfalfa cultivada en Durango.

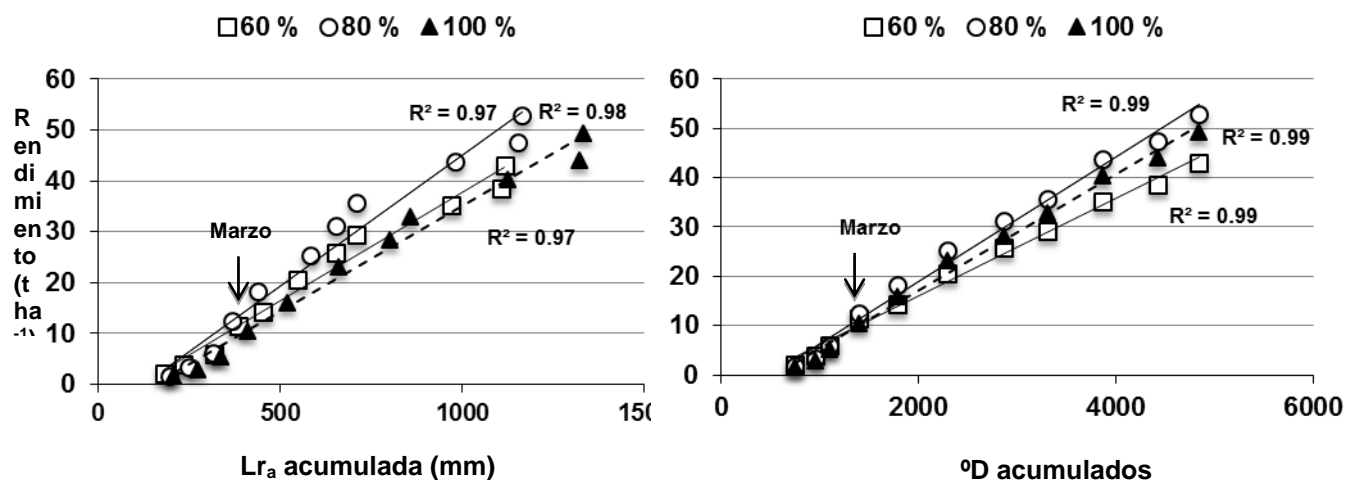


Figura 1. Regresión de la lámina de riego acumulada (Lr_a) y tiempo térmico ($^{\circ}\text{D}$) con respecto al rendimiento de forraje seco en alfalfa cv. Excelente cultivada en tres tratamientos de humedad aprovechable.

Se acumuló un total de $4,847 \text{ }^{\circ}\text{D}$ durante el periodo de evaluación y se observó que este factor se relacionó de forma positiva con la producción de FRS, por lo que se observaron valores más altos para el rendimiento a partir del mes de marzo (2016) en ambas variedades (Figuras 1 y 2)

y luego el rendimiento empezó a variar a partir de septiembre, debido a las variaciones de temperatura. En las dos variedades de alfalfa se observaron valores altos de coeficiente de determinación (R^2), en todos los tratamientos de humedad (Figuras 1 y 2), lo cual se relacionó con un efecto directo de la acumulación de °D sobre el rendimiento de FRS.

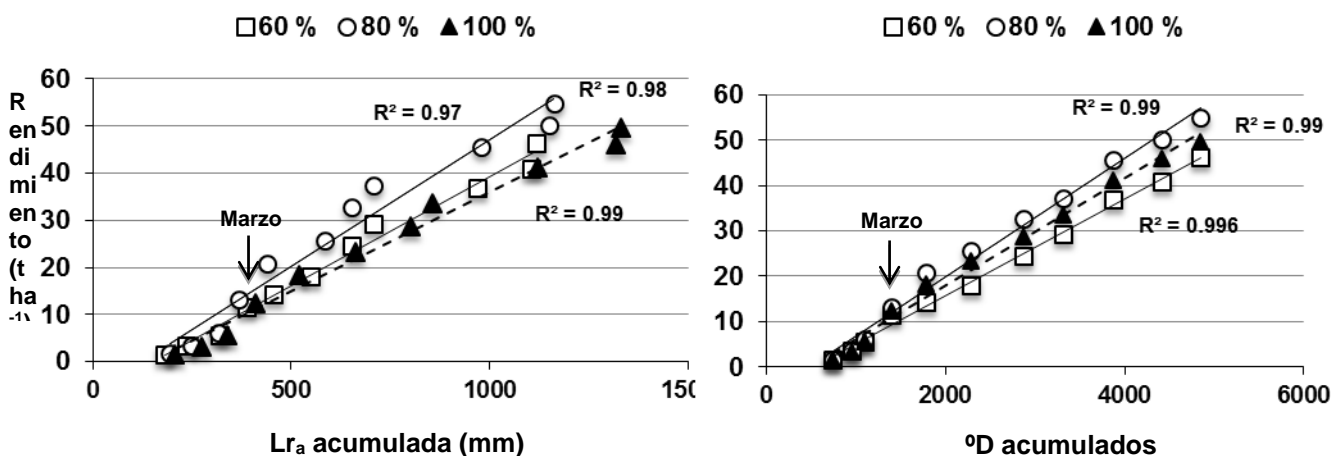


Figura 2. Regresión de la lámina de riego acumulada (Lr_a) y tiempo térmico ($^{\circ}D$) con respecto al rendimiento de forraje seco en alfalfa cv. Júpiter cultivada en tres tratamientos de humedad aprovechable.

CONCLUSIONES

Las variedades de alfalfa Júpiter y Excelente representan una opción para producir forraje de corte al final del invierno y en primavera-verano, bajo condiciones de riego en Durango. La Lr_a y el tiempo térmico ($^{\circ}D$) presentaron influencia considerable sobre la productividad del agua y acumulación de forraje seco en alfalfa. Se recomienda el uso de las variedades Excelente y Júpiter, por sus valores altos de productividad del agua para la obtención de forraje seco en Durango.

Se observó respuesta similar en las variedades de alfalfa Júpiter y Excelente para la producción de forraje seco y registraron alta productividad, en el tratamiento de 80 % de HA, durante los meses cálidos del año (marzo a septiembre). La aplicación de láminas de riego moderadas (54.0 a 102.6 mm) y el uso de variedades de alfalfa con valores altos de productividad del agua contribuirán a la obtención sostenible de forraje en Durango. Se obtuvo información para complementar los métodos integrales que serán utilizados en la planificación eficiente del riego y determinación del tiempo térmico en alfalfa.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se desarrolló dentro del proyecto: Parametrización de modelos para el pronóstico del riego en tiempo real a través de un portal web y dispositivos móviles, con la clave 1123333087 y financiado con Fondos Fiscales INIFAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauder, J. W. 2017. The effects of irrigation water quality, temperature, and length of flooding on alfalfa production. Montana State University. Consulted on line 05/08/2017. <http://waterquality.montana.edu/farm-ranch/irrigation/alfalfa/effects.html>.
- Breazeale, D., R. Kettle, and G. Munk. 1999. Using growing degree days for alfalfa production. University of Nevada. Cooperative Extension. Fact Sheet 99-71. Reno, NV. 4 p.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Godoy A., C., F. Lucero, C. A. Torres, J. A. Samaniego, e I. Reyes. 2003. Uso del agua, relaciones hídricas y producción de alfalfa con riego por goteo superficial. *Agricultura Técnica en México* 29: 113-123.
- Hakl, J., J. Šantrůček, P. Fuksa, and L. Krajčíc. 2010. The use of indirect methods for the prediction of lucerne quality in the first cut under the condition of Central Europe. *Czech. J. Anim. Sci.* 55(6): 258-265.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2016. Consultado en línea 15/12/2015. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>.
- Ismail, S. M., and M. H. Almarshadi. 2013. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. *Irrig. and Drain.* 62: 57-66.
- McKenzie, B. A., P. C. Gyamtsho, and R. J. Lucas. 1990. Productivity and water use of lucerne and two lucerne-grass mixtures in Canterbury. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 52: 35-39.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2015. Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. San Isidro-Lima, Perú. 53 p.
- Morábito, J., S. Salatino, G. Anbella, y D. Prieto. 2008. Evaluación de campo al riego de los agricultores: casos prácticos y ventajas para la difusión de la tecnología apropiada; asesoramiento a los regantes para la modernización de los regadíos y su ambientalidad. Jornada sobre "ambiente y riegos: modernización y ambientalidad. CYTED-Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Agencia Española para la Cooperación Internacional. La Antigua (Guatemala). pp. 3-81.
- Ojeda B., W., E. Sifuentes I., y H. Unland-Weiss. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia.* 40(1): 13-25.
- Rosales S., R., P. A. Domínguez M., F. A. Euzarraga R., H. Flores G., y R. Jiménez O. 2016. Respuesta de especies forrajeras de pasto en diferentes niveles de temperatura y humedad del suelo. *Memoria de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía.* Gómez Palacio, Méx. pp. 175-181.

SUPERVIVENCIA DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus engelmannii* EN REGOCIJO DURANGO, CON PLANTA PROVENIENTE DE DIFERENTES CONDICIONES DE PREACONDICIONAMIENTO

Homero Sarmiento López^{1*}, Sergio Rosales Mata¹, José Ángel Sigala Rodríguez¹, Erickson Basave Villalobos¹, José Ángel Prieto Ruíz²

1 INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Carr. Durango-El Mezquital km 4.5 Durango, Dgo. México. C. P. 34170. 2 Facultad de Ciencias Forestales Universidad Juárez del Estado de Durango. Rio Papaloapan y Blvd Durango S/N, Colonia Valle del Sur. Durango, Dgo. México C.P. 34120.

* sarmiento.homero@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Una de las especies que se produce en mayor proporción para fines de plantaciones de conservación y restauración en el estado de Durango es *Pinus engelmannii* (Sigala *et al.*, 2015). Es una de las especies de mayor valor comercial y por ello es de las más explotadas (Corral-Rivas *et al.*, 2004). Se distribuye ampliamente en la Sierra Madre Occidental y aunque no presenta problemas de conservación podría tenerlos debido a que es de las especies más explotadas para extraer madera (García-Arévalo y González-Elizondo, 2003).

La práctica de preacondicionamiento en la producción de planta en vivero se realiza cuando la planta alcanza cerca del 80 % de la altura final deseada para salir a campo, esto es, durante las últimas semanas de su estancia en el vivero (Vilagrosa *et al.*, 2006, Escobar-Rodríguez, 2012). Durante esta etapa es necesario inducir el endurecimiento, es decir, exponerla a condiciones ambientales semejantes al lugar de plantación con lo cual la planta adquiera vigor para aumentar arraigo en campo. La NMX 170 contempla que para que una planta se considere bien endurecida debe tener 2/3 partes del tallo lignificado (Secretaría de Economía, 2016).

Para lograr el endurecimiento las plantas se exponen a condiciones ambientales que se varían gradualmente: cobertizos de malla sombra y después a la intemperie para su lignificación de forma gradual (Jacobs y Landis, 2009; Quiroz-Marchant *et al.*, 2009). El objetivo del presente ensayo fue determinar que tratamiento de preacondicionamiento presenta mayor supervivencia en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del experimento consistió en dos etapas: producción de la planta y el establecimiento de la plantación. La primera etapa duró 10.5 meses y se realizó en el vivero de INIFAP-Durango ubicado en las coordenadas geográficas 23° 58' 23"N y 104° 37' 26"O. El contenedor utilizado en la producción de la planta fue charola de poliestireno expandido de 77

cavidades, con volumen por cavidad de 162 mL. En la preparación del sustrato se utilizó una mezcla compuesta por 50% de peat moss, 40 % de corteza de pino composteada y 10 % de perlita expandida agregando al momento de la preparación fertilizante de liberación lenta multicote® de formulación 18-6-12 de 8 meses. La semilla de pino fue sometida a un tratamiento pregerminativo que consistió en remojo en agua potable durante 20 horas. Transcurrido ese tiempo, se desinfectó por 15 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 0.61 %, se enjuagó cuatro veces con agua potable y fue secada con papel absorbente. La testa de la semilla se impregnó con benomil y fue sembrada a una profundidad de 1 cm. El sistema de riego es de forma manual por medio de manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgada con regadera plástica con nueve orificios por cm².

La nutrición complementaria consistió en fertirrigación dos veces por semana donde en la etapa de establecimiento se fertilizó con los niveles: 55 ppm de Nitrógeno (N), 150 ppm de fósforo (P) y 76 ppm de potasio (K) con Peters iniciador 9-45-15®, durante la etapa de crecimiento rápido se fertilizó con los niveles: 149 ppm N, 32 ppm P y 123 ppm K con el fertilizante Peters 20-10-20® y en la etapa de finalización (preacondicionamiento) se fertilizó con los niveles 55 ppm N, 150 ppm P y 400 ppm K con fertilizante Peters 4-25-35®. El lugar donde permaneció la planta en la etapa de establecimiento (3 meses) y crecimiento rápido (4 meses), es un invernadero multicapilla con techo bativenal, y la cubierta superior de plástico color blanco lechoso calibre 720, ventilación lateral por medio de cortinas enrollables. Al finalizar estas fases de producción se conformaron tres lotes de planta. El primero permaneció dentro del invernadero 3 meses (T1= invernadero). El segundo fue colocado en malla sombra (50 % de retención de luz) durante 1.5 meses y después fue colocada en intemperie durante 1.5 meses (T2=malla sombra). El tercer lote fue colocado en la intemperie y permaneció ahí durante 3 meses (T3=intemperie).

La segunda etapa del experimento consistió en la plantación de estos lotes de planta. La plantación se estableció en la localidad Regocijo ubicado en coordenadas geográficas 23° 42' 26.6" N y 105° 09' y 25.1" O.

El trazo de plantación fue en líneas, con una separación entre líneas de 3 metros y la distancia entre plantas de 1.5 metros. Se utilizaron cuatro líneas donde cada línea se consideró como bloque y el tamaño de la parcela experimental fue de 12 plantas. Las variables medidas fueron altura y diámetro del cuello que fueron evaluadas al establecimiento de la plantación y 433 días después de la plantación (ddp) y en esta fecha también se evaluó supervivencia.

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de Friedman y donde hubo diferencias significativas se realizó comparación basada en las medias de los rangos por tratamiento y en la varianza de los rangos según se describe en Conover (1999). Se utilizó el programa Infostat® versión 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que se presentaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas excepto incremento en altura y en supervivencia (Cuadro 1).

Cuadro1. Rangos y significancia de las pruebas de Friedman para las variables analizadas

Variable	Invernadero	Malla sombra	Intemperie	T ²	p
Diámetro al establecimiento	1.00	2.00	3.00	1.00E+30	<0.0001*
Diámetro final	1.00	2.00	3.00	1.00E+30	<0.0001*
Incremento en diámetro	1.00	2.25	2.75	13	0.0066*
Altura al establecimiento	1.00	2.50	2.50	9	0.0156*
Altura final	1.25	2.00	2.75	3.86	0.0837*
Incremento en altura	2.00	1.50	2.50	1	0.4219
Supervivencia	1.63	2.00	2.38	0.53	0.6141

*Diferencias significativas.

En la variable diámetro al establecimiento, el tratamiento que produjo mayor promedio fue el que corresponde a la planta preacondicionada en intemperie. Similar comportamiento se obtuvo para la variable diámetro final. En el caso del incremento en diámetro, los tratamientos que tuvieron el mayor incremento fueron intemperie y malla sombra (Cuadro 2). Respecto a la variable altura al establecimiento, el mayor valor se produjo en la planta preacondicionada en invernadero, y por debajo de esta se encontraron la preacondicionada en malla sombra e intemperie. La altura final que produjo el mayor valor fue la planta de intemperie. En el caso del incremento en altura se obtuvo un promedio general de 3.75 cm. La variable supervivencia no presentó diferencias significativas (Cuadro 3), obteniendo una supervivencia general de 43.75. Se esperaba encontrar al final de la evaluación una supervivencia mayor en el tratamiento de intemperie lo cual no ocurrió.

Cuadro 2. Promedios obtenidos en el diámetro en planta de *Pinus engelmannii* con diferentes tratamientos de precondicionamiento.

Condición de precondicionamiento	Diámetro al establecimiento (mm)	Diámetro final (mm)	Incremento en diámetro (mm)
Invernadero	3.65 c	9.10 c	5.27 b
Malla sombra	5.05 b	13.61 b	8.64 a
Intemperie	5.63 a	15.54 a	9.88 a

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.050$).

Cuadro 3. Promedios obtenidos en la altura y supervivencia de *Pinus engelmannii* con diferentes tratamientos de precondicionamiento.

Condición de precondicionamiento	Altura al establecimiento (cm)	Altura final (cm)	Incremento en altura (cm)	Supervivencia
Invernadero	5.15 a	9.04 b	3.57	31.25
Malla sombra	6.25 b	9.82 ab	3.01	43.75
Intemperie	6.11 b	10.94 a	4.68	56.25

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.050$).

Lo obtenido en el presente ensayo al final de la primera etapa concuerda con lo obtenido por Rosales (2011) en la misma especie, ya que menciona que el diámetro que obtuvo mayor valor fue de la planta precondicionada en intemperie e inversa fue la respuesta en la altura. En un estudio realizado con *Pinus pseudostrobus*, Sigala (2013) menciona que el precondicionamiento no tuvo efecto en la supervivencia, y ese comportamiento se tuvo en el presente estudio.

CONCLUSIONES

La planta precondicionada en intemperie obtuvo los valores mayores en diámetro y en altura a los 14 meses después de plantada; sin embargo, en la supervivencia no hubo diferencias significativas entre tratamientos de precondicionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Corral-Rivas J. J., Álvarez-González J. G., Ruiz-González A. D., von Gadow K. 2004. Compatible height and site index models for five pine species in El Salto, Durango (México). *Forest Ecology and Management*, 201(2004):145-160.
- Conover W.J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Escobar-Rodríguez, R. 2012. Fases de cultivo: Endurecimiento. *In: Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones (CFI), Centro de Investigación y Extensión Forestal

- Andino Patagónico (CIEFAP), Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB) pp: 145-159
- García-Arévalo. A., y González-Elizondo M. S. 2003. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, AC. CIDIR-IPN. Durango, México. P 187.
- Jacobs D. F. and Landis T. D. 2009. Hardening. *In*: Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries. Volume 1: Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.:U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp:217-227.
- Quiroz-Marchant I., Garcia-Rivas E., González-Ortega M., Chung Guin-Po P., SotoGuevara H. 2009. Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. INFOR Sede Bio-Bio, Centro tecnológico de la planta forestal. 116 p.
- Rosales M.S. 2011. Efecto de la intensidad de sombra y la fertilización en el preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. 52 p.
- Secretaría de Economía (SE). 2016. Norma Mexicana NMXAA-170-SCFI-2016. Certificación de la Operación de Viveros Forestales. Comisión Nacional Forestal. México.
- Sigala R. J.A. 2013. Efecto del manejo y calidad de planta en vivero, en la supervivencia y crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en sitios de baja productividad. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. 83 p.
- Vilagrosa A., Villar-Salvador P. y Puértolas J. 2006. El endurecimiento en vivero de especies forestales mediterráneas. *In*: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp. 119-136.

ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE ZACATE BANDERILLA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Sierra Tristán J.S., M. H. Rojo Márquez y J. Ochoa Rivero

Sitio Experimental La Campana. CIRNOC-INIFAP
sierra.jsantos@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La restauración, revegetación o rehabilitación del ecosistema pastizal es un problema complejo que implica altos costos, tiempo y alto riesgo de fracaso, tanto por la incertidumbre que se tiene en el comportamiento de la precipitación, como por las características propias en el establecimiento de los zacates nativos (Carrillo *et al.*, 2009a). Además de los riesgos antes expuestos, otra de las limitantes para la revegetación de los agostaderos es la carencia de materiales de especies nativas de origen local debidamente probadas, ya que un buen material no debe proceder de más de 300 km de latitud y 160 km de longitud (Weltch *et al.*, s/f) al sitio donde se realizará la siembra; los materiales utilizados por lo general son de importación y/o de procedencias alejadas a las áreas donde se realizará la revegetación y su costo es elevado. El costo de semilla importada de pastos nativos como banderita (*Bouteloua curtipendula*), es de hasta nueve veces más en comparación con el costo de producción de semilla nacional (Martin *et al.*, 2009).

El zacate banderilla es de las especies forrajeras nativas más importantes, presenta formas de reproducción sexual y apomíctica (Gould, 1959). Como resultado de estas formas de reproducción y de la dinámica de cruzamiento en las poblaciones, el zacate banderilla presenta una amplia variabilidad morfológica y genética, tanto en plantas sexuales como apomícticas (Harlan, 1949, 1950; Gould, 1959). En este polimorfismo se presentan diversos niveles de ploidía, con presencia de plantas euploides y aneuploides (Gould y Kapadia, 1962; Gould y Kapadia, 1964). Se han encontrado plantas con rangos de cromosomas de 20 a 103 en los Estados Unidos (Kapadia y Gould, 1964), y de 19 a 107 en México (Morales *et al.*, 2007). Se ha determinado que plantas con $2n$ mayores a 52 cromosomas son obligadamente apomícticas (Gould, 1959; Freter *et al.*, 1955). Las plantas sexuales de banderilla se distribuyen principalmente en el norte y noreste de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA); mientras que las apomícticas en la altiplanicie central mexicana, parte del Desierto Sonorense y suroeste de los EUA (Gould, 1959).

Taxonómicamente se han identificado tres variedades de zacate banderilla: *B. curtipendula* var. *curtipendula* es básicamente tetraploide $2n=40$; pero se ha encontrado un grupo rizomatoso

aneuploide en el centro de Texas con 41 a 64 cromosomas, lo cual da indicios de hibridación. *B. curtipendula* var. *caespitosa* es aneuploide y altamente poliploide con rango de 58 a 103 cromosomas (Gould, 1962; Gould, 1979); por su parte *B. curtipendula* var. *tenuis* es intermedia de diploide a poliploide.

Esta diversidad morfológica y genética del zacate banderilla, muestra variabilidad en altura de planta, ancho y largo de sus limbos, días a floración, producción de forraje y de semilla, longitud de inflorescencia, longitud de tallos florales, densidad de tallos y altura media de hijuelos; entre otros atributos cuantitativos (González y Garza 1974; González *et al.*, 1979; Morales *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2016), así como en atributos cualitativos de: fenología, textura de limbo, capacidad de rebrote y potencial de establecimiento (Morales *et al.*, 2009), lo que le permite diversidad de habilidades adaptativas y plasticidad en respuesta a factores ambientales (Luján, 2004).

Para el estado de Chihuahua se tienen evidencias de la presencia de materiales de banderilla apomícticos, poliploides (98-107 cromosomas), con características de buenas forrajeras y de alta producción de semilla (Morales, *et al.*, 2006; Morales, *et al.*, 2007; Morales, *et al.*, 2008; Morales, *et al.*, 2009).

Debido a la gran variabilidad morfológica y genética del zacate banderilla, se han liberado al menos 10 variedades comerciales de esta especie en los EUA. En México, solo se ha liberado la variedad "Diana"; sus materiales originales proceden de Sombrerete, Zacatecas y es recomendada para alturas superiores a los 1800 msnm con más de 260 mm de precipitación (Beltrán, 2013). Otro material sobresaliente de zacate banderilla es el INIA-207, seleccionado en Zacatecas (Rubio *et al.*, 1987).

Si bien se han hecho esfuerzos en la revegetación de pastizales con el uso de zacates nativos (Fierro *et al.*, 1977; Martín *et al.*, 1985; González y Chávez, 1988; Esqueda *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2009b; Gutiérrez y Sierra, 2013), no se ha logrado un establecimiento satisfactorio del zacate banderilla en la mayoría de los casos; ésta dificultad en alguna medida está asociada a la morfología de su plántula, ya que algunos de sus materiales inician el desarrollo de sus raíces adventicias o permanentes muy superficialmente; de manera que éstas quedan expuestas a la desecación del suelo durante los intervalos secos entre lluvias y su establecimiento depende de la velocidad en el desarrollo de sus raíces y del número de días secos en estos intervalos (Newman y Moser, 1988).

Por otra parte, las selecciones de zacate banderilla se han realizado con un enfoque de productividad (kg/MS/planta) (González s/f; Rubio *et al.*, 1987; Morales *et al.*, 2009; Beltrán *et al.*, 2013) y no se ha dado la orientación de selección de materiales en base a sus habilidades

de establecimiento y persistencia bajo las distintas condiciones ambientales del agostadero y del pastoreo, por lo que se carece de la identificación de materiales de banderilla con buenas habilidades de establecimiento.

Con el objetivo de seleccionar materiales sobresalientes de zacate banderilla en base a variables morfológicas cuantitativas, se realizó una colecta de ecotipos de esta especie en el estado de Chihuahua y en límites de estados vecinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de ecotipos.

Durante el verano de 2015 se colectaron clones de zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula* var. *caespitosa* y var. *tenuis*), que crecían bajo diferentes condiciones climáticas y edáficas de acuerdo a la metodología de Morales (2008).

La colecta de materiales se realizó en poblaciones de zacate banderilla con al menos 40 km de separación entre una y otra. Las colectas se hicieron en el estado de Chihuahua, norte de Durango, este de Sonora y en los límites de Coahuila con Chihuahua.

Se colectaron clones entre cuatro y seis cm de diámetro con suficiente masa radical y aérea. Cada clon fue identificado con cinta adhesiva con un código previamente definido. Se extrajo material para disponer de 36 clones por ecotipo o sitio de muestreo. El número de cada ecotipo se registró en formato de campo con datos de ubicación geográfica georeferenciada, clima, topografía, suelo y vegetación asociada. El material se conservó durante su traslado en cajas de plástico adicionadas con una capa de peatmost humedecida, de altura suficiente para que cubriese la raíz de los clones colectados. A los clones se les uniformizó altura con corte a los 25 cm. Dependiendo de la radiación solar, se cubrieron las cajas con manta o su tapa durante el traslado de los materiales al sitio de trasplante.

Trasplante de ecotipos.

A más tardar a 48 horas de ser colectado, el material se trasladó y trasplantó en un lote experimental del Rancho Experimental La Campana, donde se dio seguimiento a su establecimiento y posterior evaluación de variables. El Rancho La Campana se ubica en el km 80 de la Carretera Chihuahua Cd. Juárez. y se localiza a una altura de 1640 msnm, el clima es seco, templado; con una temperatura media anual de 15 a 17° C, máximas extremas de 40° C y mínimas de -9° C. La precipitación media anual es de 360 mm, principalmente de verano (julio – septiembre), con un período libre de heladas de 199 días. Los suelos datan del período Cenozoico superior clásico, de origen coluvial –aluvial. En su perfil el horizonte A es superficial,

con estructura granular débil de textura franco arcillosa con buen drenaje interno; el horizonte B argílico, gravoso, de color pardo rojizo, con pH de 6.6 y estructura granular moderada.

Se obtuvo semilla de las variedades comerciales Niner y Haskel, las que se consideraron como testigo.

Inicialmente se consideró la colecta de 60 poblaciones o ecotipos. La plantación de estos 60 ecotipos se sortearon al azar en cada uno de tres bloques; donde cada ecotipo estuvo representado por 12 clones por bloque.

Para el trasplante se tomaron los clones de los cajones de traslado, se hizo un pequeño orificio en el suelo, se depositó el clon con un poco de peat moss, se cubrió con suelo el resto del orificio y se aplicó agua a saturación en este. Para asegurar la supervivencia de los clones se les aplicó de manera individual tres litros de agua cada semana hasta mediados de octubre del 2015; posteriormente los materiales han permanecido bajo condiciones ambientales.

Las variedades testigo Niner y Haskel se crecieron inicialmente bajo condiciones de invernadero en contenedores de poliestireno expandido Copperblock® de 77 cavidades, con un sustrato de peat moss, vermiculita y agrolita. A siete semanas de crecimiento las plantas se trasplantaron junto con el resto de los ecotipos y recibieron los mismos tratamientos.

Variables evaluadas y análisis.

Las variables morfológicas evaluadas fueron: altura de la planta, altura del follaje, ancho de limbo (hoja), longitud del limbo, longitud de inflorescencia (espiga), longitud de espiguilla, ancho de espiguilla, número de espiguillas, grosor base del culmo (tallo), grosor de tallo a base de espiga y producción de forraje. La altura se midió desde la base hasta la punta de la espiga, la altura de follaje desde la base hasta el inicio de tallos florales, ancho de limbo se midió en su parte media y la longitud de este; se eligieron los limbos más representativos en la planta al igual que la inflorescencia. Se contabilizó el número total de espiguillas sin considerar si contenían cariopside (semilla) o vacías. Para la medición del grosor del culmo o tallo se utilizó un vernier. Para la producción de forraje se cortó a 5 cm de altura, incluyéndose hojas y tallos; éste se colocó en bolsas de papel y se secó en estufa por 48 h a 70° C.

Los datos de las variables se agruparon en una matriz, en la cual se eliminaron los ecotipos no sobrevivientes. La matriz depurada se estandarizó y se sometió a un análisis de componentes principales (ACP) y a un análisis de conglomerados (AC) con agrupación por el método de Ward. Para la obtención del dendograma de dispersión de grupos se utilizó el MINITAB v15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La colecta de ecotipos de banderilla se inició el 5 de agosto y terminó el 24 de septiembre de 2015. Las variedades comerciales se trasplantaron el 15 de octubre. Se recolectaron 49 ecotipos, más las dos variedades comerciales para un total de 51 ecotipos evaluados.

Para el verano – otoño del 2016 siete ecotipos no presentaron rebrote o este fue muy pobre (ecotipos, 8, 14, 17, 27, 28, 53 y 57) por lo que se consideraron como no sobrevivientes y no fueron incluidas en los análisis; dentro de estos estuvo la variedad comercial Haskell (57).

La precipitación en el período de estudio fue seca en septiembre del 2015 y julio del 2016, períodos que afectó el establecimiento. Se tuvo un buen período húmedo de agosto a octubre del 2016 que favoreció el rebrote de las plantas.

El análisis de componentes principales (ACP) indicó que los primeros dos componentes explican el 57% de la variabilidad total, con el tercer componente se incrementa al 68%.

El primer componente (CP) indica que la combinación lineal de las variables que mayor contribuyen lo hacen de manera similar, por lo que este componente es un promedio entre longitud de inflorescencia, número de espiguillas, diámetros de los tallos y el ancho de la hoja, lo que da idea de ecotipos con habilidades en la producción de semilla.

Con relación al segundo componente éste da mayor peso a características de producción de forraje y a dimensiones de hojas y espiguilla, éstas últimas con signo negativo; por lo que es un contraste entre alturas de la planta, su follaje, su producción de forraje y el ancho de las hojas y de las espiguillas, esto indicaría ecotipos con habilidades en la producción de forraje, de hojas y espiguillas angostas.

En la gráfica de dispersión de los dos primeros CP (Figura 1) se aprecia que el ecotipo ID39 (Buenaventura, Chih.) es el que presenta las mejores características con potencial en la producción de semilla, seguido de los ID8, ID30 e ID35; mientras que el ID45 es el que presentó las menores habilidades, este último corresponde a la variedad comercial Niner.

Los ecotipos ID18 e ID 36 son los que presentan los mayores valores con relación al segundo componente principal (CP2), el cual da características de alta producción de forraje; en contraste los ID25, 21, 32 y 3 se presentan como ecotipos con menores habilidades de abundancia forrajera, pero con espiguillas y hojas anchas (Figura 1).

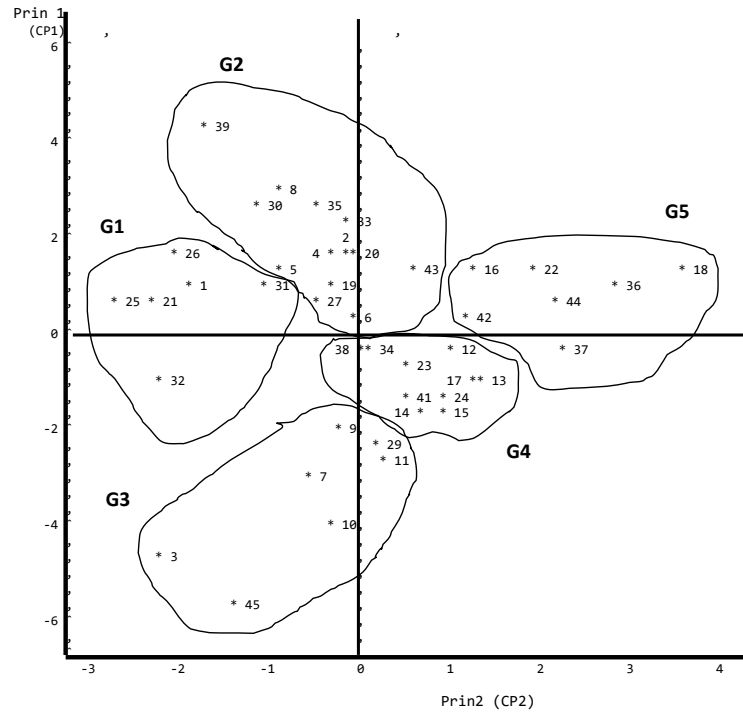


Figura 1.- Dispersión de ecotipos (ID) de zacate banderilla con relación a los dos primeros componentes principales y la formación de grupos de acuerdo al análisis de conglomerados

De todos los ecotipos la variedad comercial Niner fue la que presentó los menores valores en ancho de espiguillas, número de espiguillas, diámetro basal en tallo y longitud de hoja.

El ecotipo (ID3) colectado en zona de transición entre pastizal y matorral desértico presentó valores mínimos en tres características; no obstante que da idea de baja capacidad de producción de forraje, puede ser un ecotipo persistente en ambientes hostiles. En contraste el ecotipo (ID39) presentó tres características con valores máximos, tercera posición en ancho de espiguilla y 5a en longitud de inflorescencia y diámetro basal, lo que nos indica plantas robustas con espigas grandes y con numerosas espiguillas.

En la Figura 2 se presenta el dendograma de salida del análisis de conglomerados, donde los ecotipos se agruparon por similitud en una combinación de características morfológicas. La agrupación en cinco grupos es en concordancia con la dispersión de ecotipos obtenida con el ACP (Figura 1).

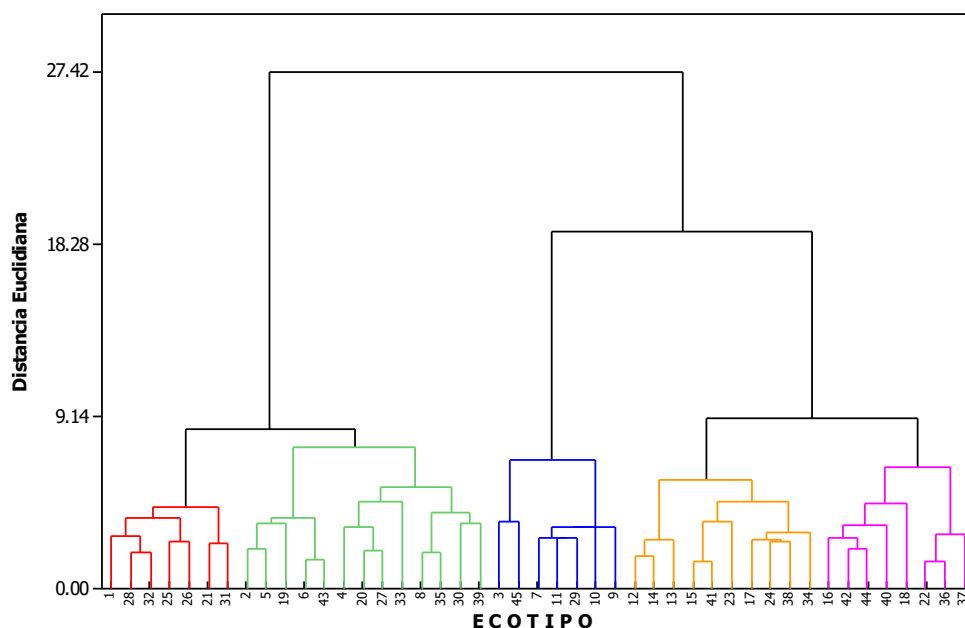


Figura 2.- Dendrograma de agrupación de ecotipos de zacate banderilla (Análisis de conglomerados por método de Ward), colectados en el estado de Chihuahua y trasplantados en el Sitio Experimental La Campana. CIRNOC-INIFAP.

A estos ecotipos sobresalientes se les debe dar seguimiento en las características de su plántula, dado que ésta etapa es la más crítica para el establecimiento de la especie debido a las condiciones erráticas en la disponibilidad de humedad bajo las condiciones ambientales del agostadero y a las características propias de la plántula de esta especie. Se debe conocer su habilidad para desarrollar raíces seminales o efímeras y raíces adventicias o permanentes y sobre su resistencia o tolerancia a períodos secos.

CONCLUSIONES

Se identificaron cinco grupos de ecotipos con características morfológicas diferentes. Por ejemplo: G2, plantas con inflorescencias largas y con numerosas espiguillas, de tallos robustos y hojas largas. Ecotipos con potencial producción de semilla. G5, Plantas altas, con abundante follaje con hojas y espiguillas angostas; longitud de inflorescencias y número de espiguillas en la media de los ecotipos.

Esta agrupación de ecotipos permite orientar las futuras investigaciones, dado que lo que se busca con los pastos nativos no es únicamente el aspecto de la producción de forraje, si no que los zacates se establezcan al realizar una revegetación artificial, persistan bajo la presión del pastoreo e incluso se dispersen de los sitios iniciales de revegetación.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán L. S., C.A. García D., J.A. Hernández A., C. Loredó O., J. Urrutia M., L. A. González E. y H.G. Gámez V. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(2):217-221.
- Carrillo R.R., M. Esqueda C., P. Jurado G. y A. Melgoza C. 2009b. Sobrevivencia de trasplantes de zacates nativos e introducidos utilizando biofertilizantes. Memoria. VI Simposium internacional de Pastizales. UANL-ITESM. Monterrey, N.L.
- Carrillo S.M., T. Arredondo M., E. Huber-Sannwald y J. Flores R. 2009a Comparación en la germinación y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Tec. Pecu. Méx.* 47(3):299-312.
- Esqueda, C.M.H., R. Carrillo R., M. Sosa C., A. Melgoza C., M. Royo M. y J. Jiménez C. 2002. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas inoculadas con biofertilizantes en condiciones de invernadero. *Técnica Pecuaria México.* 42(3):459-475.
- Fierro, L.C. y F. Gómez R. 1977. Adaptación y producción de gramíneas bajo condiciones de temporal en cuatro localidades del estado de Chihuahua. *Bol. Pastizales.* 8(5): 2-8. Rcho. Exp. La Campana. INIP-SARH. Chihuahua, Chih
- Freter, L.E. and W.V. Brown. 1955. A cytotaxonomic study of *Bouteloua curtipendula* and *B. uniflora*. *Bull. Torr. Bot. Club.* 82:121-130.
- González D.J.R. s/f. Programa de mejoramiento genético de pastos. En: Diez años de investigación en la UAAAN. Contribuciones al desarrollo agropecuario y forestal de México (1972-1982). Univ. Aut. Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 133-141 p.
- González D.J.R. y H. Garza C. 1974. Evaluación de colecciones de banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. En la región de Navidad, N.L. Boletín Técnico No.5. CNIZA-ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- González D.J.R., H. Garza C. y V. M. Serrato C. 1979. Ensayo de selecciones de zacate banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Folleto Especial s/n. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah.
- González V. E. A. y A. Chávez S. 1988. Evaluación de diferentes fechas de barbecho en el establecimiento de gramíneas en pastizales. *Téc. Pecu. Mex.* 36(3): 187-196.
- Gould F.W. y Z.J. Kapadia. 1962. Biosystematic studies in the *Bouteloua curtipendula* complex. I. The aneuploid rhizomatous *B. curtipendula* of Texas. *Amer. J. of Botany.* 49(8):887-891.
- Gould F.W. y Z.J. Kapadia. 1964. Biosystematic studies in the *Bouteloua curtipendula* complex. II. Taxonomy. *Brittonia.* 16(2):182-207.
- Gould, F. W. 1959. Notes on apomixis in sideoats grama. *J. Range Manage.* 12(1):25-28.
- Gould, F. W. 1979. The genus *Bouteloua* (Poaceae). *Annals of Missouri Bot. Garden.* 66(3):348-416.
- Gutiérrez R. E. y J. S. Sierra T. 2013. Rehabilitación de agostaderos en el estado de Chihuahua. Informe anual de actividades. Sitio Exp. La Campana. SARH-INIFAP-Gob. Edo. de Chihuahua.
- Harlan, J.R. 1949. Apomixis in the side-oats grama. *Amer. J. Bot.* 36 (7):495-499.
- Harlan, J.R. 1950. The breeding behavior of side-oats grama in partially isolated populations. *Agronomy J.* 42(1):20-24.
- Kapadia, Z.J. y F. W. Gould. 1964. Biosystematic studies in the *Bouteloua curtipendula* complex. III. Pollen size and related to chromosome number. *Amer. J. Botany.* 51(2):166-172.
- Luján T. de P. M.A. 2004. Ecological implications of genetic variation in *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Ph. Dr. Dissertation. Texas A&M University. 113 p.
- Martín R.M.H., F. Ibarra F., R. Cox J. y H.L. Morton. 1985. Siembra manual con diferentes especies de zacates y cinco preparaciones de cama de siembra en matorrales. Memoria de investigación Pecuaria en México. SARH-INIFAP-UNAM. México, D.F.
- Martín-Rivera, M. H., Ibarra-Flores, F. A, Denogean-Ballesteros, F. G, Moreno-Medina, S. y Salazar-Rodríguez, A. 2009. El uso de asemilla de gramíneas de origen local para la rehabilitación de agostaderos en México. VII Simposio Internacional sobre la Flora de Zonas Áridas. La Paz, B.C.
- Morales N.C.R., A. Quero C., O. Le-Blanc, A. Hernández G., J. Pérez P. y S. González M. 2006. Caracterización de la diversidad del pasto nativo *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. mediante marcadores de AFLP. *Agrociencia.* 40:711-720.
- Morales N.C.R., A. Quero C. y C. H. Avendaño A. 2007. Caracterización de la diversidad nativa del zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] mediante su nivel de ploidía. *Tec. Pecu. Méx.* 45(3):263-278.

- Morales N.C.R. 2008. Metodología para la recolecta y conservación de germoplasma de plantas forrajeras en las zonas áridas y semiáridas de México. Bol. Técnico No. 21. Sitio Exp. La Campana-Madera. CIRNOC-INIFAP.
- Morales N.C.R., A. Quero C., A. Melgoza C. M. Martínez S. y P. Jurado G. 2009. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Tec. Pecu. Méx.* 47(3):231-244.
- Morales N.C.R., C. Avendaño A., A. Melgoza C., Gil V. K.C., A. Quero C., P. Jurado G. y M. Martínez S. 2016. Caracterización morfológica y molecular poblaciones de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en Chihuahua, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 7(4):455-469.
- Newman, P.R. y L.E. Moser. 1988. Seedling root development and morphology of cool-season and warm-season forage grasses. *Agronomy and Horticulture - Faculty publications*. Paper 82. University of Nebraska – Lincoln. <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/82>
- Rubio, A.F., W.J. Castruita P., J.R. González D. y F. Cárdenas R. 1987. Caracterización inicial de 105 ecotipos de zacate Banderilla en Zacatecas. Resúmenes Tercer Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. SOMMAP, A.C. Durango, Dgo. p. 7.
- Weltch T.G., B.B. Rector and J.S. Aderson. s/f. Seeding rangeland Bull. E-53. Texas Agr. Ext. Serv. Texas A&M Univ. Syst.

INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN CÁRTAMO FORRAJERO EN FUNCIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y LA DENSIDAD DE POBLACIÓN

David Guadalupe Reta Sánchez*, Arturo Gaytán Mascorro, Yasmin Ileana Chew Madinaveitia, Damián Torres Hernández

Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Cd. Matamoros, Coahuila. Tel. 01-800-088-2222 Ext. 82415.

*reta.david@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera los sistemas de producción forrajeros enfrentan múltiples problemas como una creciente salinidad en el suelo, pocas alternativas de patrones de cultivos forrajeros, y una limitada disponibilidad de agua. Otro factor adverso que afecta la producción de forraje es el cambio climático global, debido al incremento de la temperatura y la ocurrencia de periodos de sequía más frecuentes y prolongados, situación que se agravará en las próximas décadas. Estos factores obligan a buscar cultivos forrajeros alternativos como el cártamo, el cual debido a su moderada tolerancia a la salinidad (Maas, 1986), precocidad y mejor calidad de forraje que la avena, puede ser integrado a los sistemas de producción forrajeros tradicionales en siembras tardías de otoño-invierno, o bien en nuevos sistemas de producción con doble cosecha en otoño-invierno (Reta *et al.*, 2015; Reta *et al.*, 2016; Reta *et al.*, 2017).

En México, el cártamo para la producción de semilla se establece en surcos entre 0.75 y 0.92 m y con densidades de población entre 150,000 y 240,000 plantas ha⁻¹ (Montoya, 2010), por lo que la planta desarrolla ramas y órganos reproductores durante el ciclo de crecimiento hasta madurez. En el cártamo para forraje es importante realizar la cosecha en etapas tempranas para obtener una alta composición química y conservar su palatabilidad al evitar el desarrollo de espinas en hojas e inflorescencias; por ello, probablemente la respuesta del cultivo a la distancia entre surcos sea diferente a la observada en la producción de cártamo para semilla. Al respecto, en un trabajo realizado en la Comarca Lagunera donde se evaluó la respuesta del cártamo para forraje a cuatro distanciamientos entre surcos (0.19, 0.38, 0.57 y 0.76 m) con una densidad de población de 100 plantas m⁻², se encontró que los mayores rendimientos de materia seca (MS) y energía neta para lactancia (EN_L) se obtuvieron en surcos estrechos (0.19 y 0.38 m), con pérdidas en rendimientos de MS (17.2 a 19.1%) y EN_L (15.7 a 16.0%) en surcos a 0.76 m. En el estudio se indica que estas diferencias entre tratamientos se relacionaron a una más temprana y mayor intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa (Reta *et al.*, 2014). Estos resultados muestran la importancia de estudiar la capacidad del cártamo forrajero para interceptar la radiación solar bajo diferentes condiciones de manejo agronómico. El

objetivo del presente estudio fue determinar la capacidad de intercepción de radiación solar en cártamo forrajero en función del distanciamiento entre surcos y la densidad de población, y su efecto sobre el rendimiento de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' N, 103° 14' O y 1150 m sobre el nivel del mar), en un suelo con textura franco arcillosa. El sitio experimental tiene un suelo profundo (>1.8 m), con valores de humedad aprovechable de 150 mm m⁻¹ (Santamaría *et al.*, 2008) y un contenido de C orgánico de 0.75% (Santamaría *et al.*, 2006).

La preparación del suelo consistió de barbecho, rastreo, nivelación y trazo del experimento. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó con urea y fosfato monoamónico granulares, a razón de 75 kg N y 80 kg P₂O₅ ha⁻¹, incorporando los fertilizantes con azadón. Los fertilizantes se aplicaron en forma manual, considerando el tamaño de parcela en cada método de siembra. La siembra se realizó manualmente en suelo seco el 2 de enero de 2015. El siguiente día se aplicó el riego de siembra con una lámina de 150 mm. Para facilitar la emergencia de plántulas, 15 días después de la siembra (dds) se aplicó un riego ligero con una lámina de 80 mm. Se utilizó la variedad 'Promesa'.

Se estudiaron cuatro distanciamientos entre surcos (0.19, 0.38, 0.57 y 0.76 m) y tres densidades de población (23, 75 y 127 plantas m⁻²). Se utilizó un arreglo de tratamientos factorial 4 x 3, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El factor A fueron las distancias entre surcos y el factor B, las densidades de población. El número de surcos fue de 16, 8, 6 y 4 para las distancias entre surcos 0.19, 0.38, 0.57 y 0.76 m, respectivamente. La longitud de surcos en todos los casos fue de 4 m. Las mediciones se realizaron en una superficie de 4.56 m² en todas las parcelas. El número de surcos cosechados y su longitud fue de 8 y 3.0 m, 4 y 3.0 m, 3 y 2.67 m, 2 y 3.0 m para los distanciamientos 0.19, 0.38, 0.57 y 0.76 m, respectivamente. Se utilizó una densidad de siembra 50% superior a la requerida para cada tratamiento; posteriormente, a los 38 dds se realizó un aclareo de plantas para obtener las densidades de población en estudio. Durante el ciclo de crecimiento se aplicaron dos riegos con una lámina de 120 mm, a los 50 y 69 dds. En cada riego se realizó una aplicación adicional de N (87.5 kg ha⁻¹) utilizando urea granulada disuelta en agua. No se presentaron problemas de plagas, y el control de maleza se realizó manualmente y con azadón.

Se determinaron los rendimientos de forraje fresco y materia seca a la cosecha realizada a los 83 dds, en la fase de desarrollo de inicio de yemas florales. El contenido de MS se determinó de una muestra (0.57 m²) tomada al azar dentro de la parcela útil; para ello se muestrearon las plantas de 3.0, 1.5, 1.0 y 0.75 m lineales en surcos a 0.19, 0.38, 0.57 y 0.75 m, respectivamente. Las plantas se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS fue determinado multiplicando el rendimiento de forraje fresco por el contenido de MS en cada parcela.

Se determinó el índice de área foliar (IAF) y la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa en siete edades del cultivo, a los 39, 45, 48, 51, 58, 74 y 81 dds. Se tomaron seis lecturas por parcela entre las 1200 y 1400 h tiempo solar, usando un ceptómetro AccuPAR PAR/LAI modelo LP-80 (Decagon Devices, Inc., Pullman WA). Tres lecturas se tomaron arriba y las otras tres abajo del dosel, paralelo a la superficie de la tierra. El sensor fue colocado en un ángulo respecto a la hilera de plantas suficiente para que cada extremo del sensor quedara en el centro de los surcos, y el centro del sensor quedara en el centro de cuatro y dos surcos para las distancias entre surcos de 0.19 y 0.38 m, respectivamente; y de un surco para los distanciamientos de 0.57 y 0.76 m. Los días a 95% de intercepción de radiación solar por parcela se determinaron mediante una regresión lineal simple entre las edades de muestreo y las medias de intercepción por tratamiento de método de siembra.

Se realizaron análisis de regresión lineal simple ($P \leq 0.05$) para determinar la relación entre los días después de la siembra con el índice de área foliar y el porcentaje de intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa, y así determinar la edad en la que se alcanzó el 95% de intercepción de radiación solar. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS Inst., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de área foliar

La respuesta del IAF durante el ciclo de crecimiento a la disminución del distanciamiento entre surcos y al aumento de la densidad de población presentó una relación lineal positiva. La tasa de crecimiento del IAF en los surcos estrechos (0.19, 0.38 y 0.57 m) con valores entre 0.13 y 0.22 unidades de IAF por día, fue mayor a la observada en los surcos convencionales (0.76 m) (0.10 a 0.16 unidades de IAF por día), con los mayores valores en los surcos 0.19 y 0.38 m, los cuales mostraron valores similares entre sí en las tres densidades de población (Figura 1).

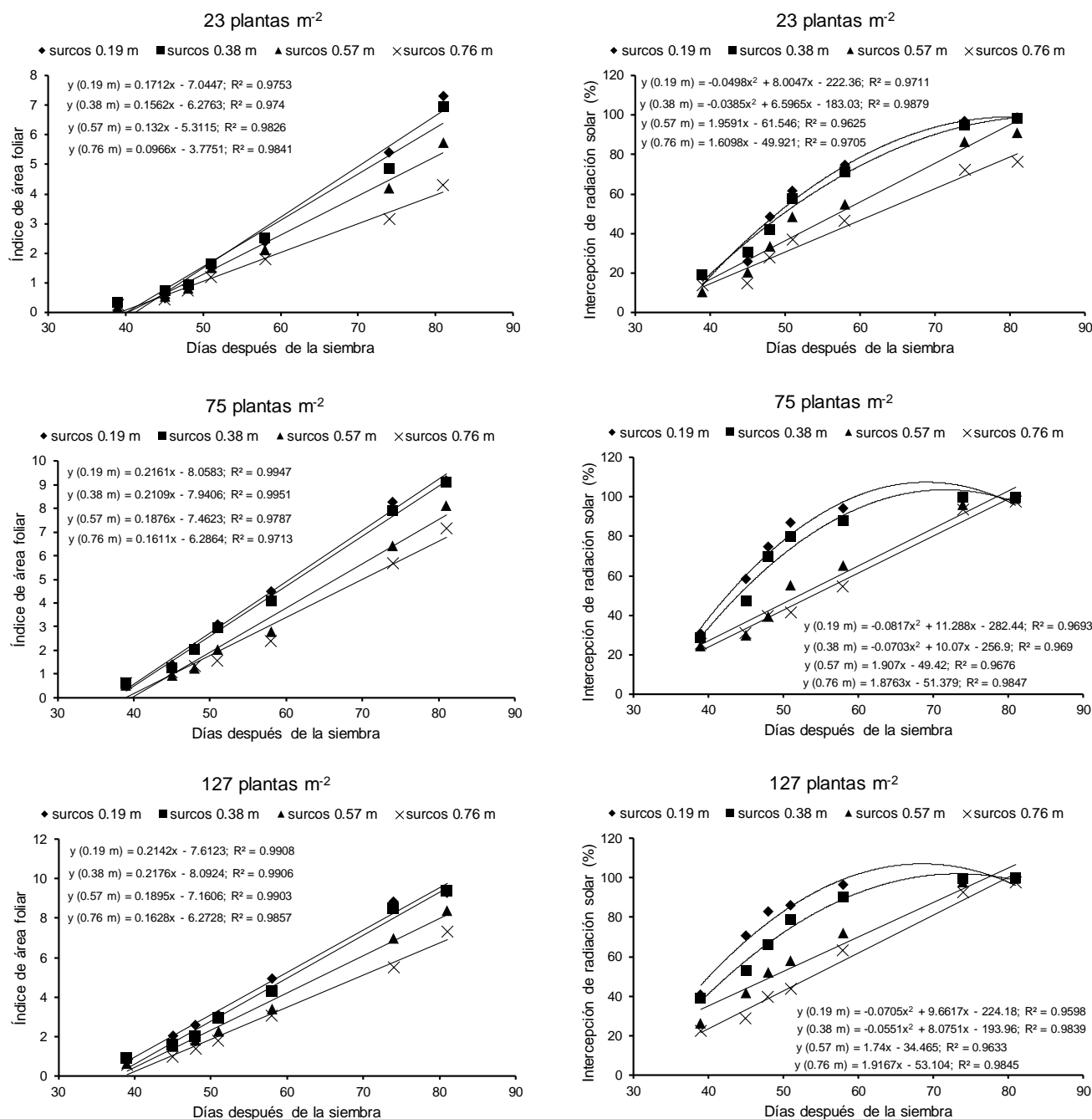


Figura 1. Relación entre el índice de área foliar y la intercepción de radiación solar con la edad del cártamo para forraje establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y tres densidades de población en la Comarca Lagunera durante el ciclo 2014-2015. Los parámetros de las regresiones resultaron significativos ($P \leq 0.05$).

Las tasas de crecimiento del IAF en las densidades de 75 a 127 plantas m^{-2} (0.16 a 0.22 unidades de IAF por día) fueron similares entre sí en todos los distanciamientos entre surcos, y mayores a las registradas en la menor densidad de población (23 plantas m^{-2}) que fluctuaron entre 0.10 y 0.16 unidades de IAF por día (Figura 1).

Debido a las mayores tasas de crecimiento del IAF en los surcos estrechos (0.19, 0.38 y 0.57 m) y en las densidades de población más altas (75 y 127 plantas/ m^2), el IAF en la edad de cosecha (83 dds) alcanzó valores de 8.11 a 9.38; mientras que en los surcos convencionales (0.76 m) en los mismos tratamientos se presentaron valores de IAF de 7.14 a 7.31. La mejor distribución de plantas en el terreno en surcos estrechos respecto a los surcos convencionales, se reflejó en un IAF mayor en las tres densidades de población evaluadas. También la respuesta lineal del IAF indica que la cosecha se realizó cuando aún no disminuía la tasa de crecimiento de órganos vegetativos, por lo que un incremento adicional en el valor del IAF aún es posible con un retraso de la cosecha (Figura 1).

Intercepción de radiación solar

Debido a los valores del IAF más altos en los surcos estrechos respecto a los surcos convencionales, su capacidad de intercepción de radiación solar fue mayor y más temprana. Este comportamiento ocurrió principalmente en los surcos a 0.19 m y 0.38 m, los cuales mostraron una relación cuadrática con la edad del cultivo en las tres densidades de población. Los distanciamientos entre surcos a 0.57 y 0.76 m presentaron una relación lineal con la edad del cultivo, por lo que la máxima intercepción de radiación solar se alcanzó en edades más avanzadas del cultivo, o nunca se alcanzaron como en surcos a 0.76 m con una densidad de población de 23 plantas m^{-2} (Figura 1).

Como resultado de su mejor distribución de plantas en el terreno, los surcos a 0.19 y 0.38 m tuvieron una mayor y más temprana intercepción de radiación solar que los surcos convencionales en las tres densidades de población evaluadas. Los surcos a 0.57 m presentaron durante el ciclo de crecimiento un comportamiento similar a los surcos a 0.76 m, pero con una mayor capacidad de intercepción. En la respuesta a la densidad de población, la capacidad de intercepción de radiación solar fue mayor en las densidades de 75 y 127 plantas m^{-2} , con valores similares entre sí en los surcos 0.19, 0.38 y 0.76 m. En surcos a 0.57 m la mayor intercepción ocurrió en 127 plantas m^{-2} , seguido de 75 plantas m^{-2} , mientras que la menor densidad (23 plantas m^{-2}) obtuvo los menores valores (Figura 1).

La mayor y más temprana intercepción de radiación solar alcanzada en los surcos a 0.19 y 0.38 m con densidades de población intermedias (75 plantas m⁻²) y altas (127 plantas m⁻²), permitió al cultivo fotosintetizar con la máxima capacidad de intercepción de radiación solar (95%) por períodos más largos (19 a 25 días). En la densidad de población baja (23 plantas m⁻²), los surcos estrechos a 0.19 y 0.38 m alcanzaron el 95% de intercepción de radiación solar a los 10 y 6 días antes de la cosecha, respectivamente. En comparación, los surcos tradicionales (0.76 m) con la baja densidad de población nunca alcanzó el 95% de intercepción, mientras que en las densidades de 75 y 127 plantas m⁻², este nivel de intercepción se alcanzó a los 4 y 3 días antes de la cosecha, respectivamente (Figura 2).

La mayor capacidad de intercepción de radiación solar en los surcos a 0.19 y 0.38 m con densidades de población intermedias y altas, se reflejó en mayores rendimientos de MS (6502 a 6999 kg ha⁻¹) respecto a los surcos a 0.76 m, que obtuvieron rendimientos de 5654 a 5677 kg ha⁻¹ con las mismas densidades de población. (Figura 2). Estos resultados son similares a los observados en el estudio realizado por Reta *et al.*, (2014), en el cual se concluye que los mayores rendimientos de MS en surcos estrechos (0.19 y 0.38 m) respecto a los surcos convencionales (0.76 m), fueron el resultado de su más temprana y mayor intercepción de radiación solar.

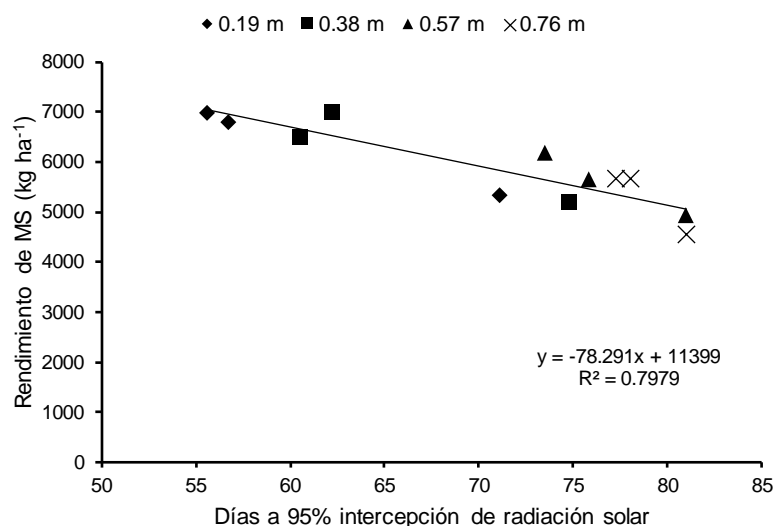


Figura 2. Relación entre el tiempo en que se alcanza el 95% de intercepción de radiación solar y el rendimiento de materia seca (MS) de cártamo para forraje establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y tres densidades de población en La Comarca lagunera durante el ciclo 2014-2015. Los parámetros de la regresión resultaron significativos ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Los mayores valores de IAF en surcos estrechos (0.19 y 0.38 m) y en las densidades de población intermedias (75 plantas m⁻²) y altas (127 plantas m⁻²) incrementaron los rendimientos de MS del cártamo para forraje, debido a una más temprana y mayor intercepción de radiación solar.

BIBLIOGRAFÍA

- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agriculture Research*. 1:12-26.
- Montoya C.L. 2010. El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNOC-CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Reta S.D.G., H.M. Quiroga G. y J.S. Serrato C. 2015. Patrones de cultivos forrajeros alternativos con mejor adaptación al cambio climático en la Comarca Lagunera. Desplegable para Productores Núm. 20. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila, México.
- Reta S.D.G., J.S. Serrato C., A. Gaytán M., H.M. Quiroga G., F. Frausto L., S. Ordaz V. y J. Godoy H. 2016. Validación de patrones de cultivo forrajeros alternativos con menor estrés por altas temperaturas en la Comarca Lagunera. *Agrofaz* 16:65-75.
- Reta S.D.G., J.S. Serrato C., A. Gaytán M., H.M. Quiroga G., G. Orozco H. y J.A. Payán G. 2014. Potencial forrajero del cártamo en respuesta al distanciamiento entre surcos en la Comarca Lagunera. *Agrofaz*. 14:65-71.
- Reta S.D.G., J.S. Serrato C., H.M. Quiroga G., A. Gaytán M. y U. Figueroa V. 2017. Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8:397-406.
- Santamaría C.J., D.G. Reta S., J.F.J. Chávez G., J.A. Cueto W. y J.I. Romero P.R. 2006. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Cd. Matamoros, Coahuila, México.
- Santamaría C.J., D.G. Reta S., R. Faz. C. y I. Orona C. 2008. Reducción del rendimiento potencial en maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro riegos. *Terra Latinoamericana*, 26:235-241.
- SAS Institute. 2011. The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.

ESTUDIO PRELIMINAR DE NUTRICIÓN FOLIAR DEL NOGAL PECANERO EN HUERTAS CON MANEJO CONVENCIONAL Y CON TENDENCIA A MANEJO ORGÁNICO

¹Elizabeth Santiago López, ²José Antonio Cueto Wong

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental Zaragoza. Km 12.5 Carretera Zaragoza-Acuña. Zaragoza, Coahuila, CP.26450. Autor para correspondencia: santiago.elizabeth@inifap.gob.mx

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdez No. 1200. Col. Mariano Matamoros, Matamoros, Coahuila, México. CP. 27440.

INTRODUCCIÓN

La producción de nuez pecanera a nivel mundial se estima alrededor de 330,000 ton (López *et al.*, 2014). Estados Unidos y México son los principales productores con el 60 % y 30% respectivamente. En el norte de México están las huertas más importantes, los principales estados productores son Chihuahua, Sonora y Coahuila. La producción de nuez se ha incrementado en un 60 % en los últimos diez años, alcanzando actualmente cerca de 122 mil toneladas; esto se debe principalmente a la superficie sembrada, la cual ha ido en constante aumento llegando a las 112 mil hectáreas en 2015, que incluyen 79 000 en producción y 33 000 en desarrollo (SIAP-SAGARPA, 2016). En el estado de Coahuila el nogal es de gran relevancia, la región norte del estado forma parte del centro de origen de esta especie (Orona *et al.*, 2014). El cultivo presenta diversas limitantes, en las que se encuentra las deficiencias nutricionales (Medina, 2002). La nutrición es uno de los factores que influye en el crecimiento y producción cada año (Vargas y Arreola, 2008). En la agricultura convencional actualmente existen paquetes tecnológicos que están orientados a obtener los máximos niveles de producción sustentados en el uso masivo de insumos agrícolas de origen sintético. Por otro lado, la agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión productiva que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, la biodiversidad, los ciclos ya actividades biológicas del ambiente, basándose en normas de producción específicas y precisas cuya finalidad es lograr sistemas de producción óptimos que sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico (FAO, 2001). El beneficio del uso de materiales orgánicos va más allá que el valor nutrimental, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los nutrientes críticos para la productividad fotosintética deben suplementarse en una combinación de fuentes orgánicas y minerales. Actualmente la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de nutrientes, dosis, tipo de fertilizante a usar y la época de aplicación deben basarse en estudios de diagnóstico nutricional tanto en plantas como en el suelo, conociendo la

dinámica nutricional del cultivo y sus etapas fenológicas para diseñar programas de fertilización. El análisis foliar consiste en la determinación química de la concentración de nutrientes esenciales en muestras representativas. Por lo que el objetivo del presente estudio es comparar los intervalos de suficiencia (IS) de Texas, Nuevo México y la Comarca Lagunera con los 2 tipos de manejo en el norte de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó el 27 de junio en dos huertas nogaleras bajo dos sistemas de manejo de la región norte del estado de Coahuila, en el municipio de Allende, localizada entre las coordenadas 28° 12' 00" a 28° 45' 39" latitud norte y 100° 23' 49" a 101° 24' 48" longitud Oeste a 342 msnm, con un clima árido cálido con temperatura media anual de 22°C.

Las huertas presentan un sistema de plantación en marco real de 12 m X 12 m entre árboles, se caracterizan por llevar un manejo convencional de 8 aplicaciones sintéticos y tendencia a manejo orgánico (Cuadro 1), con 4 ton/ha de composta y estiércol bovino.

Cuadro 1. Insumos utilizados para la fertilización

Actividad	Nutriente	Manejo convencional	Tendencia a Manejo orgánico
Fertilización	Nitrógeno	ABOTEIN	SULFATO DE AMONIO
	Manganeso	TEC MANGAN	SULFATO DE MANGANESO
	Potasio	NITRATO DE POTASIO	NITRATO DE POTASIO
	Zinc	NZN	NZN
	Hierro	N/A	SULFATO FERROSO
	Composta	N/A	COMPOSTA
	Estiércol	N/A	ESTIÉRCOL BOVINO

N/A= No Aplica

Para evaluar la dinámica nutricional del follaje en nogal, durante la estación de crecimiento en cada huerta se seleccionaron 15 árboles al azar en las cuales se colectaron 80 folíolos, del 15 junio al 15 de julio, de la parte media del árbol. Las muestras obtenidas se analizaron para determinar el contenido nutricional de los macronutrientes y micronutrientes presentes en el follaje. Para la interpretación de los resultados se utilizó la técnica de interpretación de análisis foliar (Baldock y Schulte, 1996) de tres regiones: Texas, Nuevo México y La Comarca Lagunera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de los análisis foliares en la determinación química de la concentración de nutrimentos esenciales se encontraron relación entre el manejo convencional y el manejo orgánico con la técnica de interpretación de Intervalos de Suficiencia (IS).

Las Tablas 1 y 2 detallan los valores de los macronutrientes y micronutrientes presentes en el follaje de los dos tipos de manejo. Se observa que en el coeficiente de variación hay diferencia entre cada uno los diferentes nutrientes. El manejo orgánico presenta diferencia en los nutrimentos: nitrógeno, potasio, cobre, zinc, manganeso, boro y níquel; es de destacar que en el manejo convencional los nutrimentos con mayor diferencia son el fósforo, calcio, magnesio y fierro.

Tabla 1. Concentración química de nutrientes presentes en muestras foliares de nogal pecanero con tendencia a manejo orgánico en el norte de Coahuila.

Nutrimento	RG1	RG2	RG3	RG4	RG5	RG6	μ	s	CV
	----- % -----								
N	2.76	2.84	2.88	3.00	2.93	2.84	2.88	0.08	2.88
P	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10	0.11	0.01	7.20
K	1.20	0.99	1.01	1.13	1.17	1.10	1.10	0.08	7.71
Ca	2.32	2.57	1.98	2.37	2.45	2.39	2.35	0.20	8.48
Mg	0.36	0.41	0.36	0.35	0.31	0.33	0.35	0.03	9.58
S	0.27	0.30	0.29	0.33	0.31	0.32	0.30	0.02	7.12
Na	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	22.13
	----- ppm -----								
Fe	82.00	69.20	78.70	62.10	60.40	60.10	68.75	9.63	14.01
Zn	404	402	332	397	343	399	379.50	32.81	8.64
Mn	154	162	128	155	156	163	153.00	12.81	8.37
Cu	9.39	10.30	8.84	9.64	9.61	8.80	9.43	0.56	5.96
B	92.20	80.10	67.60	78.90	84.20	82	80.83	8.02	9.92
Mo	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10	0.08	0.11	0.02	19.14
Ni	0.89	0.93	0.69	0.57	0.64	0.71	0.74	0.14	19.24

RG1, RG2, RG3, RG4, RG5, RG6 = Número de repeticiones, Media (μ), Desviación estándar (s), Coeficiente de variación (CV).

Tabla 2. Concentración química de nutrientes presentes en muestras foliares de nogal pecanero con manejo convencional en el norte de Coahuila.

Nutriente	JL1	JL2	JL3	JL4	JL5	JL6	μ	s	CV	
	----- % -----									
N	2.69	2.79	2.77	2.40	2.78	2.69	2.69	0.15	5.48	
P	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.11	0.12	0.01	7.00	
K	0.79	0.84	0.86	0.99	0.92	0.92	0.89	0.07	8.00	
Ca	3.62	3.62	2.42	4.23	3.21	3.76	3.48	0.61	17.62	
Mg	0.44	0.40	0.44	0.43	0.39	0.36	0.41	0.03	7.87	
S	0.32	0.32	0.30	0.35	0.35	0.33	0.33	0.02	5.91	
Na	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.01	29.81	
	----- ppm -----									
Fe	179	147	166	152	146	163	158.83	12.86	8.10	
Zn	171	114	174	132	134	138	143.83	23.70	16.48	
Mn	118	124	132	119	97.70	110	116.78	11.83	10.13	
Cu	6.64	6.24	8.10	5.90	6.29	7.20	6.73	0.80	11.94	
B	83.40	78.90	59.10	87.90	75.10	62.80	74.53	11.42	15.33	
Mo	0.13	0.17	0.03	0.14	0.28	0.06	0.14	0.09	65.38	
Ni	0.15	0.25	0.25	0.19	0.27	0.19	0.22	0.05	21.58	

JL1, JL2, JL3, JL4, JL5, JL6 = Numero de repeticiones, Media (μ), Desviación estándar (s), Coeficiente de variación (CV).

Al comparar los niveles de concentración química de los folíolos de la región norte con los intervalos de suficiencia de nutrientes de las regiones de Texas, Nuevo México y la Comarca Lagunera (Tabla 3), estos presentan intervalos similares, con muy pocas diferencias.

En los resultados se observa que el nitrógeno en ambos manejos (2.88 y 2.69 %), se encuentra dentro de los intervalos de Nuevo México y Texas; elemento clave en la nutrición mineral, que determina el vigor, producción y calidad del fruto; Hossain *et al.*, (2010) señalan que la deficiencia de N afecta el desarrollo de las hojas en la fotosíntesis. El fósforo se encuentra en los intervalos de las tres regiones, en el manejo orgánico está bajo, posiblemente sea a que sus aplicaciones no han sido las suficientes para completar los requerimientos; es un elemento esencial en plantas superiores; las cuales requieren concentraciones mayores en los tejidos y durante el crecimiento vegetativo Jeschke *et al.*, (1997). La planta al no completar sus requerimientos nutricionales empieza a limitar su crecimiento y desarrollo.

Tabla 3. Intervalos de suficiencia de nutrimentos para nogal pecanero en Texas, Nuevo México y la Comarca Lagunera y la media de concentración química de nutrientes presentes en muestras foliares de nogal pecanero con manejo convencional y tendencia a manejo orgánico en el norte de Coahuila.

Nutrimento	Texas	Nuevo México	Comarca Lagunera	norte de Orgánico	Coahuila Convencional
	----- % -----				
N	2.50-4.00	2.50-3.00	2.24-2.36	2.88	2.69
P	0.12-0.30	0.14-0.19	0.12-0.14	0.11	0.12
K	0.75-1.25	1.20-2.50	1.00-1.20	1.10	0.89
Ca	0.70-1.25	0.90-1.80	1.80-2.10	2.35	3.48
Mg	0.30-0.60	0.30-0.60	0.38-0.42	0.35	0.41
S	-----	-----	-----	0.30	0.33
Na	-----	-----	-----	0.02	0.03
	----- ppm -----				
Fe	80-500	100-250	50-150	68.75	158.83
Cu	5-10	8-30	5-25	9.43	6.73
Zn	50-150	50-100	60-300	379.50	143.83
Mn	40-300	100-300	80-300	153.00	116.78
B	20-45	50-150	100-300	80.83	74.53
Ni	-----	----	----	0.74	0.22

FUENTE: Wells y Harrison (2006); Herrera (1998); Medina (1995).

En relación al potasio, el manejo orgánico presenta una media de 1.10 % la cual se encuentra dentro de los intervalos nutricionales de las tres regiones; sin embargo, el manejo convencional con 0.89 % únicamente se encuentra dentro del intervalo de Texas. Por otro lado, el calcio se encuentra por encima del rango superior de las tres regiones para los dos tipos de manejo; este elemento está relacionado con la calidad y resistencia de la madera teniendo una función importante en la estructura y permeabilidad de las membranas. Azcón (2000) indica que la influencia del Ca en el metabolismo del N depende principalmente de la fuente nitrogenada usada, cuando la forma nitrogenada está en forma amoniacal (NH_4), la aplicación de Ca aumenta la absorción amoniacal y mejora la utilización del N en la planta, mejorando los rendimientos en producción y biomasa. El magnesio, en el manejo orgánico se encuentra dentro de los intervalos de Texas y Nuevo México y el manejo convencional en los intervalos de las tres regiones; cuando este elemento se encuentra en bajas concentraciones, la producción de clorofila disminuye, y se ve reflejado en las hojas como clorosis intervenal. Marschner (1995), menciona que es un elemento principal de la clorofila que combinado con el ATP o ADN actúa como activador de enzimas.

Los micronutrientes en los niveles adecuados son esenciales para que el nitrógeno (N) y fósforo (P) aplicados sean usados eficientemente por las plantas, en concentraciones bajas se reflejan en los grupos protéticos en la metaloproteínas y en los activadores de reacciones enzimáticas.

De acuerdo a los resultados obtenidos el elemento hierro, en el manejo orgánico se encuentra en los intervalos de las tres regiones, y el manejo convencional se ubica dentro de los intervalos de Texas y Nuevo México; el nutriente se encuentra en los cloroplastos de las hojas, donde juega un papel importante en la síntesis de las proteínas cloro plásticas. El cobre se encuentra dentro de los intervalos de las tres regiones; Marschner (1995) menciona que su función está implicada en la síntesis de clorofila. Los resultados del zinc indican que se encuentra muy alto en el manejo orgánico, no así en el manejo convencional que está dentro de los intervalos de Texas y La Comarca Lagunera, Kalaycia *et al.*, (1999) indican que este elemento es un activador de enzimas implicado en la regulación de varios procesos metabólicos como la síntesis de DNA, RNA, proteínas y hormonas; la deficiencia se presenta en brotes nuevos por ser un elemento inmóvil (Molina *et al.*, 2002). El manganeso es esencial para la síntesis de la clorofila, su función principal está relacionada con la activación de enzimas como la arginasa y fosfotransferasas (Romheld *et al.*, 1993), los resultados obtenidos de los dos manejos se encuentran dentro de los intervalos de las tres regiones. Los resultados indican que el boro se encuentra dentro de los intervalos de Nuevo México y la Comarca Lagunera, este elemento es importante en la translocación de azúcares y carbohidratos, su función principal se relaciona con el desarrollo de la pared celular, la división celular y el desarrollo de frutos y semillas.

CONCLUSIONES

Se concluye que la concentración química de nutrientes de la región norte presenta mayor similitud dentro de los intervalos de suficiencia nutricional de la región de Texas y Nuevo México.

Por otro lado, al comparar los dos tipos de manejo se observó que el manejo orgánico presenta mayor en los nutrimentos: nitrógeno, potasio, cobre, zinc, manganeso, boro y níquel; que en el manejo convencional los nutrimentos que sobresalieron fueron el fósforo, calcio, magnesio y fierro.

BIBLIOGRAFIA

- Azcón, B. J. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. 1ra Edición. McGraw- Hill Interamericana, España. 246 p.
- Baldock, J. O. y E. Schulte, E. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agron.J.*88:448-456.
- FAO, 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas: oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos. Roma, Italia, 21 p.

- Herrera, A. E. 1998. Interpreting Leaf Analysis and Deficiency Symptoms of Pecans. New México State University. Cooperative Extensión Service. Guide H617. http://cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-617.html. [Fecha de consulta 18 de julio 2017]
- Jeschke W. D., E. Kirkby, A., D. Peuke, A., J. Pate. S., y W. Hartung. 1997. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) J. Exp. Botany 48:75-91
- López R. R., A. R. Palafox, N., S. Medina, M., D. Ballesteros, F., y M. Rivera, M. 2014. ANALISIS DE RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO. Revista mexicana de agro negocios. 34(34). Pp.872-882.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. New York: Academic Press 2:889
- Medina M., M. de C. 1995. Deficiencia y toxicidad de nutrientes en nogal. 3er. Simposio Internacional Nogalero NOGATEC. Torreón, Coah.11-21 pp.
- Medina, C. 2002. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero. Terra.20. 497-504 pp.
- Molina L. T., J. Molina, M., R. Slott., C. Kolb, E., K. Gbor, P., F. Meng., R. Singh., O. Gálvez., J. Sloan, J., W. Anderson., X. Tang., M. Shao., T. Zhu., y Y. Zhang. 2002. Critical Review Supplement. 137 p.
- Orona, C. I., Sangerman, J. D. M., Fortis, H. M., Vázquez, V, C., Gallegos, R. M. A. 2014. Producción y comercialización de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en el norte de Coahuila, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 4, Num.3. 461- 476 pp.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/. [Fecha de consulta 28 de julio 2017]
- Vargas, P. G. y Arreola A. J. 2008. RESPUESTAS DEL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* K. Koch) A LAS APLICACIONES FOLIARES DE NUTRIMENTOS. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.7:7-14 p.
- Wells, L. y Harrison, K.A. 2006. Cultural management of commercial pecan orchards. University of Georgia, Cooperative Extension. Bulletin 130 p.

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN EL CONTENIDO DE SOLUTOS ORGÁNICOS EN PLANTAS DE FRIJOL

Ma. Magdalena Villa-Castorena^{1*}, Ernesto Alonso Catalán-Valencia¹, Marco Antonio Inzunza-Ibarra¹ Daniel Cabrera-Rodarte²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México. 35140. ²Estudiante de maestría, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Dgo, México.

*villa.magdalena@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Una de las respuestas más comunes de las plantas al estrés hídrico es la acumulación de diferentes tipos de solutos orgánicos compatibles. Esos solutos son de bajo peso molecular, altamente solubles y usualmente no son tóxicos a altas concentraciones en la célula (Ashraf *et al.*, 2008). Ellos protegen a las plantas del estrés hídrico a través de diferentes formas, incluyendo su contribución al ajuste osmótico celular, desintoxicación de especies reactivas de oxígeno, protección de la integridad de la membrana y la estabilización de las enzimas (Bohnert y Jensen, 1999). Dentro de esos solutos orgánicos se encuentra la glicinabetaína, que es un compuesto de amonio cuaternario, y la prolina que es un aminoácido.

Diversos estudios de campo e invernadero indican que la aplicación exógena de la glicinabetaína incrementa la tolerancia al estrés hídrico. Por ejemplo, en cereales y nabo (Makela *et al.*, 1996), soya (Agboma *et al.*, 1997), tomate (Makela *et al.*, 1998), algodón (Gorham y Jokinen, 1998) y en frijol (Lopez *et al.*, 2002; Villa *et al.*, 2014). Cuando la glicinabetaína se aplica en forma de aspersiones foliares puede penetrar fácilmente a través de la epidermis de la hoja y moverse a otros órganos para contribuir en el aumento de la tolerancia (Makela *et al.*, 1998). Farooq *et al.* (2009) encontraron una respuesta positiva al tratamiento de las semillas con glicinabetaína en plantas de arroz cultivadas bajo déficit hídrico. La aplicación exógena de la prolina también ha inducido tolerancia al estrés hídrico en algunas especies. Por ejemplo, en trigo (Talat, *et al.*, 2012; Farooq *et al.*, 2013), en chile (Khafagy *et al.*, 2009) y girasol (Kaya *et al.*, 2006). Esa tolerancia se ha reflejado en mayor crecimiento, mayor actividad de enzimas antioxidantes, así como incremento en las concentraciones de prolina en el tejido foliar.

El cultivo del frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola de México, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. Se siembra aproximadamente dos millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 650 kg por ha. Se cultiva en todo el país, tanto en condiciones de riego como temporal donde la ocurrencia no

definida de la precipitación impone estrés hídrico durante alguna etapa de su crecimiento. En la actualidad el frijol, continúa siendo la leguminosa de mayor importancia para la dieta de la población de bajos recursos, así como por la cantidad de jornales que se ocupan en su producción (López, 2009).

El presente estudio se planteó con el fin de evaluar la respuesta de la aplicación foliar de glicina betaína, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ y ácido salicílico en el contenido de solutos orgánicos en plantas de frijol cultivadas bajo estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un invernadero en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Gómez Palacio, Durango. El invernadero estuvo cubierto en sus lados de policarbonato de doble pared y el techo con plástico y malla sombra 50:50. El control de la temperatura se hizo mediante extractores, pared húmeda y sensores de temperatura.

Se evaluó la aplicación foliar de cuatro sustancias químicas: ácido salicílico, glicina betaína, KNO_3 , y $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ a tres concentraciones cada una. Además, se contó con dos testigos, uno de no se les aplicó ninguna sustancia foliar y se manejó bajo condiciones de estrés hídrico. El segundo testigo consistió en usar semilla sin tratamiento, sin aplicación foliar de las sustancias evaluadas y manejado sin restricción de humedad. Los tratamientos resultantes se describen en el Cuadro 1. Se hicieron tres aplicaciones de las sustancias probadas durante el desarrollo del cultivo con intervalos de 20 días, iniciando la primera a los 20 días después de la emergencia.

Las semillas se trataron antes de la siembra con glicinabetaína 50mM y tiempo de inmersión de 12 h. Lo anterior se hizo acorde a resultados obtenidos de los estudios previos de preacondicionamiento de semillas, donde se evaluaron diferentes sustancias osmóticas. Después del tratamiento de las semillas, se secaron a temperatura ambiente y se sembraron en macetas de plástico de 20 L de volumen llenas con una mezcla de turba con perlita y vermiculita (70, 15 y 15%, v:v:v). Se colocaron dos semillas por macetas y después de la emergencia se dejó sólo una planta. Las plantas se regaron cuando el sustrato tenía del 25 al 30% de la capacidad máxima de retención de humedad con el fin de establecer una condición de estrés hídrico. El testigo sin restricción de humedad se regó cuando la capacidad máxima de retención de humedad del sustrato fue de 65%. Para lo anterior se pesaron las macetas cada tercer día.

Las plantas se empezaron a fertilizar cuando tuvieron cuatro hojas verdaderas con una solución nutrimental equilibrada de 15 meq L⁻¹ de aniones y cationes.

Cuadro 1. Tratamientos de aplicación foliar probados en el estudio de frijol.

TRT.	Sustancia	Concentración
T1	Ácido salicílico	0.025 mM
T2	Ácido salicílico	0.05 mM
T3	Ácido salicílico	0.1 mM
T4	Glicinabetaína	10 mM
T5	Glicinabetaína	25 mM
T6	Glicinabetaína	50 mM
T7	Nitrato de potasio (fertilizante)	0.50 g L ⁻¹
T8	Nitrato de potasio (fertilizante)	1.0 g L ⁻¹
T9	Nitrato de potasio (fertilizante)	1.5 g L ⁻¹
T10	Nitrato de calcio (fertilizante)	0.5 g L ⁻¹
T11	Nitrato de calcio (fertilizante)	1.0 g L ⁻¹
T12	Nitrato de calcio (fertilizante)	1.5 g L ⁻¹
T13	Testigo1 semilla tratada, con déficit hídrico	sin aplicar
T14	Testigo3, semilla sin tratar, sin déficit hídrico	

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con siete repeticiones, la parcela experimental consistió de tres macetas por tratamiento. A los 52 días después de la siembra se determinó la concentración de prolina, glicinabetaína y ácido salicílico en hojas. Esas mediciones se hicieron en cada tratamiento y en las cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza usando el programa SAS (SAS, Institute, 1999) según el modelo lineal general y la separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de glicinabetaína (GB). El efecto de los tratamientos fue significativo a un $P < 0.0001$. La concentración de GB en hojas fue superior en los tratamientos donde se aplicó esta sustancia, tratamientos T4, T5 y T6, indicando una absorción de esta sustancia (Cuadro 2). En

esos tratamientos la dosis de aplicación no afectó en el contenido de GB, el promedio entre ellas fue de 46.111 mg g⁻¹ PS. Ellos superaron al testigo T13 en un 29% y en un 66% al testigo T14, sin restricción de humedad en el sustrato. Los tratamientos T1, T7 y T8 no fueron estadísticamente diferentes entre ellos, con un promedio de 41.611 mg de GB g⁻¹ PS. Ellos también superaron al testigo T13 en un 16% y en un 50% al testigo T14. Lo anterior significa que la aplicación foliar del ácido salicílico a una concentración de 0.025 mM y del nitrato de potasio a una concentración de 0.5 y 1.0 g L⁻¹ promovieron una mayor concentración de GB en hojas de plantas de frijol bajo estrés hídrico. Las plantas de frijol sin estrés de humedad produjeron menos GB.

Concentración de prolina. El análisis de varianza indicó efectos significativos entre tratamientos a un $P = 0.003$. Los tratamientos con GB a dosis de 10 y 25 mM, con Ca(NO₃).4H₂O a concentraciones de 1.0 y 1.5 g L⁻¹ y el tratamiento con KNO₃, a razón de 0.5 g L⁻¹ promovieron la mayor concentración de prolina en hojas, ellos en promedio tuvieron 10.616 mg Pro g⁻¹ PS. (Cuadro 2). El testigo T14, sin restricción de humedad mostró la menor concentración de prolina, el produjo un 25% menos de la producida por los mejores tratamientos. Esos resultados muestran que las plantas cultivadas bajo estrés hídrico tienden a producir mayor cantidad de prolina y ésta se ve incrementada por la aplicación de GB, Ca(NO₃).4H₂O y KNO₃.

Cuadro 2. Datos de concentración de glicinabetaína, prolina y ácido salicílico en hojas de frijol cultivado bajo estrés hídrico

TRT.	Nomenclatura	GB † (mg g ⁻¹ PS)	Pro† (mg g ⁻¹ PS)	Ac Sal † (mg g ⁻¹ PS)
T1	AS, 0.025 mM	42.821 ab	8.921 b	0.289 b
T2	AS, 0.05 mM	38.079 bc	8.691b	0.380 ab
T3	AS, 0.10 mM	39.520 bc	9.495 b	0.279 b
T4	GB, 10 mM	45.974 a	10.459 a	0.314 ab
T5	GB, 25 mM	46.299 a	11.282 a	0.315 ab
T6	GB, 50 mM	46.060 a	9.423 ab	0.336 ab
T7	KNO ₃ , 0.5 g L ⁻¹	41.628 ab	10.745 a	0.446 a
T8	KNO ₃ , 1.0 g L ⁻¹	40.383 ab	8.113 bc	0.391 a
T9	KNO ₃ , 1.5 g L ⁻¹	38.376 bc	8.237 bc	0.395 a
T10	Ca(NO ₃).4H ₂ O, 0.5 g L ⁻¹	32.931 c	9.621ab	0.318 ab

T11	Ca(NO ₃).4H ₂ O, 1.0 g L ⁻¹	35.010 bc	10.017 a	0.264 b
T12	Ca(NO ₃).4H ₂ O, 1.5 g L ⁻¹	35.255 bc	10.575 a	0.354 ab
T13	Testigo1 sin aplic. foliar	35.721 bc	9.526 ab	0.334 ab
T14	Testigo3 sin aplic. foliar y sin estrés hídrico	27.770 d	7.973 c	0.337 ab

† Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

Concentración de ácido salicílico. Los tratamientos afectaron significativamente a la concentración de ácido salicílico ($P = 0.01$). La aplicación de KNO₃, a las tres concentraciones favorecieron la concentración de ácido salicílico, superando su valor al resto de los tratamientos (Cuadro 2). En promedio esos tratamientos presentaron un promedio de 0.411 mg Ac.Sal g⁻¹ PS. Los tratamientos T1, T3 Y T11 mostraron la menor concentración, con un promedio entre ellos de 0.277 mg Ac.Sal g⁻¹ PS, el cual representó el 67% del mostrado en los mejores tratamientos.

CONCLUSIONES

Se encontraron evidencias de que la aplicación foliar de la glicinabetaína, nitrato de potasio y nitrato de calcio a diferentes concentraciones afectaron la concentración de prolina, glicinabetaína y ácido salicílico a los 52 días después de la siembra en plantas de frijol cultivadas bajo estrés hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Agboma, P.C., T.R. Sinclair, K. Jokinen, P.P. Sainio and E. Pehu. 1997. An evaluation of the effect of exogenous glycinebetaine on the growth and yield of soybean: timing of application watering regimes and cultivars. *Field Crop Research*, 54: 51-64.
- Bohnert, H.J. and B. Shen. 1999. Transformation and compatible solutes. *Sci. Hort.*, 78:237-260.
- Farooq, M., A. Wahid, D.J. Lee. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiol. Plant.*, 31: 937-945.
- Gorham, J. and K. Jokinen 1998. Glycinebetaine treatment improves cotton yields in field traits in Pakistan. Abstracts, World Cotton Research Conference II, Athens, Greece, August 1998, pp. 329
- Makela, P., J. Mantila, R. Hinkkanen, E. Pehu, and P.P. Sainio. 1996. Effect of foliar application of glycinebetaine on stress tolerance, growth and yield of spring cereals and summer turnip rape in Finland. *J. Agron. and Crop Science*, 176: 223-234.
- Makela, P., R. Munns, T.D. Clomer, A.G. Condon, and P.P. Sainio. 1998. Effect of foliar application of glycinebetaine on stomatal conductance, abscisic acid and solute concentration in leaves of salt and drought stressed tomato. *Aust. J. Pl. Physiol.*, 25: 663.
- Talat A., K. Nawaz, K. Hussian, K. Hayat Bhatti, E. Hussain S., A. Anwer and M. Usman S. 2013. Foliar application of proline for salt tolerance of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World Applied Sciences Journal*. 22(4): 547-554.

RESPUESTA DEL MAÍZ PARA GRANO FERTILIZADO CON ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO

Gallegos-Robles Miguel Angel¹, Vázquez –Vázquez Cirilo¹, Trejo-Escareño Héctor Idilio¹, Fortis-Hernández Manuel², García-Hernández José Luis¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED. Gómez Pal., Dgo., México.

²Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coah., México
garoma64@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cereal de mayor y más amplia distribución a nivel del mundo y ocupa el tercer lugar en los estimativos de producción total precediendo al arroz y el trigo. Se desarrolla bien en diferentes climas calientes, cálidos y fríos. El 78% del maíz se usa en alimentación animal (torta, harina, grano, forraje y concentrados), el 10.1 en edulcorantes (productos de panificación y pastelería, bebidas de frutas, helados, refrescos), el 6.4% en alcoholes (bebidas alcohólicas, alcoholes carburantes, tintas), el 3.1% en almidones (productos de pastelería y panificación, bebidas de chocolate, bombones, chicles, salsa de asados, rellenos de pasteles) y solo el 2.4% en productos alimenticios directos y procesados como aceites de mesa, margarina, mayonesa, aderezos para ensaladas, sopas, salsas, harina de maíz, caramelos, saborizantes y colorantes, bebidas lácteas). La industria farmacéutica e industrial usa el maíz en sus productos como papel, cosméticos, pegamentos, plástico biodegradable, entre otros. La proteína del grano de maíz llamada “zaina” se emplea también para obtener plásticos, barnices y lana artificial, materiales de envasado, lavandería, adhesivos, etc. En los países desarrollados el maíz se usa en gran proporción para la alimentación animal, solo en EEUU se utiliza el 80 % de la producción, especialmente en vacunos, porcinos y aves. Por su alto contenido de almidón y baja presencia de fibra el maíz es de fácil consumo por el ganado, constituyéndose en una de las fuentes de energía más concentradas, con alto contenido de nutrientes digestibles totales en relación con otros piensos de grano (Agro-Bio 2005). El cultivo más importante de México es el de maíz. Durante la última década, se han producido cerca de diez y ocho millones de toneladas anuales en una extensión aproximada de ocho millones de hectáreas, lo que representa una cuarta parte de nuestra superficie cultivable. Sin embargo, esta producción resulta insuficiente para cubrir las necesidades nacionales, por lo que se importan alrededor de ocho millones de toneladas de maíz por año, cantidad que va en aumento. El uso de estiércol en la agricultura apoya el incremento en el rendimiento en los cultivos porque aporta los elementos esenciales que requiere, mejoran la estructura del suelo, porosidad, aireación y capacidad para la retención de agua, forman complejos orgánicos con los nutrimentos

manteniendo estos disponibles para las plantas, elevan la capacidad de intercambio catiónico en el suelo evitando que los nutrientes se pierdan por lixiviación esto permite que el suelo sea más productivo, conserve su fertilidad y tenga un uso sostenido a través del tiempo (SAGARPA, 2007). La solarización se ha utilizado con éxito para eliminar estados inmaduros y adultos de artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas (hongos, bacterias y nematodos), semillas y propágulos de maleza (Katan, 1981); esta técnicas alternativas muy prometedoras para el control de enfermedades de plantas causadas por microorganismo del suelo sin la necesidad de recurrir al uso de productos químicos (Jiménez, 1995; Zavaleta, 1999). Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de diferentes dosis de estiércol bovino solarizado en el comportamiento agronómico del cultivo del maíz para grano y observar el cambio de las propiedades fisicoquímicas del suelo bajo diferentes dosis de estiércol bovino solarizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano 2013, en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se localiza en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango. En el paralelo 25°46'50" de latitud norte y en el meridiano 103°21'02" de longitud oeste y a una altura de 1,110 msnm. Se utilizó la variedad de maíz San Lorenzo, la cual tiene las siguientes características: Condiciones de siembra: riego y temporal; Potencial de uso: grano y forraje; Tipo de madurez: precoz a intermedio; Fecha de siembra: marzo 15 a julio 15 (comarca lagunera); Plantas por hectárea: 55 a 65 mil; Acame: resistente; Cobertura de mazorca: buena; Uniformidad: variable; Color de grano: blanco cremoso; Enfermedades foliares: muy tolerante; Pudrición de mazorca: baja; Días a cosecha: 110 a 120 días. La siembra fue en mayo del 2013, y el manejo del cultivo fue de acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico para maíz del INIFAP en la Comarca Lagunera, con excepción de la fertilización. La parcela experimental consistió de una superficie de 30 m² (5 x 6), con 6 surcos, distancia entre surcos 0.75 m., y la parcela útil consistió de los cuatro surcos centrales. Los tratamiento que se evaluaron fueron T1= 60 (120 UN), T2= 70 (140 UN), T3= 80 (160 UN) Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado y T4= 140-80-00 Mg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Los tratamientos orgánicos se aplicaron un mes antes de la siembra y se incorporaron con rastreo. La dosis química se aplicó, la mitad del N y todo el P y K al momento de la siembra, el resto del N antes del primer riego de auxilio. Las variables evaluadas de la planta fueron: altura de planta (AP) en cm, largo de mazorca (LM) en cm,

diámetro de mazorca (DM) en cm, número de hileras (NHI), peso de grano por mazorca (PGM) en gr, peso de 250 semillas (P250S) en gr, rendimiento de grano (RG) en Mg ha⁻¹. El análisis físico – químico del suelo se realizó a la profundidad de 0-15 cm y las variables evaluadas fueron: Temperatura. Se midió semanalmente la temperatura (°C) del suelo a una profundidad de 15 cm con ayuda de un termómetro de reloj. Materia orgánica (%) (Walkley-Black). Potencial de hidrógeno (pH) (Potenciómetro). Conductividad eléctrica (C.E.) (Conductímetro). Nitratos (Kjeldal). Ca, Mg, por titulación. Los análisis anteriores se hicieron para ocho fechas de muestreo. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó con DMS al 0.05. Los datos se analizaron con el software SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los tratamientos para las variables altura de planta, peso de granos por mazorca, peso de 250 semillas y rendimiento de grano (Cuadro 1).

Cuadro 1. ANOVA para las variables de la planta.

FV	GL	AP	LM	DM	NHI	PGM	P250S	RG
Rep	2	0.192	0.509	0.084	0.666	68.95	36.18	0.269
Trat	3	0.079*	1.739	0.037	2.916	336.97*	43.20*	1.316*
Error	6	0.037	3.361	0.028	1.888	220.96	52.41	0.863
CV		6.65	9.78	3.26	8.81	22.98	7.78	22.98

El análisis de varianza para las variables químicas de suelo (Cuadro 2), mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para fecha de muestreo en las variables conductividad eléctrica, calcio, magnesio, materia orgánica y nitratos, y diferencias significativas ($p < 0.05$) en pH. En relación a los tratamientos de fertilización se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) únicamente en el contenido de materia orgánica, y diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de magnesio y nitratos. Respecto a la interacción fecha x tratamiento, se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en el contenido de nitratos.

Cuadro 2. ANOVA para las variables del suelo en ocho fechas de muestreo.

FV	GL	CE	pH	Ca	Mg	MO	NO ₃
Rep	2	0.81	0.02	107.34	11.22	0.30	1.31
Fecha	7	5.99**	0.17*	381.51**	56.99**	1.60**	3.70**
Trat	3	0.99	0.08	36.03	34.93*	2.84**	2.13*

FxT	21	0.77	0.04	32.34	10.45	0.33	3.64**
Error	62	0.58	0.04	23.82	12.74	0.22	0.97
CV		24.0	2.54	28.7	43.6	20.2	25.1

Respecto a la comparación de medias entre tratamientos (Cuadro 3) se observa que el tratamiento de 160 UN fue donde se obtuvo un mayor valor en altura de planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de grano por mazorca y rendimiento de grano. Sin embargo, en el tratamiento de 140 UN para estas mismas variables no hubo diferencia estadística con el tratamiento de 160 UN, por lo que con menos unidades de nitrógeno se pueden obtener resultados comparables y con menor impacto al suelo por la adición de sales. En el tratamiento de 120 UN solamente el peso de 250 semillas fue la variable observada con mayor valor, y en el tratamiento químico (140-80-00) únicamente la variable número de hileras por mazorca fue mejor. Los componentes del rendimiento finalmente son los que determinan el rendimiento en los cultivos, por lo que un aumento o disminución en éstos se verá reflejado en el rendimiento, al respecto, Blanco *et al* (2004) encontraron una disminución en el rendimiento, el número de granos por m², y el peso de 1000 granos al disminuir la dosis de nitrógeno, señalando la importancia de que el nitrógeno esté disponible en la cantidad adecuada durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables de la planta.

TRAT	AP (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NHI	PGM (gr)	P250S (gr)	RG (Mg ha ⁻¹)
1 (160 UN)	3.10A	19.73A	5.20A	15.66A	211.60A	93.06A	13.22A
2 (140 UN)	3.00A	18.80A	4.96A	15.00A	205.08A	91.32A	12.81A
3 (120 UN)	2.75B	18.53A	5.18A	15.00A	186.72B	98.14A	11.67C
4 (Quim)	2.81B	17.90A	5.18A	16.33A	198.77A	89.26B	12.42B

En la comparación de medias para las variables del suelo (cuadro 4) se observa que los valores de CE, pH y Ca fueron estadísticamente iguales en los cuatros tratamientos de fertilización.

Cuadro 4. Comparación de medias de las propiedades químicas del suelo por tratamiento.

TRAT	CE dSm ⁻¹	pH	Ca MeqL ⁻¹	Mg MeqL ⁻¹	MO %	NO ₃ ⁻ ppm
1 (160 UN)	3.45 A	7.80 A	18.05 A	9.81 A	2.09 A	38.06 A
2 (140 UN)	3.02 A	7.95 A	15.20 A	7.76 BA	1.94 A	34.54 BA
3 (120 UN)	3.02 A	7.87 A	17.36 A	6.95 B	2.03 A	28.51 B
4 (Quim)	3.21 A	7.89 A	17.19 A	8.10 BA	1.34 B	31.87 BA

En relación con la conductividad eléctrica los niveles encontrados en este trabajo se consideran moderadamente salinos, con una tendencia aumentar a medida que aumentó la dosis de estiércol, esto coincide con Salazar *et al.*, (2002), quienes mencionan que al aumentar la dosis de estiércol aplicada al suelo, habrá un incremento en la cantidad de sales. Asimismo se puede considerar como un suelo que no presentó problemas de salinidad, aunado a la naturaleza del cultivo de maíz el cual es considerado como moderadamente sensible (Tanji, 1990; Lázaro, 2010).

Los valores encontrados de pH fueron ligeramente alcalinos, lo cual de acuerdo a Whittaker (1959) están fuera del rango óptimo para el maíz, sin embargo los rendimientos fueron aceptables, lo cual señala la capacidad homeostática de la variedad San Lorenzo para amortiguar valores no óptimos del pH.

La materia orgánica del suelo aumentó al incrementar la dosis de estiércol. Figueroa (2003) menciona que al haber un buen manejo del estiércol, proporciona un aumento de la materia orgánica al suelo, y por lo cual también se obtiene una mayor cantidad de nitratos.

En los nitratos, el tratamiento de 160 UN reflejó el nivel más alto. Al respecto, Cueto-Wong *et al.* (2006) menciona que el cultivo del maíz demanda una mayor cantidad de N a los 60 DDS, ya que el crecimiento vegetativo es alto por lo que se refleja en la disminución de los nitratos en el suelo. Quezada *et al.* (2007) indicaron que la disminución de nitratos en el suelo se debe al consumo de la planta y de la biota del suelo y muy probablemente, a la eficiencia de riego, que mejora el transporte de nitratos por los micro poros ya que es ahí donde las condiciones de temperatura, aeración y humedad favorecen la actividad enzimática.

Respecto a la respuesta a través de las fechas de muestreo para las muestras de suelo, en general se observó que la materia orgánica tiende a disminuir conforme pasa el tiempo y el contenido de nitratos a aumentar alrededor de la mitad del tiempo de establecido el experimento y luego a disminuir al final del mismo, reflejando por un lado la actividad enzimática de los

microorganismos sobre la materia orgánica y la transformación de la forma orgánica a inorgánica del nitrógeno y la disponibilidad del mismo para el cultivo.

CONCLUSIONES

El estiércol solarizado es un buen abono orgánico ya que mejora la fertilidad del suelo, al aumentar la capacidad para retener e intercambiar los nutrientes y hace que el suelo sea menos propenso a cambiar sus condiciones químicas como el pH del suelo es el resultado de muchos factores como el material parental del suelo, materia orgánica y del crecimiento vegetativo.

Se recomienda el uso del estiércol solarizado en dosis adecuadas para preservar la fertilidad del suelo y dar uso de este que hoy en día es un gran problema por el gran número de establos que se encuentran en la región por tener la cuenca lechera más grande del país y a si mismo ir minorando el uso de los fertilizantes químicos que están ocasionando contaminación para el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Agro-Bio. 2005. Maíz genéticamente modificado <http://www.fiagro.org.sv/systemFiles/maiz%20geneticamente%20modificado.pdf>
- Blanco, R. L., Uhart, S. A., Andrade, F. H., Echeverría, H. E., y Sainz, R. H. 2004. Componentes del rendimiento en el cultivo del maíz (Zeamays) ante diferentes dosis de nitrógeno. Centro Agrícola, año 31, no. 1-2, ene-jun.
- Cueto-Wong, J.A., D.G. Reta-Sánchez, J.L. Barrientos-Ríos, G. González-Cervantes y E. Salazar-Sosa. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. Fitotecnia Mexicana 20:97-101
- Figueroa V., U. 2003. Uso sustentable del suelo en abonos orgánicos y plasticultura. Gómez Palacio Durango, México. FAZ UJED. SMCS Y COCITED.
- Jiménez, D.F. 1995. Solarización: una alternativa para el manejo de fitopatógenos que sobreviven en el suelo. Rev. Mexicana de Fitopatología 13:76-87.
- Katan, J. A. 1981. Solar heating (solarización) of soil for control of soilborne pest. Ann. Rev. Phytopathology 19:211-236.
- Lázaro, Ch. P.; Saucedo, R. H. y Namuche V. R. 2010. Salinidad del suelo. <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidaddelsuelo.pdf> (23 de enero de 2017).
- Quezada, C., I. Vidal, L. Lemus y H. Sánchez. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de frutas de frambuesa (*Rubus ideaus* L.) bajo dos programas de fertirrigación. Soil Sc. Plant Nutr. 7(3):1-15.
- SAGARPA 2007 Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural. Abonos Orgánicos.
- Salazar S. E., Vázquez V. C., Y Rivera O.O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la comarca Lagunera, Memorias de la XV semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED).
- Tanji, K.K. (ed). 1990. Agricultural Salinity Manual of the committee on water quality of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineers. American Society of Civil Engineers, New York
- Whittaker, C.W., M.S. Anderson and R.F. Reitemeier. 1959. Liming Soil an aid to better farming. USDA. Farmers Bul, 2124.
- Zavaleta, M. E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de la planta. Rev. Terra 17:201-207.

RELACIÓN MACHO: HEMBRA PARA VENADO COLA BLANCA EN DOS UMA DEL MUNICIPIO DE DURANGO

Dania Melissa Vega Hernandez^{1*}, Isaías Chairez Hernandez¹, Miguel Angel Soto Cárdenas¹

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220. Tel/Fax: (618)8142091.

*Correo electrónico: daniavega12@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una de las especies de fauna silvestre con mayor importancia en México por el número de animales que son aprovechados anualmente, principalmente para la cacería (Clemente *et al.*, 2015). Las regulaciones de extracción de animales establecidas por las instituciones legislativas en Norteamérica usualmente permiten la cacería de una manera sexo específico, o sea que permiten cacería diferenciada entre hembras y machos (Lindsay y Belant, 2007). Esto se comprueba con las regulaciones establecidas para la caza de venado cola blanca (Riley, 2003). Para facilitar el cumplimiento con las leyes aplicables, reducir la caza furtiva y estimaciones de tasas de aprovechamiento más acertadas, es necesaria la obtención de información acerca del número de hembras y machos presentes en un área (Lindsay y Belant, 2007). La determinación del sexo en poblaciones silvestres es esencial para el entendimiento de la dinámica y estructura de la población, uso del hábitat, comportamiento y sistema de apareamiento, además; la determinación de género es una herramienta invaluable para la estimación de tasas de aprovechamiento y cuestiones forenses (Morden *et al.*, 2011). La determinación de sexo a partir de ADN extractado de heces fecales de fauna silvestre, se ha vuelto más factible recientemente, mediante la amplificación con PCR de fragmentos específicos de ADN asociados a un cromosoma sexual, como lo es el gen SRY (Yamauchi *et al.*, 2000). El objetivo del presente trabajo fue estimar la relación macho: hembra a partir de la identificación de sexo de animales por medio del ADN fecal en dos UMA del municipio de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La colecta de grupos fecales se realizó en dos Unidades de Manejo Ambiental (UMA) localizadas en la municipalidad de Durango, del Estado de Durango, México. La primera de ellas, UMA Salvador Allende está localizada entre las coordenadas 24° 71' - 24° 05' latitud norte y 104° 51' - 104° 56' longitud oeste. Tiene registradas 3200 ha de reproducción y aprovechamiento de venado cola blanca y otras especies, cuenta con un clima templado semifrío y templado subhúmedo (Martínez y Martínez, 2010), la vegetación del lugar es bosque de pino-encino, bosque de pino y bosque de encino. La UMA Molinillos se encuentra en las coordenadas 23° 36' 30" - 23° 39' 25" latitud norte y 104° 59' 44" - 105° 06' 55" longitud oeste. Cuenta con 300 ha son para reproducción de venado cola blanca y otras especies, cuenta con un clima templado subhúmedo y templado semifrío, y tipo de vegetación es de bosque de pino, pino-encino, encino-pino, encino y pastizal (Rosales y Villanueva, 2014).

Colecta de grupos fecales

Los grupos fecales se colectaron quincenalmente por 12 meses en cada UMA. Para la UMA Salvador Allende el periodo de muestreo abarcó de marzo 2015 a marzo 2016 y para Molinillos de octubre 2015 a octubre 2016. En muestreos y recorridos previos, se establecieron las áreas de más actividad de venado cola blanca para cada UMA, donde se hicieron y recorrieron transectos de 500 a 1000 m de largo en cada visita de colecta. Se colectaron grupos fecales con 0 a 24 horas de antigüedad después de haber sido depositadas por los individuos y fueron colocados en tubos Falcon de 50 ml con etanol al 96%. Los grupos fecales fueron identificados con nombre de UMA, fecha y su geoposición.

Extracción de ADN

Se tomaron de 2 a 4 pellets por muestra (dependiendo del tamaño del pellet) y se dejaron secar 45 min a temperatura ambiente. Ya secos los pellets se picaron finamente con navajas estériles. Se utilizaron alrededor de 0.5 gramos de la muestra para el procesamiento. La primera parte de las muestras se extrajeron con ISOLATE Fecal DNA Kit de Bioline®, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Amplificación gen SRY

Se amplificó el gen SRY con el juego de primers SRY F: CTT CAT TGT GTG GTC TCG TG y SRY R: CGG GTA TTT GTC TCG GTG TA (Lounsberry et. al., 2015). Se utilizaron tres muestras de tejido de venado cola blanca provenientes de la UMA Salvador Allende, de

venados macho adultos como testigos positivos, cazados en la temporada de aprovechamiento que se presentó mientras duró el muestreo. La extracción de ADN para esas muestras fue realizada mediante el procedimiento descrito anteriormente. La concentración final para la reacción de PCR fue: 100-150 ng/μL de ADN, 2.5 mM de MgCl₂, 0.5 Mm dNTP's, 0.6 pmol iniciadores de PCR y 0.750 unidades de taq DNA polimerasa. La amplificación del ADN se llevó a cabo bajo un perfil térmico de 15 min a 95°C de desnaturalización inicial, 35 ciclos de 30 seg a 94°C, 1.30 min a 58°C y 1 min a 72°C, y finalmente, 10 min a 72°C de elongación final. Los productos de PCR fueron observados en gel de agarosa a 1% con tinción de bromuro de etidio, en cada uno de los geles se agregó marcador de peso molecular y producto de PCR de las muestras blanco positivas. Ciertas muestras aleatorias que no amplificaron para gen SRY o muestras dudosas, fueron repetidas para PCR y observadas de nuevo en gel. Las muestras que no mostraron amplificación en los geles se tomaron como hembras y las muestras amplificadas aun con bandas difusas se tomaron como machos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectaron 384 grupos fecales para ambas UMA, en todo el periodo de muestreo, de los cuales 112 fueron de Salvador Allende y 272 de Molinillos. El número de hembras por macho fue mayor en primavera e invierno, y existió menor número de hembra en verano y otoño, en ambas UMA (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos fecales clasificados por sexo mediante la amplificación del marcador del gen SRY a partir de ADN fecal, y relación macho: hembra en dos UMA del municipio de Durango.

Estación	Salvador Allende			Molinillos		
	Hembras	Machos	M:H	Hembras	Machos	M:H
Primavera	25	11	1:2.27	35	20	1:1.75
Verano	8	5	1:1.6	9	27	1:0.33
Otoño	14	9	1:1.5	66	64	1:1.03
Invierno	28	12	1:2.33	34	17	1:2
General	75	37	1:2.03	144	128	1:1.125

Uno de los índices más importantes para evaluar la estructura de las poblaciones y el posible éxito reproductivo, mediante el muestreo de poblaciones, es la relación macho: hembra. Los muestreos de estimación de densidad y estructura poblacional se hacen preferentemente dos veces al año (época de lluvia y secas) ya que puede haber variaciones por varias razones. En este trabajo obtuvimos la relación hembra: macho por cada estación del año. Las bajas proporciones de hembras en verano y otoño podrían ser explicadas por la dispersión de los

venados que existe en la época no reproductiva. Por otra parte, para el invierno, cuando la época reproductiva se consolida, los venados se encuentran más cercanos, especialmente los machos, que esperan tener oportunidad de aparearse a pesar de la dominancia ejercida por machos adultos (Villarreal, 2006). El número de hembras en la UMA Salvador Allende es mayor, esto es explicado por la actividad cinegética ejercida en este predio, mientras que en Molinillos no se practica la cacería, el número de hembras por macho es menor.

Sin embargo ambas UMA se encuentran dentro de la relación idónea para mantener reproducción exitosa futura, lo cual se encuentra dentro de los límites establecidos por Rodríguez y Vaughan (1994) quienes manifestaron que proporciones de 1:1 hasta 1:5, de acuerdo al manejo al que se someta la población, se encuentran dentro de los parámetros de una población sana y en equilibrio. Por su parte, Villarreal (2006) establece que la proporción de sexos ideal es de 1:2, y Fullbright y Ortega (2007) consideran que la proporción de 1:1 a 1:2 es indicativo de una población saludable que asegura reproducción futura exitosa.

CONCLUSIONES

La información sobre el sexo del individuo que está produciendo esos grupos fecales no solo genera datos valiosos tanto para futuras investigaciones, monitoreos de dinámica y estructura poblacional, sino también para el cálculo de tasas de aprovechamiento más acertadas, sin poner en riesgo la población mediante prácticas de monitoreos no invasivos, ni técnicas que estresen a los individuos.

BIBLIOGRAFÍA

- Clemente, F.; V. Cessa; C. Cortez; L. Tarango; P. Arenas. 2015. Commercial extenders and freezing curves for the preservation of sperm cells of white tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Journal of applied animal research*. 43 (4): 468-473.
- Fullbright, T. E. y Ortega-S., J. A. 2007. *Ecología y manejo de venado cola blanca*. Texas A&M University Press. E.U.A. 265 p.
- Lindsay, A. y Belant, J. 2007. A simple and improved PCR based technique for white tailed deer (*Odocoileus virginianus*) sex identification. *Conservation genetics*. Technical note. Springer.
- Lounsberry, Z.; T. Forrester; M. Olegario; J. Brazeal; H. Wittmer; B. Sacks. 2015. Estimating sex specific abundance in fawning areas of high-density Columbian black tailed deer using fecal DNA. *Journal of Wildlife Management*. 79(1):39-49.
- Martínez, J. y Martínez, L. 2010. Propuesta para el ordenamiento ecológico territorial del ejido Presidente Salvador Allende, municipio de Durango. Durango, México. 29 p.
- Morden, C.; R. Weladji; E. Ropstad; E. Dahl; Ø. Holand. 2011. Use of faecal pellet size to differentiate age classes in female Svalbard reindeer *Rangifer tarandus platyrhynchus*. *Wildlife Biology*. 17(4):441-448.
- Riley, S., D. Decker; J. Enck; P. Curtis; T. Lauber, T. Brown. 2003. Deer populations up, hunter populations down: implications of interdependence of deer and hunter population dynamics on management. *Ecoscience*. 10:455-461.

- Rodríguez, M. A. y Vaughan, C. 1994. Tamaño y composición de los grupos sociales del venado cola blanca de la isla san Lucas, Costa Rica. In: Vaughan, C. Y M. A. Rodríguez (Eds.). Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. EUNA. Heredia, Costa Rica. Pp. 131-162.
- Rosales, S. y Villanueva, J. 2014. Efecto de la deforestación sobre la variabilidad climática en bosques de *Pinus duranguensis* Martínez en el municipio de Durango. En Efecto de la deforestación sobre la variabilidad climática en cinco bosques de coníferas. En Pérez, M. R (compilador). SAGARPA. INIFAP. CENID. COMEF. México, DF. 224p.
- Villarreal, J. 2006. Venado cola blanca: manejo y aprovechamiento cinegético. Unión ganadera regional de Nuevo León. Monterrey, N.L., México. 401 p.
- Yamauchi, K., S. I. Hamasaki, K. Miyazaki, T. Kikusiu, Y. Takeuchi, and Y. Mori. 2000. Sex determination base on fecal DNA analysis of amelogenin gene in sika deer (*Cervus nippon*). The Journal of Veterinary Medical Science 62(6):669-671.

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE OLIVO MEDIANTE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO

Manuel Antonio Galindo Reyes

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Pabellón. Pabellón, Aguascalientes, México. *E-mail: galindo.manuel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México, durante el año 2013 se cultivan poco más de ocho mil hectáreas de olivo (*Olea europea* L.). Los principales estados productores son Baja California, Tamaulipas, Sonora, Hidalgo y Jalisco (SIAP, 2015). No obstante, actualmente, en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Zacatecas existe gran interés en el cultivo del olivo, sobre todo para la producción de aceite para consumo humano y con ello se genera alta demanda de planta de este frutal por parte de los productores.

La propagación de olivo se ha realizado por varios métodos, como injertación, estacas de madera dura y estacas semileñosas con nebulización (Tapia *et al.*, 2003). En este sentido, Perales (2011) generó un método de propagación de olivo similar al de estacas de madera dura, pero con algunas modificaciones que consisten en colocar estacas en una cama de arena, cubrir con arena, esperar que broten y trasplantar estacas brotadas a bolsas de plástico. No obstante, el método de estacas semileñosas con nebulización puede ser más exitoso por requerir menos espacio, obtener plantas más rápido y de mejor calidad, por lo que los costos de producción son más bajos.

Ante la gran demanda de planta de olivo que existe en la región es necesario implementar un método de propagación vegetativa para obtener plantas de alta calidad en tiempo y en forma para el mercado regional. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes productos comerciales sobre el enraizamiento y crecimiento de estacas semileñosas con hoja de olivo variedad Hidrocálida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La propagación del olivo se realizó en el Campo Experimental Pabellón desde julio hasta diciembre de 2015. Como material vegetal se utilizaron estacas semileñosas con hojas de árboles de la variedad Hidrocálida con cinco años de edad.

Diseño experimental y de tratamientos

La investigación consistió en evaluar cuatro tratamientos distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió 25 vasos de unicel del número 10, cada vaso contenía una estaquilla con cuatro hojas. Por lo tanto, cada tratamiento contó con 100 estaquillas para enraizamiento. El primer tratamiento uno fue el testigo que consistió en someter las estacas por cinco segundos en agua de garrafón. El tratamiento dos fue la inmersión de estacas en polvo de radix® 10,000 por cinco segundos. El tratamiento tres consistió en someter las estacas en el producto líquido mezfer root® durante cinco segundos. El tratamiento cuatro fue la inmersión de las estacas en el producto dip'n grow® por cinco segundos.

Manejo de las estacas

La propagación del olivo incluyó las cuatro etapas siguientes: selección del material vegetal, acondicionamiento de estacas, enraizamiento de estacas y endurecimiento de plantas enraizadas.

La selección del material consistió en ubicar árboles sanos y vigorosos, de éstos se eligieron ramas o tallos formados recientemente, de preferencia en el año actual. De los tallos seleccionados se colectaron estaquillas de 10 a 12 cm de longitud y grosor de menos de 0.5 cm, a las cuales se les quitó el exceso de hojas y sólo se les dejaron las cuatro hojas superiores.

El acondicionamiento constó de tres pasos, lavado de estacas con agua corriente, desinfección de estacas con una solución de agua corriente e hipoclorito de sodio al 1% por lo menos por cinco minutos, realización de dos incisiones superficiales en la base de la estaca y finalmente se les adicionó auxinas según el tratamiento.

En el enraizamiento, las estacas semileñosas se colocaron en vasos de unicel del número 10 (295 mL) con agujeros. Estos vasos se llenaron con una mezcla de dos partes de perlita y una parte de turba (peat moss). Posteriormente, el sustrato se regó a saturación y finalmente la estaquilla se tapó con la ayuda de un vaso de plástico transparente del número 12 (355 mL). Los vasos se regaron una vez por semana y las estaquillas se dejaron en enraizamiento 60 días.

El endurecimiento de plantas consistió en pasar las estaquillas ya enraizadas de los vasos a bolsas negras de plástico para vivero de 10 cm de diámetro y 30 cm de altura llenas de una mezcla de 50% de tierra, 30% de estiércol y 20% de arena. En esta etapa las plantas se conservaron por lo menos 60 días, el riego y la fertilización se realizará con la solución nutritiva

Steiner modificada al 25%, aplicando de manera manual, una vez por semana. Durante esta etapa las plantas enraizadas alcanzaron con una altura aproximada del tallo principal de 40 cm.

Variables de respuesta

Como variables se tomó el porcentaje de enraizamiento, el número de raíces por estaca; éstas medidas a los 60 días después del tratamiento con los reguladores de crecimiento. También, se contabilizó el porcentaje de sobrevivencia y altura de planta, medidas a los 30 días después de inicio del endurecimiento.

Análisis estadístico

Las variables expresadas en porcentaje se transformaron con arcoseno antes del análisis. Los datos se sometieron a análisis de varianza de un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los promedios de tratamientos se compararon mediante la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$), con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enraizamiento de estacas de olivo se ha realizado por los métodos de estacas de madera dura y estacas semileñosas con hojas mediante nebulización (Tapia *et al.*, 2003). Sin embargo, el método de estacas semileñosas con hojas puede ser más exitoso por presentar las ventajas siguientes: requiere menos espacio, usa pequeñas estaquillas, se realiza prácticamente todo el año, no hay daño de la raíz en el momento del trasplante, se obtienen plantas más rápido y de mejor calidad, por lo que los costos de producción por planta son más bajos (Del Río y Caballero, 1994).

Enraizamiento y sobrevivencia

El porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia de estacas y de plantas de olivo variedad Hidrocálida se afectó de manera significativa ($P \leq 0.05$); es decir, por lo menos un tratamiento difirió del testigo. Las estacas tratadas con los productos comerciales dipín grow® y mezfer root® generaron mayor porcentaje de estacas enraizadas y plantas sobrevividas; en cambio, el radix 10,000® y el testigo produjeron menos enraizamiento y sobrevivencia (Cuadro 1). La falta de respuesta de las estacas tratadas con radix 10,000®, a pesar de tener una concentración más alta de ácido indolbutírico (AIB), indica que el polvo no se disuelve rápidamente y posiblemente existe poca penetración a los tejidos. Además, se considera que algunas

variedades de olivo son de difícil enraizamiento (Caballero y Del Río, 1997), y se requiere de un buen estímulo para la emitir raíces.

Cuadro 1. Enraizamiento, sobrevivencia y crecimiento de estacas y plantas de olivo "Hidrocálida".

Tratamiento	Enraizamiento (%)	Sobrevivencia (%)	Raíces por estaca	Altura de planta (cm)
Testigo	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
Radix 10,000®	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
Mezfer root®	81.0 a	72.0 a	3.5 a	19.5 a
Dip'n grow®	85.7 a	76.3 a	5.1 a	21.1 a

Valores dentro de columnas con la misma literal son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Crecimiento de estacas y de plantas

En ausencia de AIB y con la aplicación de radix 10,000® no hubo formación ni crecimiento de ninguna raíz en las estacas de olivo. Pero cuando se suministraron los productos comerciales dip'n grow® y mezfer root® se obtuvieron entre tres y cinco raíces por estaca (Cuadro 1).

Durante la etapa de endurecimiento, en concreto a los 90 días después de aplicados los tratamientos de enraizamiento, se midió la altura de la planta, y se detectó que las estacas tratadas con los productos dip'n grow® y mezfer root® presentaron plantas con un porte entre 19 y 21 cm (Cuadro 1).

CONCLUSIONES

El tratamiento testigo y la aplicación de radix 10,000® no promovieron enraizamiento ni crecimiento alguno en estacas semileñosas con hojas de olivo.

Los productos comerciales dip'n grow® y mezfer root® favorecieron el enraizamiento de estacas de olivo entre 80 y 85%.

BIBLIOGRAFÍA

- Caballero J. M. y C. Del Río. 1997. Métodos de multiplicación. p.81-105. *In*: D. Barranco, R, Fernandez-Escobar y L. Rallo, (eds). El cultivo del olivo. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Del Río, C. y Caballero, M. C. 1994. Propagación del olivo por enraizamiento de estaquillas semileñosas por nebulización. Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía. A. G. Novograf, S. A. Sevilla, España. 23 pp.
- Perales C. M A. 2011. Propagación de plantas de olivo mediante estacas semileñosas. *In*: Tecnologías generadas para las cadenas productivas forestales y agropecuarias en la Región Norte-Centro del INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. 188 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). *In*: www.siap.gob.mx. Consultado en línea el 9 de julio de 2015.
- Tapia C. F., M. Astorga P. y A. Ibacache G. 2003. Manual del cultivo del olivo. Boletín 101. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. La Serena, Chile. 128 pp.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES CON LECHE DE CABRA

Damián Torres-Hernández, Luis M. Isidro-Requejo, Francisco J. Pastor-López, Antonio Anaya-Salgado, Homero Salinas-González

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
C. I. R. Norte Centro / Campo Experimental La Laguna
Blvd. José Santos Valdez # 1200 Pte., Matamoros, Coahuila
Tel. (01 800) 0882222, Ext. 82437
torres.damian@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La Región Lagunera es destacada por contar con un inventario sobresaliente de caprinos a nivel nacional participando con un 4.7% del total nacional habiendo un registro en 2015 de poco más de 413,000 cabezas (SAGARPA, 2016), que casi en su totalidad están en manos de ejidatarios y en pequeños productores (Cantú, 2004), sin embargo, es la principal región productora de leche de cabra en México con una producción de 59 millones de litros anuales (SAGARPA, 2016), representando el principal ingreso para los caprinocultores. A diferencia de la venta del cabrito donde el ingreso suele ser por un periodo corto del año, el ingreso por la venta de leche puede perdurar por el tiempo que dure la lactancia de los animales. En esta región muy pocos productores tienden a darle valor agregado, generalmente la leche de cabra es vendida a empresas regionales dedicadas a la producción de quesos, dulces y cajetas. El pago por litro de leche estipulado por estas empresas no está determinado por las características fisicoquímicas del producto, si no por factores externos como la estacionalidad de la producción de leche que genera una sobre oferta del lácteo en los meses de abril a junio, lo que satura a las empresas afectando los precios, despreciando y desperdiciando los excedentes de la producción. Otra limitante en los sistemas de producción caprina, es la falta de capacitación hacia los productores para dar valor agregado a la leche de cabra (Olhagaray y Espinoza, 2007), ya sea para la elaboración de quesos o dulces; productos que tienen la oportunidad de ampliar su oferta hacia nuevos nichos de mercado, mejorando con ello, la comercialización de sus productos. Sin embargo, para que este escenario pueda presentarse, es necesario que el productor cuente con la infraestructura necesaria para tal fin. Cabe destacar que en México la demanda de derivados de leche caprina va a la alza, gracias al consumo de algunas variedades de quesos y confites como cajetas y dulces similares; motivada principalmente por el cambio de hábitos alimenticios, la difusión internacional de las gastronomías regionales y la expansión de comidas rápidas. Particularmente en México, la tendencia marca un crecimiento significativo en el consumo de quesos tipo gourmet, como los

elaborados con leche de cabra y oveja (Miguel, 2011). La presente publicación tiene como objetivo dar a conocer la relación beneficio-costos de la producción de quesos artesanales con leche de cabra, cuya fabricación suele ser sencilla y barata.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información para el presente estudio fue obtenida de tres productores de queso de leche de cabra quienes tienen sus talleres de transformación en Matamoros, Coahuila, en la Región Lagunera, al suroeste del estado de Coahuila de Zaragoza a una distancia aproximada de 19 kilómetros de la ciudad de Torreón. Cada productor es independiente en cuanto a la producción y venta de quesos teniendo cada uno sus propios proveedores de materia prima e insumos, sus propios canales de comercialización y sus propios clientes, asemejándose su proceso de producción y comercializando el mismo tipo de queso fresco. Dichos productores realizan la transformación de forma artesanal, es decir, sin maquinaria ni equipo especializado trabajando en cuartos acondicionados dentro de sus hogares considerándose como negocios familiares dado que ocupan la mano de obra familiar.

Los datos se recabaron en entrevista directa (Pardinas, 1993) con los productores, primeramente observando los procesos de producción, tomando registro del material, equipo básico para la transformación y producción del queso, además de las cantidades utilizadas, los costos a partir de la materia prima, los insumos, los salarios y los servicios públicos. Una vez obtenida la información, se continuó con el trabajo de gabinete procesando la información en una hoja de cálculo Office Excel®, estructurándola de una manera ordenada y conveniente para determinar la relación beneficio-costos.

La evaluación económica y financiera de las inversiones reflejan información de suma importancia para la toma de decisiones por la situación de que se ponen en juego los factores de producción tierra, trabajo y capital cuando estos son escasos y teóricamente pueden ser utilizados en otras alternativas de inversión (Aguirre, 1985).

La relación Beneficio Costo (B/C) es definida como la relación entre los beneficios y los costos de una inversión generalmente a valores actuales, y se considera como una relación positiva si esta es mayor que uno dado que el criterio indica que se cubren los costos y se genera una ganancia para el inversionista (Ruiz *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de producción consistió en transformar 30 litros de leche de cabra los cuales fueron comprados a un precio de \$5.00 pesos por litro, mientras que los insumos se compraron en su versión comercial aunque no se ocuparon en su totalidad dado que únicamente se utilizaron cantidades específicas de acuerdo a la cantidad de leche que se transformó. La información de costos de la materia prima y los insumos se resumen de la siguiente manera:

Tabla 1. Costos de producción.

Costos Variables (\$)		Costos fijos (\$)	
Leche de cabra	150.00	Gas	150.00
Cuajo	80.00	Mano de obra	120.00
Sal	6.00	Energía	10.00
Cloruro de calcio	720.00		
Empaque	10.00		
Total	966.00	Total	280.00

La Tabla 1 muestra una inversión inicial para comenzar a elaborar quesos con leche de cabra requiriéndose una cantidad de \$1,246.00 pesos, más sin embargo para transformar los 30 litros de leche de cabra el costo total se redujo a \$306.39 pesos ya que solo se contabilizaron las cantidades utilizadas para dicha cantidad de leche quedando insumos para seguir produciendo más quesos.

Una vez obtenida la información anterior y conociendo los precios de mercado para el queso de leche de cabra se generó la siguiente tabla:

Tabla 2. Información económica de la producción de queso fresco artesanal.

Rendimiento litro de leche por kg de queso	Precio medio rural de la leche de cabra (\$ por l)	Ingreso obtenido por la venta de leche (\$)	Costo de producción por kilogramo de queso (\$)	Precio medio al consumidor del kilogramo de queso (\$)	Ganancia obtenida por la venta de quesos tipo panela	Relación B/C
30/5	5.00	150.00	61.28	100.00	193.61	1.63

La Tabla 2 resume la información económica de la producción de quesos artesanales destacando la comparación en cuanto vender la leche sin transformar o darle valor agregado y producir queso, es decir, si el productor vende leche sin transformar este obtiene \$150.00 pesos

por los 30 litros, mientras que si produce 5 kilogramos de queso con esa cantidad de leche el costo de producción por kilogramo le cuesta \$61.28 pesos y obtiene ingreso bruto de \$100.00 pesos por la venta, generando una ganancia neta de \$38.72 pesos por kilogramo y \$193.61 por los 5 kilogramos.

En cuanto al factor beneficio-costos los costos totales de \$306.39 y el ingreso bruto de \$500.00 determinan una relación de 1.63, indicando que por cada peso invertido se obtendrán beneficios netos de 63 centavos, cumpliendo así con el criterio de rentabilidad.

De la presente investigación las oportunidades de negocio se discuten de la siguiente manera: 1.- la contabilidad de costos está considerando el pago de \$120.00 pesos por mano de obra para elaborar 5 kilogramos de queso, costo que puede absorber el caprinocultor si él mismo transforma la leche en queso, 2.- de igual forma, se está considerando el pago por litro de leche como materia prima para la producción de queso, más sin embargo, si tuviera su propio hato caprino, no tendría que pagar por la leche, y 3.- es posible subir el precio de venta de \$100.00 a \$120.00 pesos por kilogramo de queso. Bajo los supuestos de que solo se comprara la leche, la mano de obra no se pagara, y se incrementara el precio de venta, los costos disminuyen de \$61.28 a \$37.28 pesos por kilogramo, incrementándose la ganancia de \$38.28 hasta \$82.72 pesos por kilogramo y una relación beneficio-costos de 3.22.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, la actividad de valor agregado que se describe se determina cómo rentable con posibilidades de mayor crecimiento en cuanto a utilidades en función de los precios de venta y diversificación de productos aprovechando las oportunidades de mercado que se presentan actualmente para los derivados de la leche de cabra.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J.A. (1985). Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias: manual de instrucción programada. 1ª. Ed. 2ª reimpresión. Serie de libros y materiales educativos No. 46: IICA. San José Costa Rica.
- Cantú, B., J.E. (2004). Zootecnia de ganado caprino. Cuarta Edición. Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila.
- Miguel, G., G. (2011). El mercado de los quesos gourmet en México. Boletín de inteligencia de mercado, NAVIO Avizor, Año 2. No. 20. Consejería Agrícola de Chile en México.
- Olhagaray R., E.C. y Espinoza A., J.J. (2007). Producción y comercialización de la leche de cabra en el GGAVATT-INIFAP "Juan E. García" del municipio de Lerdo, Dgo. México. *In: Revista Mexicana de Agronegocios* [en línea] 2007, No. XI (enero-junio). Pp. 308-313. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/141/14102011.pdf>. Consultado en agosto de 2016.

- Pardinas, F. (1993) Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales. Siglo XXI editores. México, D.F.
- Ruiz, T., J; Ríos F., J.L.; Reveles H., M. y Trejo C., R. 2011. Evaluación Financiera de Agronegocios. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo- Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Dgo.
- SAGARPA, (2016). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Región Lagunera Coahuila- Durango. Cd. Lerdo, Dgo.

PRESENCIA DE ARTRÓPODOS EN EL ORÉGANO MEXICANO *Lippia graveolens* H.B.K. EN EL ESTADO DE DURANGO, MEXICO

María P. González-Castillo*, Maricela Esteban Méndez[‡], Sandra C. Chávez Ramírez*

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (IPN, CIIDIR- U. DGO), Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II Durango, Dgo. C.P. 34220, México; *Becarios de la COFAA-IPN. Correspondencia: gcmay01@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El orégano mexicano *Lippia graveolens* H.B.K. pertenece a la familia Verbenaceae, es una especie forestal no maderable que se destaca por su importancia comercial (Granados-Sánchez *et al.*, 2013) en la industria cosmética, alimenticia, farmacéutica, medicinal, agronómica y biológica. Es de amplia distribución a nivel nacional y presenta diversas variantes morfológico-ecológico-geográfica (González-Elizondo *et al.*, 2011).

La producción nacional está sujeta al volumen irregular que se obtiene de poblaciones naturales y al efecto que tiene la oferta y demanda internacional del producto (Cano y Villavicencio, 2012). Los principales estados productores son Baja California, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas y Jalisco principalmente (Villavicencio *et al.*, 2007).

En plantas silvestres existen insectos asociados a las mismas que forman parte del propio hábitat, y por su escasa abundancia no causan daño de importancia a las plantas ya que existe un equilibrio entre ellas, diversos organismos y medioambiente. Sin embargo, existe escasa información sobre los artrópodos del orégano por lo que es indispensable realizar estudios en este aspecto para diseñar un manejo adecuado de las plagas cuando estén establecidas plantaciones de esta especie.

El objetivo de este trabajo fue documentar la diversidad y abundancia de los artrópodos asociados al orégano mexicano *Lippia graveolens* HBK, como base para entender la biología y ecología de dicha especies en el estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las recolectas de artrópodos se realizaron en cuatro sitios de poblaciones silvestres de orégano ubicadas en cuatro municipios: Lerdo (25° 33.254' N, 103° 34.640' W a 1230 msnm); Mapimí (25° 51.327' N, 103° 46.329' W a 1214); Nombre de Dios, (23° 53.98'N, 104° 2.09' W, a una altitud de 1940 msnm) y Mezquital (23° 40.852' N, 104° 23. 620' W, a 1807 msnm).

Para obtener los datos de altitud y las coordenadas geográficas de los sitios en estudio, se empleo un GPS 60 CSx (Global Positioning System).

Recolecta de artrópodos. Se utilizó el método directo sobre las hojas (haz y envés), flores y/o tallos de las plantas.

Determinación taxonómica. Algunos organismos se determinaron con claves dicotómicas especializadas y otros con el apoyo de especialistas de la Facultad de Ciencias e Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los ejemplares se conservan en la Colección Entomológica del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN, U-DGO).

Para conocer la complejidad de las poblaciones de artrópodos en el orégano, se obtuvieron los siguientes parámetros e índices: Abundancia (N) y abundancia relativa (%), riqueza de especies (S), el Índice de diversidad de Shannon (H').

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las poblaciones naturales del orégano mexicano *L. graveolens*, se capturaron un total de 125 individuos pertenecientes a nueve órdenes, 14 familias y 15 especies. A este respecto, Argüello *et al.*, (2012) identificaron 32 especies de insectos agrupados en 22 familias y 8 órdenes en un cultivo de *Origanum* sp. en la provincia de Córdoba (Argentina), donde al menos 12 especies son perjudiciales para el cultivo. Esta diferencia se debe a que en un cultivo o agroecosistema existe modificación de la planta como manipulación física (podas, deshierbe) o genética (mejoramiento, biotecnología) y del medio circundante al cultivo, lo que modifica las interacciones entre organismos prosperando algunos de ellos como los artrópodos y convirtiéndose en problemas sanitarios, mientras que en poblaciones silvestres, los problemas sanitarios casi no se dan, aunque estén presentes los agentes causales debido a que existen mecanismos que controlan dichos agentes a un nivel donde siempre habrá equilibrio (Rivera, 2007).

A nivel general Hymenoptera (39%) fue el orden de mayor importancia por su abundancia y Araneae y lepidóptera fueron los de menor abundancia (2%), los demás ordenen presentaron valores intermedios (Figura 1).

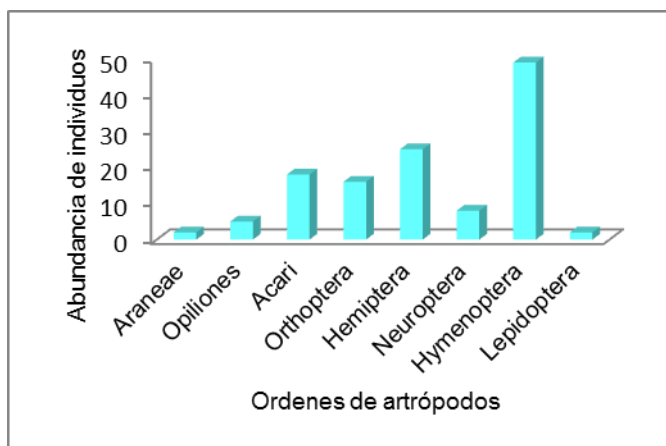


Figura 1. Abundancia de órdenes de artrópodos en *L. graveolens* en cuatro sitios de recolecta en Durango.

El sitio con mayor abundancia relativa de individuos por orden fue Nombre de Dios (47%), le sigue Mezquital (26%), Mapimí (21%) y Lerdo con el 6% (Figura 2).

Nombre de Dios presentó 58 individuos pertenecientes a seis órdenes, ocho familias y nueve especies. Se presentan por orden:familia:especie. Opiliones: Sclerosomatidae: *Leiobunum* sp. Acari: Tetranychidae: *Tetranychus* sp., Hemiptera: Tingidae: *Physatochelia* sp., Miridae: *Fulvius* sp., Coleoptera: Meloidae: *Epicauta* sp., Hymenoptera: Formicidae: *Crematogaster* sp. y *Myrmecocystus* sp., Apidae: *Apis mellifera* L. y Lepidoptera: Noctuidae: *Agrotis* sp.

El Mezquital exhibió 32 especímenes de cuatro órdenes, seis familias y seis especies. Orthoptera: Romaleidae: *Brachystola magna* Girard, Hemiptera: Miridae: *Fulvius* sp. y Cerambycidae: *Megacyllene* sp., Hymenoptera: Formicidae: *Myrmecocystus* sp. y Apidae: *A. mellifera*.

En Mapimí, se recolectaron 26 organismos de tres órdenes, familias y especies. Acari: Tetranychidae: *Tetranychus* sp., Orthoptera: Romaleidae: *B. magna* y Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla* sp.

En el sitio Lerdo, se observaron nueve especímenes de tres órdenes, cuatro familias y especies. Araneae: Thomisidae y Araneidae: *Misumenoides* sp. y *Neoscona* sp. respectivamente; Coleoptera: Meloidae: *Epicauta* sp. y Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla* sp.

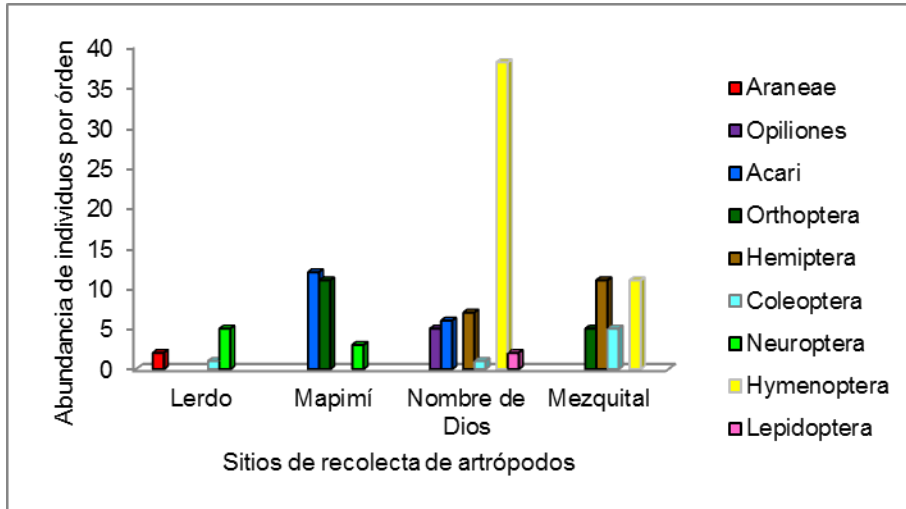


Figura 2. Abundancia de órdenes por sitio de recolecta de artrópodos en el estado de Durango

Esto coincide con Kremen *et al.*, (1993) quienes mencionan que los artrópodos son elementos importantes en los ecosistemas terrestres y que ocupan varios microhabitats a lo largo de un amplio espectro de escalas temporales y espaciales.

El valor obtenido del índice de diversidad de Shannon (H') fue de 1.8 para el Mezquital, 1.6 para Nombre de Dios, 1.1 para Lerdo y 1 para Mapimí, que apenas sobrepasan el valor mínimo propuesto por Margalef (1972), lo que puede deberse al bajo número de especies que se observaron o a que el orégano por sus compuestos evita a los artrópodos aunado a las estacionalidad de éstos, reproducción y condiciones medioambientales, principalmente.

A nivel de especies y de forma general, en la Figura 3, se observa la abundancia relativa de las mismas.

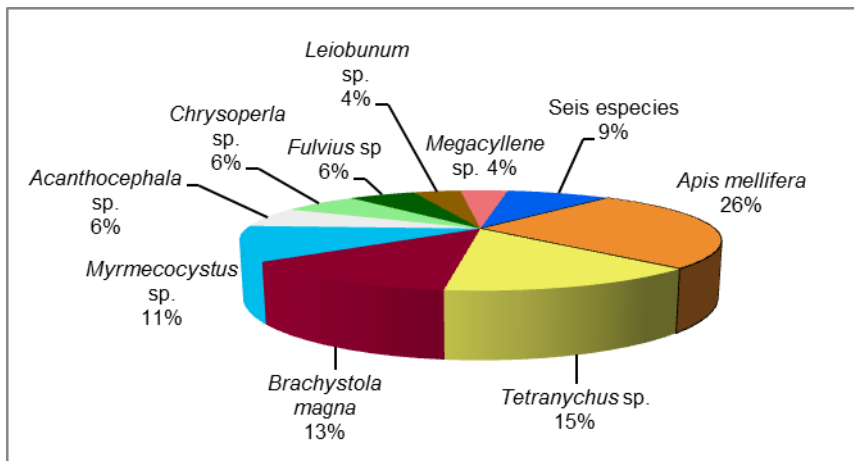


Figura 3. Abundancia relativa de las especies de artrópodos en poblaciones silvestres orégano en Durango.

De las especies recolectadas, algunas se comportan como fitófagos, otras como depredadores y otras más como saprofitas. En este caso, el ácaro *Tetranychus* sp. y *Brachystola magna* son fitófagos que por su abundancia podrían llegar a comportarse como plaga en plantaciones comerciales de orégano, pero en este caso no se consideran exclusivas de esta planta, ya que son resultado de cultivos cercanos que hospedan a esos fitófagos.

Cabe hacer mención que Guigón-López y González (2005), In Gómez (2005) encontraron otros insectos en orégano cultivado de *Lippia berlandieri* (Shauer) como la mosquita blanca (*Bemisia* sp.), un barrenador de tallos de la familia Chrysomelidae y un minador (*Liriomyza* sp.). Así mismo Ku Ucan (2008) menciona que las principales plagas que atacan al orégano son la mosquita blanca (*Bemisia* spp.), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y el barrenador de ramas (Coleoptera: Chrysomelidae); mientras que en un cultivo de orégano *Origanum* sp. en la Provincia de Córdoba (Argentina), se observaron varias especies de lepidópteros como *Achyra bifidalis* (F.), *Rachiplusia nu* (Guenée), *Spodoptera frugiperda* (Smith), *S. cosmioides* (Walter) y *Pseudaletia adultera* (Schaus), alimentándose de hojas; además de *Nezara viridula* (L.), *Dichelops furcatus* (F.) y *Largus fasciatus* (Blanchard) (Argüello *et al.*, 2012).

La araña *Neoscona* sp. y araña patona *Leiobunum* sp. son saprófagos que se alimentan de materia orgánica en descomposición, mastican follaje de árboles y arbustos y hojarasca.

La abeja *Apis mellifera* L. es un polinizador y se considera de importancia para el orégano (Ocampo-Velázquez *et al.*, 2009). Mientras que *Chrysoperla* sp. actúa como depredador de forma natural de una gran variedad de insectos fitófagos de cuerpo blando que se localizan en el follaje (Valencia *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Se obtuvo un total de 125 artrópodos asociados al orégano *Lippia graveolens*, pertenecientes a nueve ordenes, 14 familias y 15 especies que reflejan la diversidad de especies en la planta, lo que muestra la importancia de la misma en poblaciones silvestres, ya que es un recurso trascendental para un grupo de organismos con diversas formas de vida.

Es necesario profundizar con estudios de esta naturaleza para el conocimiento de las especies que afectan negativamente al orégano, lo que permitiría adecuar prácticas de manejo de los organismos considerados como plaga en las regiones locales de plantaciones comerciales del estado cuando estén establecidas.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema SAPPI-IPN por el apoyo financiero del proyecto 20171374. A la Dra. Gabriela Castaño-Meneses del Dto. de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias. M.C. Ma. Cristina Mayorga Martínez técnica de la Colección Nacional de Insectos y de Arácnidos del Instituto de Biología de la UNAM por su valiosa ayuda en las determinaciones taxonómicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Argüello, J.A., S.B. Núñez, V. Davidenco, D.A. Suárez, L. Seisdedos, M.C. Baigorria, N. La Porta, G. Ruiz y V. Yossen. 2012. Sistema de producción y cadena de valor del cultivo de Orégano (*Origanum* sp.) en la Provincia de Córdoba (Argentina), *Phyton* 81:23-34.
- Cano, P. A. y E. Villavicencio G. 2012. Cultivo de orégano, opción productiva para las zonas semidesérticas. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Saltillo. Desplegable para productores No. 28. México. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/928.pdf> (consulta: 10 de agosto de 2017).
- González-Elizondo M. S., M. González-Elizondo, I. L. López- Enríquez, J. A. Tena-Flores, F. I. Retana-Rentería, L. Ruacho-González y M. C. González- Güereca. 2011. *Lippia graveolens* H.B.K. ¿Especie o complejo de especies?. pp. 11-22. *En: Gerardo Pérez Santiago, Maria P. González Castillo, Gabriel Alejandro Iturbide, Martha Celina González Güereca (Compiladores). El orégano mexicano: estado actual del conocimiento. Artes Gráficas La impresora. Instituto Politécnico Nacional. Durango, México. 225 p.*
- Granados-Sánchez, D., M. Martínez- Salvador, G.F. López-Ríos, A. Borja-De La Rosa, G.A. Rodríguez-Yam. 2013. Ecología, Aprovechamiento y Comercialización del orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en Mapimí Durango. *Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 19(2): 304-321.*
- Guigón- López C. y P.A. González G. 2005. Estudio fitosanitario del orégano *Lippia berlandieri* (Schauer) en comunidades silvestre y cultivada en el sur de Chihuahua. *En: Gómez L., F., R. Almeida M., M. Bejar H. y G. Nevarez M. (Eds). 2005. Orégano; Aprovechamiento, Cultivo e Industrialización en México. Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. URUZA-UACH. Bermejillo, Dgo. México. pp: 97-103.*
- Kremen, C.R., K Colwell, T.L. Erwin, D.D. Murphy, R.F. Noss and M.A. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages, their use in conservation planning. *Conservation Biology, 7:796-808.*
- Ku Ucan, J.G. 2008. Actividad antimicrobiana de extractos de orégano (*Lippia graveolens*) contra microorganismos fitopatógenos. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería, México. 86p.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson or why is there is an upper limit to diversity. *Connecticut Academy Arts and Sciences, 44: 221-235.*
- Ocampo-Velázquez R.V., G X. Malda-Barrera, G. Suarez-Ramos. 2009. Biología reproductiva del orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. *Agrociencia, 43:475-482.*
- Rivera, C. G. 2007. Conceptos introductorios a la fitopatología. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 312 p. ISBN: 9968-31-042-5.
- Valencia, L. L.A., J. Romero N., J. Valdez C., J.L. Carrillo S. y V. López M. 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 22(1):17-61.*
- Villavicencio, E., O. Martínez, A. Cano y C. Berlanga. 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Ciencia y Desarrollo, 33:60-66.*

INDUCCIÓN DE RAÍZ A TRAVÉS FITOHORMONAS EN LA PROPAGACIÓN DE HIGUERA CON ACODO AÉREO

Hilario Macías Rodríguez¹, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹, Gerardo Delgado Ramirez¹, Miguel Rivera González¹, Ma. Magdalena Villa Castorena¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera, INIFAP. Km 6 + 500, margen derecha canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México.
macias.hilario@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El cultivo de higuera se ha incrementado considerablemente en la Región Lagunera de Coahuila y Durango, a partir del año 2011 se inició su manejo con altas densidades de plantación bajo condiciones de macrotunel, situación que se debe a la alta demanda de higo para exportación, tanto en higo fresco como en pasta y sus derivados. Su manejo tradicional a nivel de traspatio ha permitido adquirir experiencia empírica para su aprovechamiento actual, las explotaciones artesanales de traspatio y las densidades de población tradicionales, con densidades de plantación de 100 a 400 plantas por hectárea, y rendimientos de 7 a 12 toneladas de higo fresco por hectárea, han sido el soporte para las evaluaciones de este cultivo en plantaciones intensivas bajo cubierta, con potencial de producción de 90 toneladas de higo fresco por hectárea (Macías., *et al* 2013; Mendoza., 2013). En el periodo del 2012 al 2016, el INIFAP ha desarrollado tecnología a través de investigación en multiplicación intensiva de planta, manejo de altas densidades de plantación, poda y requerimientos hídricos del cultivo intensivo de higuera (Macías., *et al* 2013; Macías., *et al* 2014; Macías., *et al* 2015; Muñoz., *et al* 2016; Rivera., *et al* 2016). Aún existen vacíos de conocimiento en lo que respecta a la nutrición del cultivo y la determinación de cubiertas plásticas que permitan una eficiente tasa fotosintética y eviten a su vez, el daño de higo por aves. La tecnología de propagación intensiva a través de acodo aéreo, ha sido la que mejor resultados a dado, y de acuerdo a las evaluaciones experimentales previas de varios productos con fitohormonas y vitaminas, tales como Rotex, Root-Factor, Rooting, Hortiroot, Raizal 400 y Vitamina B, los productos que han inducido mayor cantidad de raíces en los acodos aéreos son Hortiroorot, Raizal 400, Root-Factor y Rooting. Dichos productos han permitido la obtención de cosecha comercial de higo desde el primer año de plantación, utilizando planta propagada a través de acodo aéreo y con la estrategia de usar en su implementación, ramas donadoras de dos y tres años, con esta práctica se garantiza la obtención de 5 a 8 toneladas de higo fresco en el mismo año de plantación, preferentemente utilizando planta propagada por este sistema en el periodo de primavera (Macías., *et al* 2016).

Los resultados que se presentan en esta publicación, son los relativos a la evaluación experimental de los cuatro mejores enraizadores con fitohormonas, los cuales han sido utilizados en este sistema de propagación desde el año 2015.

El objetivo de este trabajo fue Inducir, a través de fitohormonas, el mayor número de raíz en acodos aéreos para la propagación intensiva de higuera, favoreciendo la producción comercial desde el primer año de plantación.

MATERIALES Y METODOS.

Estos resultados experimentales corresponden a dos épocas de evaluación de acodos, una de primavera y otra de verano, la de primavera se implementó el 4 de abril del 2016 y la de verano el 22 de julio del mismo año. Ambas evaluaciones se implementaron en un lote de higueras de un productor cooperante del Ejido 5 de Mayo del municipio de Gómez Palacio, Dgo.

Para ambas épocas se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, considerando como unidad experimental 6 acodos. Se seleccionaron plantas madre de 4 años de edad, con crecimiento activo, vigorosas y con buena fitosanidad. Se utilizó sustrato a base de turba, papel aluminio, cinta canela para adherir y enraizadores comerciales a base de fitohormonas. Los acodos aéreos se implementaron en ramas con madera de dos años de crecimiento con las siguientes prácticas operativas: corte rectangular en la corteza del tallo de la rama seleccionada, despegado de corteza, aplicación del enraizador directamente al tallo y a través del sustrato humedecido con el mismo y finalmente, con el sustrato se cubrió totalmente la incisión, fijándolo con papel aluminio y cinta canela.

Los tratamientos evaluados para ambas épocas fueron los siguientes:

T: Testigo. Únicamente sustrato a base de turba.

T1: Rooting diluido en agua en proporción de 1 a 2.

T2: Hortiroot; 15 mililitros por litro de agua

T3: Root-Factor; 5 mililitros por litro de agua.

T4: Raizal 400; 10 gramos por litro de agua

Estos tratamientos se distribuyeron sobre las ramas completamente al azar, identificando cada acodo por número de tratamiento y repetición. Los acodos se cortaron para su evaluación, 60 días después de su establecimiento.

El volumen de la raíz se determinó con base en el principio de Arquímedes, usando una balanza de precisión y un vaso de precipitados con agua. Al sumergir las raíces en el agua, sin tocar las paredes del vaso, se registra un aumento de peso en el sistema (medido en g) que equivale al volumen de la raíz en cm^3 .

Después de que se pesaron las muestras de raíz en fresco, se pusieron a secar en un horno de aire forzado, a 60°C durante un período de 72 h, para obtener el peso seco de cada tratamiento; posteriormente se pesaron en una balanza analítica. Con estos datos se obtuvo la materia seca de la raíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico o ANOVAS, se hizo con el programa de computadora Minitab 16. La comparación de medias se realizó con el método de Tukey al 95% de probabilidad. En el Cuadro 1 se presenta el volumen de raíz (VR) y materia seca de la raíz para cada tratamiento. De acuerdo con los análisis realizados a los valores obtenidos (ANOVAS), tanto en el experimento que se estableció en el ciclo de primavera como en el de verano del 2016, los tratamientos mostraron diferencias significativas entre los enraizadores comerciales a base de fitohormonas denominados Rooting (T2), el Horti-root (T3), Root-Factor (T4), Raizal 400 (T5) y un testigo sin enraizador (T1), mostrando superioridad en cuanto a volumen de raíz y materia seca los tratamientos a base de Hortiroot y Raizal.

Cuadro 1. Valores promedio de materia seca y volumen de raíces acodos de higuera (*Ficus carica* L.) bajo los tratamientos de fitohormonas con productos comerciales, evaluados en dos ciclos del año 2016.

No. de Tratamiento	Tratamientos	Ciclo de Primavera		Ciclo de Verano	
		Materia Seca R. (gr)	Volumen Raíz (ml)	Materia Seca R. (gr)	Volumen Raíz (ml)
T1	Testigo (T)	8.9 d*	25.3 bc	8.9 c	12.1 c
T2	Rooting	16.4 c	36.3 b	9.3 c	15.9 c
T3	Hortiroot	33.8 a	49.4 a	36.7 a	42.6 a
T4	Root-Factor	14.1 c	28.9 bc	18.1 b	23.3 b
T5	Raizal 400	25.0 ab	32.3 b	15.4 bc	18.5 bc

*Los valores con las mismas letras en las mismas columnas no son estadísticamente diferentes

En la figura 1 se observa que los mejores tratamientos en el ciclo de primavera, en cuanto a la generación de materia seca de raíz fueron el tratamiento 3 a base de Hortiroot y el tratamiento 5

a base de Raizal 400 y en cuanto a volumen de raíz, el tratamiento 3, a base de Hortiroot, fue superior a todos los demás tratamientos.

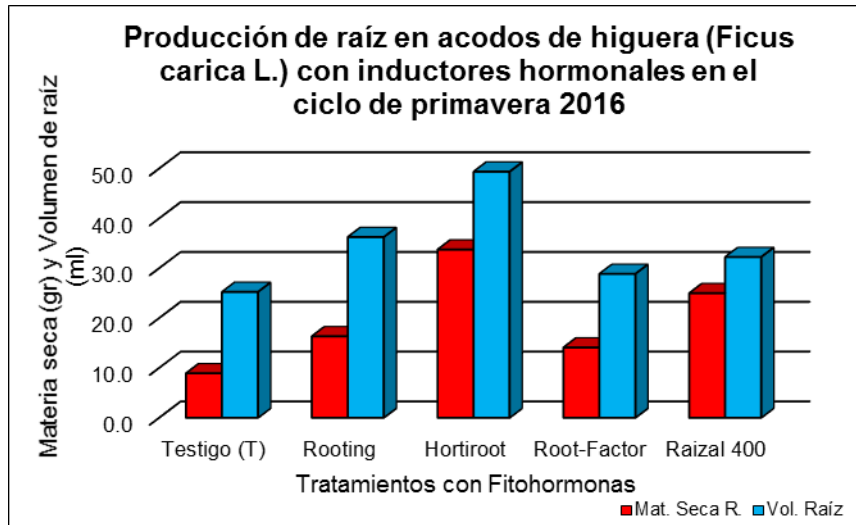


Figura 1. Producción de materia seca y volumen de raíces en acodos de higuera (*Ficus carica* L.) bajo los tratamientos de fitohormonas con productos comerciales, en el ciclo de primavera del año 2016.

Así mismo, en el ciclo de verano, se observa en la figura 2 que el mejor tratamiento en cuanto a la generación de materia seca de raíz y volumen de raíz, el tratamiento 3, a base de Hortiroot, fue superior a todos los demás tratamientos.

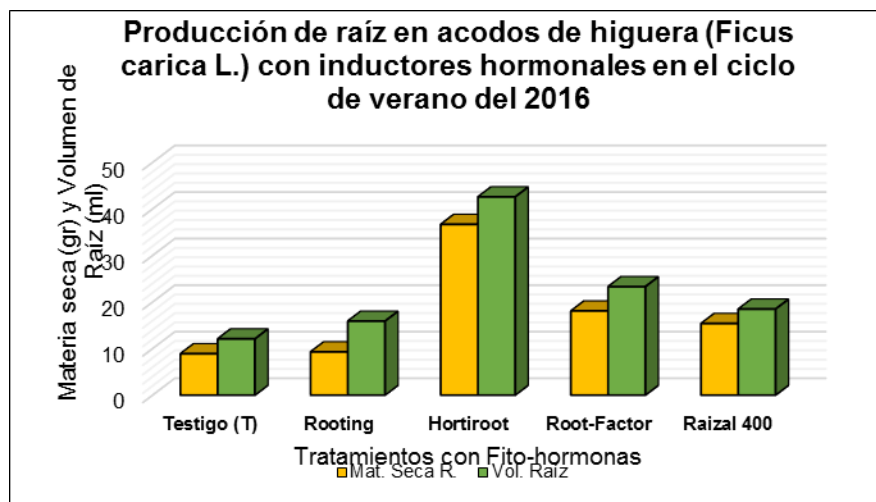


Figura 2. Producción de materia seca y volumen de raíces en acodos de higuera (*Ficus carica* L.) bajo los tratamientos de fitohormonas con productos comerciales, en el ciclo de verano del año 2016.

En las figuras 3, 4 y 5 se observan parte de los tratamientos con acodos en el proceso de la evaluación de las variables de estudio.



Figura 3. Acodos enraizados con fitohormonas.



Figura 4. Evaluación de variables de estudio en acodos aéreos utilizando fitohormonas.



Figura 5. Testigo sin fitohormonas con acodo aéreo.

CONCLUSIONES

Los mejores tratamientos para inducir raíz en la propagación de higuera a través de acodo aéreo en el ciclo de primavera, fueron el T3 a base de Hortiroot y el T5 a base de Raizal 400.

Para el ciclo de verano, el mejor tratamiento para inducir raíz en la propagación de higuera a través de acodo aéreo fue el T3, a base de Hortiroot.

BIBLIOGRAFÍA

- Macías, R. H., A. Muñoz V., Ma. M. Villa C., M. A. Velásquez V., Ma. del C. Potisek T. 2013. Enraizamiento y brotación de vareta de higuera en contenedores de plástico cerrados: resultados preliminares. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 13 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2013. pp 37-44.
- Macías, R. H., M. A. Velásquez V., Ma. M. Villa C., A. Muñoz V., M. Rivera G. 2014. Evaluación experimental en higuera para implementar poda inicial en altas densidades de plantación con macrotunel en la Región Lagunera. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 14 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2014. pp 33-38.
- Macías, R. H., M. Rivera G., M. Palomo R., J. A. Muñoz V., Ma. M. Villa C. 2015. Acodo aéreo: Alternativa para la producción intensiva de higo desde el primer año de plantación en macrotuneles. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 15 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2015. pp 81-89.
- Macías, R. H., J. A. Muñoz V., M. Rivera G., G. Delgado R., Ma. del R. Jacobo S. 2016. Determinación de las mejores épocas para la propagación de higuera a través de acodo aéreo en la Región Lagunera. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 16, Núm. 2 Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2016. pp 51-62.
- Mendoza C. V. M. 2013. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L.) en producción forzada bajo cubierta plástica. Tesis doctoral. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 99 p.
- Muñoz V. J. A., H. Macías R., G. Delgado R., M. Rivera G., Ma. del R. Jacobo S. 2016. Niveles de poda en el cultivo de higuera (*Ficus carica* L.) para la región de zonas áridas. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 16, Núm. 2 Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2016. pp 43-50.
- Rivera G. M., G. Delgado R., H. Macías R., Muñoz V. J. A. 2016. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de higuera en riego por goteo y alta población. Revista AGROFAZ. Edición especial. Vol. 16, Núm. 2 Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2016. pp 105-112.

EMISIONES DE METANO EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO LECHE Y SU RELACIÓN CON FACTORES NUTRICIONALES EN LA REGIÓN LAGUNERA

**Jorge Alberto Granados Niño¹, Gregorio Núñez Hernández¹
y Jesús Granados García¹**

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32 Venecia, Durango. México.
imi_granados@hotmail.com

INTRODUCCIÓN.

La nutrición de animales rumiantes como el ganado lechero depende en gran medida de la fermentación de alimentos en el rumen. Esta fermentación es de tipo anaeróbico y permite la utilización de alimentos altos en fibra. A través de esta fermentación se producen ácidos grasos volátiles que son la principal fuente de energía de los microorganismos del rumen, así como del animal. A su vez, los microorganismos del rumen, pueden suplir del 50 a 60 % de la proteína metabolizable del ganado lechero. Es importante señalar que la fermentación de los animales rumiantes, constituye la fermentación más grande en el mundo. Desafortunadamente, durante esta fermentación se producen compuestos que no son utilizados por el animal y representan pérdidas potencialmente contaminantes como el bióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄). De estos, el metano constituye el problema principal, ya que es uno de los gases de efecto invernadero relacionados con el cambio climático global. Adicionalmente se produce metano en el intestino grueso; sin embargo, el 99 % de las emisiones de metano son producidas en el rumen y emitidos a través de la boca. Existen dos aspectos relacionados con la producción de metano. La cantidad de carbohidratos (CHOS) fermentados en el rumen y la proporción de ácidos grasos producidos. Entre los factores relacionados con los aspectos mencionados están: el nivel de consumo, tipos de carbohidratos, procesamiento de forrajes, adición de lípidos y suministro de ionóforos (Jonson y Jonson, 1995). En general, con consumos altos de raciones muy digestibles se tienen pérdidas menores de metano. Por otra parte, en la fermentación de CHOS solubles se tienen menos pérdidas por metano. Además, la fermentación de almidón propicia menos metano que la fermentación de otros CHOS solubles. La producción de metano es diferente según la etapa fisiológica y productiva de las vacas, así como la cantidad de ganado en cada etapa. La mayor cantidad de metano lo producen las vacas productoras, especialmente aquellas que producen más leche. En la Región Lagunera, no se han realizado estudios para cuantificar las emisiones de metano del ganado lechero, para a partir de ahí ver la posibilidad de reducir el impacto ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este proyecto de investigación participaron diez establos lecheros, 6 en el estado de Coahuila y 4 en el estado de Durango los muestreos se realizaron en 2013 y 2014 la fechas de muestreo fueron febrero-julio en 2013 y Octubre-diciembre 2014, los establos fueron seleccionados al azar y que fueran establos representativos a los de la región lagunera con vacas especializadas, producción de leche promedio a 30 o más kg vaca/día⁻¹, dietas especializadas para cada época del año y forrajes de calidad. Por ello en cada explotación se tomaron tres muestras al azar de aproximadamente 800 gramos de cada uno de los forrajes, ingredientes y raciones suministradas a los diferentes grupos de ganado. Las muestras se pesaron inmediatamente con una báscula digital, se identificaron y se trasladaron al Campo Experimental La Laguna. Se secaron al sol por dos días y después en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 horas hasta peso constante. En el caso de los forrajes, en todas las muestras se determinó porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no fibrosos (CNF), almidón (ALM), grasa (GC), lignina (LIG), digestibilidad de la fibra a 30 horas (DFDN) y energía neta de lactancia (ENI) mediante espectroscopia en el cercano infrarrojo previamente calibrado. Las raciones suministradas a los diferentes grupos de ganado se analizaron además mediante química húmeda determinando PC, FDN, FDA, carbohidratos no fermentables. Se estimó energía metabolizable y energía neta de lactancia de las raciones mediante los métodos propuestos por la NRC (2001). El consumo de materia seca por día por animal se estimó mediante la cantidad ofrecida y rechazada por día dividida entre el número de animales de cada corral y se multiplicó por el contenido de materia seca. Se obtuvo la producción de leche, contenido de grasa y proteína promedio en el periodo en que se realizó el muestreo. Las estimaciones de metano se efectuaron empleando las ecuaciones reportadas por Mills *et al* (2003) y Ellis *et al*. (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los Cuadros 1 y 2 se presenta la composición química y valor energético de las raciones proporcionadas a los diferentes grupos de ganado en las explotaciones lecheras estudiadas en la Región Lagunera. En 2013, las concentraciones de proteína cruda fueron de 17.8±2.3 %, 11.9±2.5 %, 13.9±3.1 %, 15.5±4.2 % para vacas productoras, vacas secas, vaquillas mayores de 1 año y vaquillas menores de 1 año. Respecto a las concentraciones de fibra detergente neutro, las raciones tuvieron 36.3±1.9 %, 49.7±6.0 %, 51.0±4.7 %, 48.6±8.8 %,

respectivamente. En energía neta de lactancia, las raciones tuvieron valores de 1.45±.05, 1.02±.14, 1.00±.14 y 1.1±.22 Mcal kg⁻¹ de materia seca respectivamente.

En 2014, las concentraciones de proteína cruda fueron de 18.19±1.3, 10.95±2.8 %, 12.57±2.2 %, 14.99±3.5 % para vacas productoras, vacas secas, vaquillas mayores de 1 año y vaquillas menores de 1 año. Respecto a las concentraciones de fibra detergente neutro, las raciones tuvieron 34.72±4.9 %, 56.0±6.7 %, 53.13±5.6 %, 46.76±10.8 %, respectivamente. En energía neta de lactancia, las raciones tuvieron valores de 1.56±.13, 1.15±.23, 1.18±.18 y 1.32±.19 Mcal kg⁻¹ de materia seca respectivamente.

Cuadro 1. Composición química y valor energético de raciones en explotaciones lecheras de la Región Lagunera 2013.

	PC, %	FDA, %	FDN, %	CNF, %	Grasa, %	ENI, Mcal/kg de MS	EM, Mcal/kg de MS
Productoras	17.8±2.3	27.6±2.8	36.3±1.9	33.0±4.0	3.2±.8	1.45±.05	2.4±.1
Secas	11.9±2.5	42.9±3.8	49.7±6.0	20.9±6.6	1.4±.6	1.02±.14	1.7±.2
Vaquillas mayores de 1 año	13.9±3.1	43.2±4.8	51.0±4.7	17.4±6.8	1.4±.2	1.00±.14	1.7±.2
Vaquillas Menores de 1 año	15.5±4.2	39.8±4.8	48.6±8.8	19.2±6.6	1.2±.6	1.1±.22	1.8±.3

PC-Proteína cruda; FDA-Fibra detergente ácido; FDN-Fibra detergente neutro; CNF-Carbohidratos no fibrosos; ENI-Energía neta de lactancia; EM-Energía Metabolizable.

Cuadro 2. Composición química y valor energético de raciones en explotaciones lecheras de la Región Lagunera 2014.

Grupo	PC, %	FDA, %	FDN,%	CNF, %	Grasa %	ENL, Mcal/kg de MS	EM, Mcal/kg de MS
Productoras	18.19±1.3	23.77±3.2	34.72±4.9	36.22±5.7	3.89±0.8	1.56±0.13	2.48±0.2
Secas	10.95±2.8	41.27±6.3	56±6.7	21.97±5.4	2.72±1.5	1.15±0.23	1.9±0.3
Vaquillas Mayores a 1 Año	12.57±2.2	40.8±3.3	53.13±5.6	23.29±5.7	2.38±1.8	1.18±0.18	1.94±0.2
Vaquillas Menores a 1 Año	14.99±3.5	34.57±7.2	46.76±10.8	28.62±9.2	2.19±1.0	1.32±0.19	2.14±0.3

PC-Proteína cruda; FDA-Fibra detergente ácido; FDN-Fibra detergente neutro; CNF-Carbohidratos no fibrosos; ENI-Energía neta de lactancia; EM-Energía metabolizable.

En los Cuadros 3 y 4 se muestra la producción y composición química de leche en el presente estudio en los años 2013 y 2014. La producción de leche fue de 31.7±3.3 y 30.54±1.81 con 3.5±0.4 y 3.26±0.6 de proteína y 3.2±0.1 y 3.44±.09 de grasa, respectivamente en los dos años

de estudio. Con respecto a la producción diaria de leche por vaca, la proteína en la leche y el porcentaje de grasa, los valores en las dos cuencas fueron similares o superiores a los obtenidos en explotaciones lecheras de diferentes regiones de los Estados Unidos de América. Oleggini *et al.* (2001) reporta valores de 30.8, 27.9 y 25.7 kg/vaca/día en explotaciones de las regiones Norte, Centro-Sur y Sur, respectivamente. En el caso de grasa de la leche reportaron valores de 3.7, 3.6 y 3.6 %, respectivamente. Para proteína en la leche, los valores fueron: 3.2, 3.2 y 3.3 %, para cada región, respectivamente. La producción de leche está relacionada con el consumo de nutrientes. Hristov (2004) indican que la producción de leche se correlacionó significativamente con el consumo de materia seca ($r=0.52$), consumo de energía neta de lactancia de la ración ($r=0.57$), porcentaje de proteína cruda ($r=0.47$), carbohidratos no estructurales ($r=-0.039$) y proteína no degradable en el rumen ($r=0.39$).

Cuadro 3. Producción y composición de la leche en explotaciones lecheras en la Región Lagunera 2013.

Producción de leche, kg/d	31.7±3.3
Grasa, %	3.2±.1
Proteína, %	3.5±.4

Cuadro 4. Producción y composición de la leche en explotaciones lecheras en la Región Lagunera 2014.

Producción de leche, kg/d	30.54±1.81
Grasa, %	3.44±.09
Proteína, %	3.26±0.6

En el Cuadro 5 y 6 se presentan los valores estimados de metano emitido por los diferentes grupos de animales en las explotaciones lecheras empleando diferentes ecuaciones. Los valores reportados por Johnson *et al.* (2002) para vacas con una producción de 32 litros por día que es similar a la observada en el presente estudio fue de 0.385 kg por vaca por día. Previamente, Kinsman *et al.* (1995) reportaron valores de 0.365 kg para vacas con una producción de 29 litros de leche por día. Sauer (1998) reportaron valores de 0.372 kg por vaca por día para vacas con producción de 31 litros diarios de leche. En relación a ganado en desarrollo, Belyea (1985) reporta valores de 0.160 kg por día, mientras que Broadi y Wittenberg (2002) indican valores de 0.171 kg/día. Estos valores son más similares a los obtenidos con las ecuaciones de Ellis (2007) considerando el consumo de materia seca, consumos de fibra detergente neutro, consumo de fibra detergente ácido o energía metabolizable fueron inferiores a los obtenidos con las ecuaciones del mismo autor o de Mills (2003).

Cuadro 5. Emisiones diarias de metano del ganado en explotaciones lecheras en la Región Lagunera.

	Kg/día ¹	Kg/día ²	Kg/día ³	Kg/día ⁴
Producción	0.367±0.065	0.403±0.049	0.468±0.058	0.325±0.054
Secas	0.215±0.042	.253±0.03	0.291±0.042	0.205±0.036
Vaquillas	0.185±0.078	0.235±0.065	0.269±0.07	0.152±0.087
Becerras	0.093±0.021	0.148±0.015	0.163±0.018	0.076±0.029

1 Estimaciones a partir de concentraciones de fibra en las raciones (Ellis, 2007)

2 Estimaciones a partir del consumo de materia seca en las raciones (Ellis, 2007)

3 Estimaciones a partir del consumo de materia seca (Mills, 2003).

4 Estimaciones a partir de concentraciones de fibra y energía metabolizable de las raciones (Ellis 2007).

En relación a las emisiones anuales, Chase (2006) reporta emisiones anuales de 111.8 a 139.4 kg para vacas productoras de leche. En el caso de animales de reemplazo reporta valores de 57.4 a 61.2 kg de metano por año. Los valores obtenidos con las ecuaciones de Ellis (2007) considerando el consumo de materia seca, consumo de fibra detergente neutro, consumo de fibra detergente ácido y energía metabolizable.

Cuadro 6. Emisiones anuales de metano del ganado en explotaciones lecheras en la Región Lagunera.

	Kg/año ¹	Kg/año ²	Kg/año ³	Kg/año ⁴
Producción	134.034±23.7	147.007±17.963	170.698±21.185	118.507±19.758
Secas	78.441±15.329	92.339±12.983	106.228±15.311	74.836±13.308
Vaquillas	67.608±28.493	85.651±23.573	98.340±27.801	55.365±31.725
Becerras	33.829±7.497	54.054±5.621	61.077±6.629	27.761±10.678

1 Estimaciones a partir de concentraciones de fibra en las raciones (Ellis, 2007)

2 Estimaciones a partir del consumo de materia seca en las raciones (Ellis, 2007)

3 Estimaciones a partir del consumo de materia seca (Mills, 2003).

4 Estimaciones a partir de concentraciones de fibra y energía metabolizable de las raciones (Ellis 2007).

En relación a las estimaciones de metano, Ramin y Huhtanen (2013) indican que en función de factores del animal y de la ración. La mayoría de las ecuaciones que revisaron consideran consumo de materia seca, energía digestible, nivel de nutrición, carbohidratos digestibles y consumo de energía metabolizable. Estos concluyen que el consumo de materia seca es el factor determinante de la emisión de metano. Así mismo, esta negativamente asociado con el nivel de alimentación y concentración de grasa en la ración. Estos autores señalan efectos menores relacionados con la composición de carbohidratos en la ración. Hageman *et al.* (2011) reportan el uso de ecuaciones utilizadas en el presente estudio para determinar las emisiones de gases de invernadero a nivel global. Martin *et al.* (2008) reportaron valores de emisión de metano de 0.149 a 0.418 kg por día y de 8.1 a 17.4 g kg⁻¹ de leche. Estos valores son similares a los estimados en el presente estudio.

CONCLUSIONES.

Los valores estimados de metano obtenidos en el presente estudio aunque están cercanos a los valores de referencia de 128 y 53 kg de metano para vacas maduras y animales en desarrollo de la FAO, permiten diferenciar las emisiones para los diferentes grupos en las explotaciones lecheras y considerar las diferencias en las características nutricionales de las raciones suministradas mediante la estimación por medio de ecuaciones.

BIBLIOGRAFÍA.

- Belyea, G. 1985. Forage protein utilization. Informational Conference with Dairy and Forage Industries. US Dairy Forage Research Center. Madison, WI.65-71.
- Broadi, D., and D. Wittenberg. 2002. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Can. J. Anim. Sci.* 84:319–335.
- Chase, L.E. (2006) How much methane do cows emit. In *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, Syracuse, NY. Pp.219-226.
- Ellis, J. L., E. Kebreab, N. E. Odongo, B. W. McBride, E. K. Okine, and J. France. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *J. Dairy Sci.* 90:3456–3466.
- Hageman, A., L. McNaughton, H. Clark, C. Greaves, J. M. Gowan, C. Pinares-Patino, D. Dalley, B. Vlaming, and G. Molano. 2011. Methane emissions from grazing Jersey × Friesian dairy cows in mid lactation. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:230–233.
- Hristov, A. N., W.J. Price and B. Shaffi. 2004. A met analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake, and milk and milk proteinyield in dairy cows. *J. Dairy sci.* 87:2184-2196.
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2483–2492.
- Kinsman R, Sauer FD, Jackson HA, Wolynetz, MS. Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*, 1995; 78 (12): 2760-2766
- Martin, C., J. Rouel, J. P. Jouany, M. Doreau, and Y. Chilliard. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J. Anim. Sci.* 86:2642–2650.
- Mills, J.A.N., E. Krebreab., C.M. Yates., A.A. Crompton., S.B. Cammell., M.S. Dhanoa., R.E. Agnew y J. France. 2003. Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cows. *J. Anim. Sci.* 81:3141-3150.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oleggini, AR., K. Breinhild, W. Scott, H. M. Golder, E.Block, and I.J. Lean. 2001. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 95:3225-3247.
- Ramin, S. M. Huhtanen, T. A. McAllister, and K. A. Beauchemin. 2013. Linseed suppresses enteric methane emissions from cattle fed barley silage, but not from those fed grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167:321–329.
- Sauer, S. 1998. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75:345–357.
- Shaver, R. and P. Hoffman. 2010. Use of straw in dairy cattle diets. *Focus on forage.* UWEX.2(2):1-2.

UTILIZACIÓN DE FORRAJES EN LAS DIETAS PARA GANADO BOVINO LECHERO EN LA COMARCA LAGUNERA

**Jorge Alberto Granados Niño¹, Gregorio Núñez Hernández¹
y Jesús Granados García¹**

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32 Venecia, Durango. México.

imi_granados@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del norte de México, con un inventario de 439,260 cabezas de ganado de las cuales la Región lagunera de Durango aporta 223,367 cabezas de ganado las cuales equivalen al 50.85% y la Región lagunera de Coahuila 215,893 cabezas de ganado que equivalen al 49.51%. Como estados ocupan el 3° y 4° lugar respectivamente con 250,973 para Durango y 242,188 para Coahuila. A nivel nacional Durango representa el 10.41% y Coahuila el 10.05%. Valores de la producción en (miles de litros) a nivel nacional, Coahuila representa el 2° con 1,327,471 que equivale al 12.11% nacional y Durango representa 3° con 1,017,020 que equivale al 9.27% Nacional. (SIAP- SAGARPA 2013). De esta manera se entiende que esta región demanda suficiente alimento, el cual se sabe que los forrajes son la base de la alimentación del ganado lechero, por lo que se requiere producir forrajes en cantidad y calidad nutricional para satisfacer la demanda del ható regional. Los forrajes, son alimentos por naturaleza para animales rumiantes como el ganado lechero debido a que éstos pueden digerir compuestos fibrosos. La fibra es el principal componente de los forrajes seguido de carbohidratos no fibrosos. Con excepción de la alfalfa u otras leguminosas, normalmente los forrajes son regulares o bajos en su contenido de proteína. La inclusión de los forrajes en las raciones permite suministrar nutrientes más baratos, optimizar la fermentación y digestión de los alimentos en el rumen, así como obtener una buena producción y contenido de grasa de la leche. La calidad nutricional de los forrajes se determina en gran medida a partir de la interpretación de análisis de laboratorio de composición química y digestibilidad con relación al consumo, disponibilidad, utilización de nutrientes y producción del ganado (Allen, 1996).

El contenido de proteína cruda considera aminoácidos y nitrógeno no proteico. La fibra de los forrajes se evalúa como fibra detergente neutro y está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina (pared celular de los forrajes). Este componente de los forrajes es menos digestible que la proteína, carbohidratos no fibrosos, y grasa (contenido celular de los forrajes). El contenido de fibra es importante porque afecta negativamente el consumo, promueve la rumia, evita la acidez en el rumen y es fuente de energía. Los carbohidratos no fibrosos son azúcares, almidón

y pectinas. Los carbohidratos no fibrosos se degradan rápidamente en el rumen, proporcionando energía a los microorganismos del rumen, pero en exceso pueden causar acidosis en el mismo. El contenido de energía de los alimentos no se puede medir, por lo que se estima a través de diferentes métodos. El método más común es a través del total de nutrientes digestibles (Weiss *et al.*, 1992). En el caso de ganado lechero, esta estimación se convierte a energía neta de lactancia (Núñez *et al.*, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la Comarca Lagunera con la colaboración de diez establos, seis en el estado de Coahuila y cuatro en el estado de Durango. El periodo de muestreo fue del 23 de Abril al 15 de noviembre de 2013. El procedimiento fue el siguiente: En cada establo se tomaron tres muestras al azar de aproximadamente 800 gr de cada uno de los forrajes que se utilizan en las raciones de los diferentes grupos de ganado. Las muestras se pesaron inmediatamente con una báscula digital, se identificaron y se trasladaron al campo experimental la Laguna. Se secaron al sol por dos días y después en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 horas hasta peso constante. Las muestras de forrajes muestreadas corresponden a ensilado de maíz usado en la alimentación de ganado en producción y para uso general, alfalfa de primera y segunda calidad, ensilado de avena, avena verde, ensilado de alfalfa, heno de avena, ensilado de sorgo y rastrojos. En todas las muestras se determinó porcentaje de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, carbohidratos no fibrosos, almidón, grasa, lignina, digestibilidad de la fibra y energía neta de lactancia mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano previamente calibrado (NIR). En todas las raciones se cuantificaron los ingredientes que componen las raciones así como el porcentaje de materia seca que representan los diferentes forrajes.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Figura 1 se muestran los forrajes, así como su relación forraje:concentrado en las raciones usadas en las explotaciones lecheras estabuladas. Las vacas productoras y becerras consumen menos del 50 % de forraje en sus raciones. Las vaquillas y vacas secas consumen más del 80 % de forrajes en sus raciones. Los henos de alfalfa y el ensilado de maíz son utilizados principalmente en vacas en producción y becerras. El ensilado y heno de avena es empleado en vaquillas y becerras. El ensilado de sorgo se emplea principalmente en vaquillas mayores de 1 año y vacas secas y en menor porcentaje en vacas en producción.

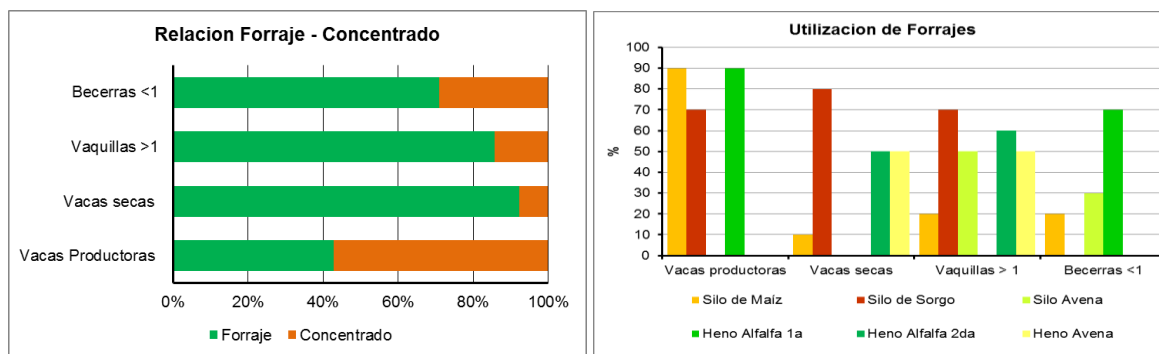


Figura 1. Utilización de forrajes y su relación forraje concentrado en las raciones para los diferentes tipos de ganado en las explotaciones lecheras en la Región Lagunera.

En el Cuadro 1 se presentan los análisis de las variables de calidad nutricional de los forrajes utilizados en las explotaciones lecheras. La alfalfa fue el único forraje con alto contenido de proteína (22.1 ± 1.2 %) y energía neta de lactancia (1.4 ± 0.01 Mcal kg^{-1} de MS). Los ensilados de maíz fueron forrajes más energéticos (1.3 ± 0.01 Mcal kg^{-1} de MS) que los henos de avena (1.2 ± 0.01 Mcal kg^{-1} de MS), ensilados de avena (1.2 ± 0.02 Mcal kg^{-1} de MS) y sorgo (1.2 ± 0.01 Mcal kg^{-1} de MS). Se observó que existe una amplia variación en la energía neta de lactancia sobre todo en el caso del ensilado de maíz. Además, la alfalfa tuvo menores contenidos de fibra detergente neutro (38.6 ± 0.07 %) que el ensilado de maíz (50.7 ± 7.2 %) y heno de avena (52.7 ± 2.1 %). El ensilado de sorgo tuvo mayores contenidos de fibra neutro detergente (63.2 ± 4.7 %) que los forrajes mencionados. Los rastrojos se caracterizaron por su contenido bajo de proteína cruda (5.2 ± 0.8 %), contenido alto de fibra (74.6 ± 2.7 %) y contenido bajo de energía (1.01 ± 0.01 Mcal kg^{-1} de MS).

Como resultados finales del muestreo en establos de la Comarca Lagunera se obtuvo que los consumos de materia seca por día, para ganado bovino productor de leche en sus diferentes clase se comporta de la siguiente manera; mostradas en la Figura 2. Vacas en producción 21.79 Kg/Ms, vacas secas 11.13 Kg/Ms, vaquillas 9.05 Kg/Ms y 3.81 Kg/Ms en becerras.

Cuadro 1. Composición química, digestibilidad de la fibra, energía neta y calidad relativa de forrajes en explotaciones lecheras en la Comarca Lagunera.

	PC	FDA, %	FDN, %	LIG, %	DFDN	CNF	ALM, %	ENL	CRF
Alfalfa 1era	22.1±1.2	33.7±1.4	38.6±0.7	5.5±0.4	43.3±5.0	29.1±1.9	2.5±0.9	1.4±0.01	148.9±12.1
Alfalfa 2da	20.2±1.5	37.2±1.7	42.2±2.5	6.2±0.6	39.2±2.6	28.9±0.7	2.1±0.8	1.3±0.01	125.8±10.0
Ensilado de maíz	10.5±0.8	34.8±6.4	50.7±7.2	5.9±1.1	46.1±3.0	27.8±9.4	18.4±10.8	1.3±0.02	121.0±20.5
Ensilado de avena	10.5±0.5	40.0±4.0	60.1±5.8	5.3±1.0	52.7±4.6	15.4±4.6	3.0±2.5	1.2±0.02	114.0±29
Heno de avena	11.1±1.7	41.1±4.5	52.7±2.1	4.4±1.3	45.2±9.8	20.5±5.1	4.1±2.3	1.2±0.01	104.0±21.4
Ensilado de sorgo	8.1±1.3	42.9±2.6	63.2±4.7	5.1±0.3	53.6±1.3	18.3±4.3	12.1±4.3	1.2±0.01	97.8±6.8
Rastrojos	5.2±0.8	51.9±4.0	74.6±2.7	7.2±1.8	42.5±3.1	7.7±4.9	2.0±1.1	1.0±0.01	51.8±16.1

PC-Proteína cruda; FDA-Fibra detergente ácido; FDN-Fibra detergente neutro; Lig-Lignina; DFND-Digestibilidad de la FDN; CNF-Carbohidratos no fibrosos; ALM-Almidón; ENI-Energía neta de lactancia, Mcal/kg de MS; CRF-Calidad relativa de forraje.

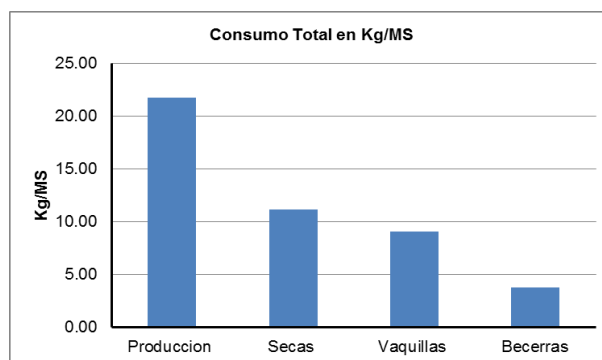


Figura 2. Consumo total en kilogramos de materia seca por grupo de ganado bovino lechero en la Comarca Lagunera en el 2013.

En la Figura 3 se muestra la relación forraje-concentrado donde se obtuvo que las vacas en producción consumen en promedio 9.48 kg/Ms de forraje que equivale al 45.20% del consumo total. En el resto el consumo de forrajes es mayor al concentrado con 9.82 kilogramos de materia seca 89.28% en vacas secas, 7.82 kilogramos de materia seca equivale al 87.02% en vaquillas y 1.75 kilogramos de materia seca que equivalen al 48.21% en becerras. Con esto

podemos interpretar que en la fase de crecimiento y desarrollo el porcentaje de forraje en la dieta es mayor al 80% y en vacas en producción el porcentaje de forraje en la dieta es de un 40% y el 60% esta complementado de suplementos (concentrados, semillas, granos, grasas etc.).

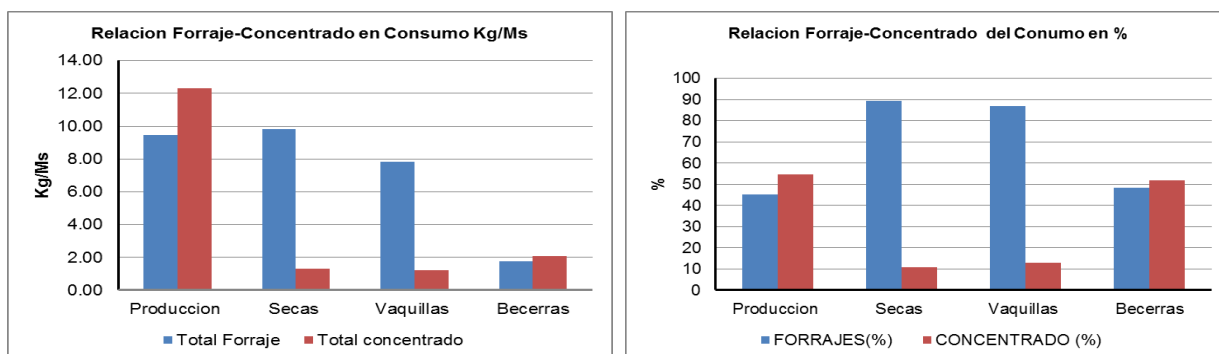
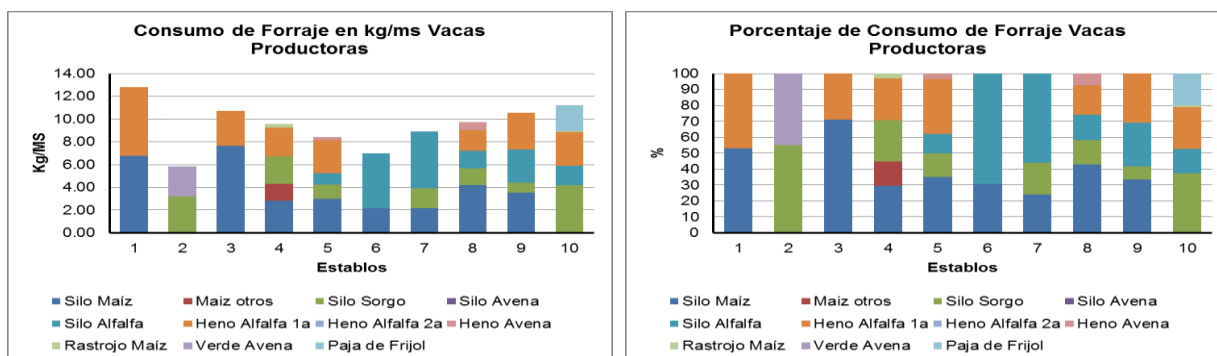


Figura 3. Forraje concentrado en las raciones y su relación con el consumo de materia seca, en vacas en producción, vacas secas, vaquillas y becerras.

En el presente trabajo se obtuvo información de los diferentes forrajes utilizados en los establos lecheros donde se observó, que los más usados son; el ensilado de maíz, henos de alfalfa y ensilado de sorgo hasta los menos utilizados como rastrojos y pajas de frijol. En la Figura 4 se muestra el consumo de vacas productoras y se observan establos que solo utilizan dos forrajes en sus dietas y otros suministran hasta 4 forrajes diferentes pero los más utilizados son ensilado de maíz con hasta 7.63 kilogramos de materia seca, henos de alfalfa 6.00 kilogramos de materia seca, y ensilaje de sorgo 4.19, remarcando que en vacas en producción el consumo de forrajes es de un 40% del total de la dieta suministrada al día.



En la Figura 4 se muestra en kilogramos de materia seca de forraje y lo que representa en por ciento la parte de forraje dentro de la dieta.

En la figura 5 se puede observar que para complementar la dieta de vacas secas se utilizan forrajes de baja calidad y existe menos variación en utilización de forrajes en los diferentes establos, encontrando consumos de materia seca por vaca día de ensilado de sorgo hasta 7.18 kilogramos, alfalfa de segunda con hasta 6.65 kilogramos, henos de avena 4.58 kilogramos y rastrojos 2.02 kilogramos. En este grupo de animales el consumo en materia seca es de cerca del 50% de lo que consumen en producción de leche, ya que solo es para llenar los requerimientos de mantenimiento y gestación del ganado por lo que se usan forrajes de media a baja calidad.

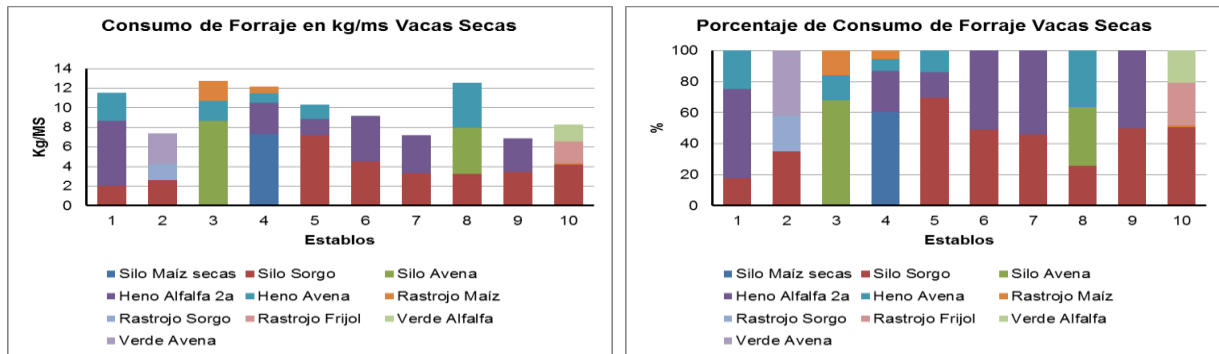


Figura 5. Consumo de forraje en kilogramos de materia seca y en porcentaje en vacas secas.

Por otra parte el forraje suministrado a vaquillas mayores a un año como se muestra en la Figura 6 es de mejor calidad que el de vacas secas, pero de menor calidad que el de vacas en producción por tanto este grupo tiende a consumir en mayor cantidad henos de alfalfa de segunda con consumos de materia seca de hasta 5.60 kilogramos, ensilado de sorgo 5.75 kilogramos y heno de avena con 2.75 kilogramos, cabe destacar que el consumo de forrajes varía dependiendo de la disponibilidad, precio y época del año.

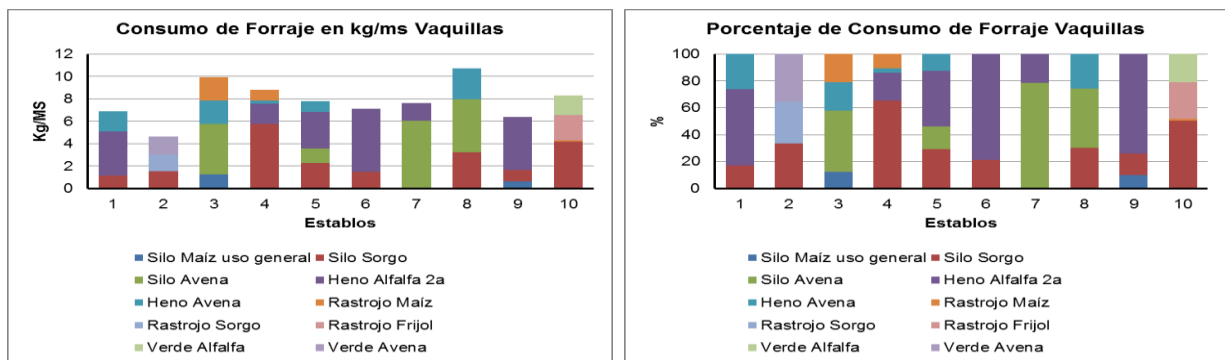


Figura 6. Consumo de forraje en kilogramos de materia seca y en porcentaje en vaquillas

Para el caso de las becerras Figura 7 el resultado de consumo se encontró que en promedio es de 3.81 kilogramos de materia seca por día mayormente constituido por heno de alfalfa de primera calidad hasta con 2.83 kilogramos de materia seca, seguido del ensilado de avena 1.46 kilogramos de materia seca y al final con ensilado de maíz y/o sorgo que va hasta 0.74 y 0.47 kilogramos de materia seca, respectivamente. El forraje que reciben las becerras en crecimiento es similar al de vacas en producción para favorecer el óptimo crecimiento y desarrollo, ya que son el reemplazo o el futuro del establo lechero.

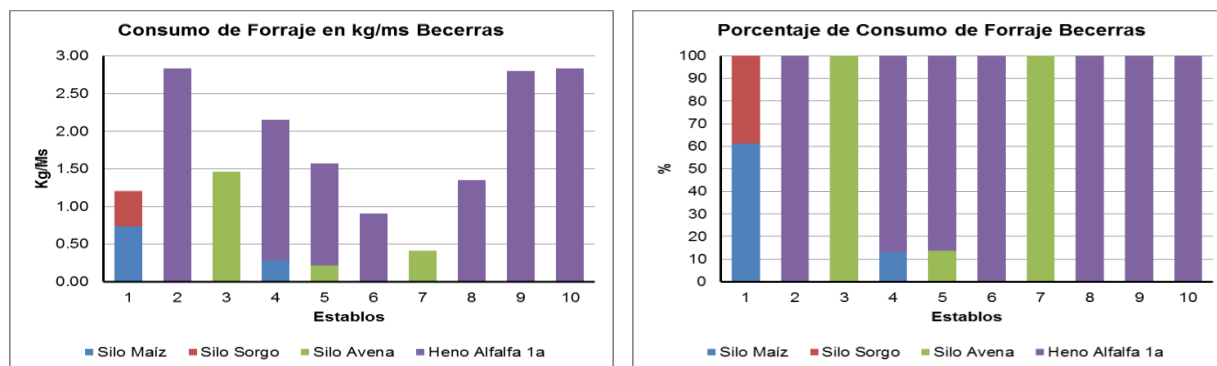


Figura 7. Consumo de forraje en kilogramos de materia seca y en porcentaje en Becerras

CONCLUSIONES

Cada forraje tiene variaciones de una explotación lechera a otra dentro de una misma región donde sus condiciones son similares. Sin embargo, esto puede ser ocasionado por el manejo que se le da a cada cultivo forrajero.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M. S. 1996. Relationship between forage quality and dairy cattle production. *Animal Feed Science Technology*. 59: p. 51-60.
- Núñez, H.G., U. Figueroa. V., Y. I. Chew, M., M. Ramírez D., J. I. Reyes, D.G. Reta, S., R. Faz, C., E.S. Osuna, C., E. Castro, M. 2009: Producción y aprovechamiento de forrajes. Núñez, H,G, A. Díaz, J. Espinosa G., L. Ortega R., L. Hernández A., H. Vera A., H. Román P., M. Medina C., F. Ruíz L. Eds. Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. México. INIFAP.373 p.
- SIAP-SAGARPA, 2013. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Delegación Comarca Lagunera.
- Weiss, W. P., H. R. Conrad, and N. R. St.Pierre. 1992. A Theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*. 39:95-110.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL ESTRATO HERBÁCEO EN DIFERENTES PREDIOS DE AGOSTADERO DEL ESTADO DE DURANGO

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán^{1*}, Edmundo Castellanos-Pérez¹, Juan José Martínez-Ríos¹, J. Santos Serrato-Corona¹, Amaury Esquivel-Romo¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Ej. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. *E-mail:ulisesnoelg@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de los ecosistemas de pastizal es de gran importancia para poder determinar el estado de salud o condición que guardan, ya que en la mayoría de los casos presentan algún tipo de deterioro, ocasionado entre otras causas por sobreutilización en actividades de ganadería extensiva. Existen diferentes indicadores de la salud de los ecosistemas, entre ellos la producción de biomasa y la cobertura vegetal relacionados con la vegetación (Pellant *et al.*, 2005).

Desde una perspectiva aplicada, las estimaciones de la producción de biomasa se utilizan para determinar las tasas de disponibilidad de forraje para el ganado y las poblaciones de vida silvestre (Byrne *et al.*, 2011). Esta evaluación de la vegetación de las tierras de pastoreo es esencial para diagnosticar y planificar su aprovechamiento, la producción primaria neta aérea es la cantidad de biomasa de la planta sobre el suelo a lo largo de un período de tiempo específico, ésta es un atributo importante de los ecosistemas y su cuantificación es un objetivo frecuente del manejo de pastizales (Sala y Austin, 2000).

Sin embargo, los resultados de la combinación de una mezcla única de especies vegetales y de los factores ambientales tales como tipo de suelo, nutrientes del suelo, disponibilidad de agua, efectos climáticos, altitud y las prácticas de utilización hacen que cada sitio de pastizal difiera de otro; tanto en la dinámica estacional como en la producción de biomasa (Baumont *et al.*, 2008; Cop *et al.*, 2009).

El Coeficiente de agostadero se refiere a la superficie necesaria para mantener una unidad animal durante un año sin deterioro de la vegetación, y está en función de la condición del agostadero. Para el estado de Durango, la COTECOCA-SAGARPA (2009) determinó que dicho coeficiente varió entre 4.50 y 41.44 hectáreas, esto nos indica que existe un rango amplio entre la condición de los diferentes agostaderos del estado; que podría ser por un lado el potencial productivo de los sitios particulares y las diferentes prácticas de utilización.

Cualquier programa sobre la utilización y manejo de estas áreas, debe estar basado en el conocimiento de la distribución temporal y espacial de la producción primaria de la vegetación (Hobbs, 1995), sin embargo las prácticas necesarias para poder hacer la estimación de éste valioso indicador, no es una actividad que se realice frecuentemente, las decisiones sobre el manejo son hechas en base a la experiencia empírica de técnicos y productores (Díaz-Solís *et al.*, 2009). Con la intención de generar información valiosa sobre la condición que guardan los ecosistemas de pastizal, el objetivo de este trabajo es evaluar la dinámica básica de crecimiento y producción de biomasa del estrato herbáceo en diferentes sitios de pastizal árido y semiárido en el norte de del estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

El trabajo de investigación se realizó en seis predios de agostadero; cinco de ellos del municipio de Hidalgo y uno en el municipio de San Pedro del Gallo; ambos del estado de Durango (Cuadro 1).

Cuadro 1. Predios de agostadero comprendidos en el estudio.

Sitio de muestreo	Municipio	Régimen	Tipo de vegetación
La Cieneguilla	Hidalgo	Propiedad privada	Pastizal mediano abierto
La Zarca	Hidalgo	Ejido	Pastizal halófilo
Agua Nueva	Hidalgo	Propiedad privada	Pastizal mediano abierto
El Mirador	Hidalgo	Propiedad privada	Pastizal mediano abierto
Urías	Hidalgo	Ejido	Pastizal mediano abierto
Apantita	S. Pedro del gallo	Propiedad privada	Ecotono Pastizal-Matorral

Caracterización del área de estudio

Los sitios de estudio se encuentran dentro del Desierto Chihuahuense, sub-provincia Sierras y Llanuras del Norte, y sub-provincia Bolsón de Mapimí. El tipo de vegetación principal es pastizal mediano abierto, las especies presentes con mayor dominancia son el zacate navajita (*Bouteloua gracilis* Willd. ex Kunth Lag. ex Griffiths) en el estrato herbáceo y asociado con los arbustos de encino-enebro (*Quercus* spp.- *Juniperus* spp.). El sitio Apantita se ubica en la zona de transición entre el área de pastizal mediano y matorral micrófilo, por lo cual presenta combinación de especies representativas de ambos tipos de vegetación (SEMARNAT, 2009).

El clima predominante es de tipo semiárido templado (BS1kw) y árido semi-cálido (BWhw), la temperatura promedio anual para el área es de 20 °C. Los sitios se encuentran en promedio en los 1880 msnm con una precipitación pluvial media de los 400 mm.

Metodología

En cada predio de agostadero se ubicaron dos transectos de 1,500 m cada uno, en forma perpendicular una de la otra, formando un eje de coordenadas sobre los cuales se distribuyeron nueve estaciones de muestreo de 10,000 m² (1 ha) cada una; espaciadas cada 200 m y en una secuencia de Norte a Sur y de Este a Oeste. Cada estación de muestreo se dividió en cuatro cuadrantes de 50 por 50 m (Figura 1).

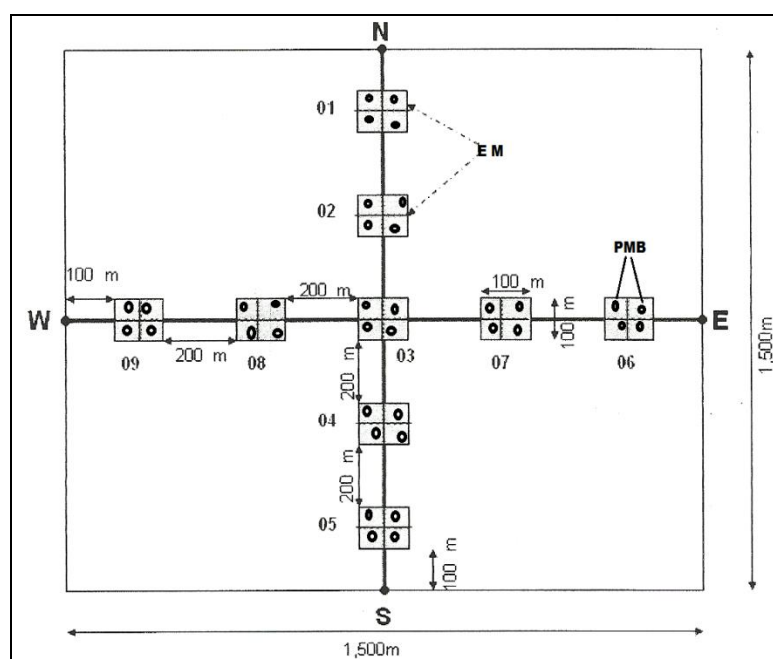


Figura 1. Representación esquemática de las unidades de muestreo utilizadas.

En cada uno de los cuatro cuadrantes de las 9 estaciones de muestreo, se determinó la producción de biomasa aérea con ayuda de un cuadrante circular de poliuretano de 1.6 m de diámetro (área de unidad de muestreo = 2.01 m²), el cual fue colocado de manera aleatoria, una vez ubicado éste se procedió a cosechar la biomasa aérea herbácea a un cm por encima del suelo, posteriormente se secó en estufa a 65°C hasta peso constante, la producción de biomasa encontrada por unidad de muestreo finalmente se expresó en gramos por metro cuadrado (g m⁻²). Fueron un total de 36 puntos de muestreo en cada una de las cinco fechas de medición durante el año de 2011 en cada uno de los 12 sitios que comprendió el estudio.

El periodo de estudio comprendió del 26 de abril en el sitio Apantita, hasta el 12 de noviembre en Agua Nueva; todas las fechas de medición durante el año de 2011 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fechas de muestreo por predio de agostadero durante el año de 2011.

Sitio de muestreo	Fechas de medición				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Apantita	26-Abr	14-Jun	29-Jul	13-Sep	06-Nov
La Cieneguilla	27-Abr	04-Jul	02-Ago	20-Sep	10-Nov
La zarca	28-Abr	06-Jun	03-Ago	21-Sep	11-Nov
El Mirador	05-May	08-Jul	10-Ago	28-Sep	13-Nov
Urías	07-May	11-Jul	25-Ago	04-Oct	27-Nov
Agua Nueva	12-May	07-Jul	04-Ago	22-Sep	12-Nov

Análisis de la información

Se creó una base de datos en el programa Excel 2010® de Microsoft Office® con los datos obtenidos, posteriormente se calcularon valores promedios por fecha de medición y se respectivos errores estándar, con los cuales se construyó histogramas para determinar la dinámica o curva de crecimiento de la vegetación a través del periodo de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa

En general, se encontró variación en la dinámica estacional de la producción de biomasa entre fechas de medición y entre predios de agostadero. La biomasa aumentó con el tiempo dentro de la estación de crecimiento a nivel de predio, los picos más altos o picos de producción en general se presentaron en los meses de julio, agosto y septiembre; coincidiendo con la temporada de lluvias de verano que ocurre entre los meses de junio a septiembre. Posteriormente en los meses de octubre y noviembre la producción de biomasa decreció notablemente (Figura 2).

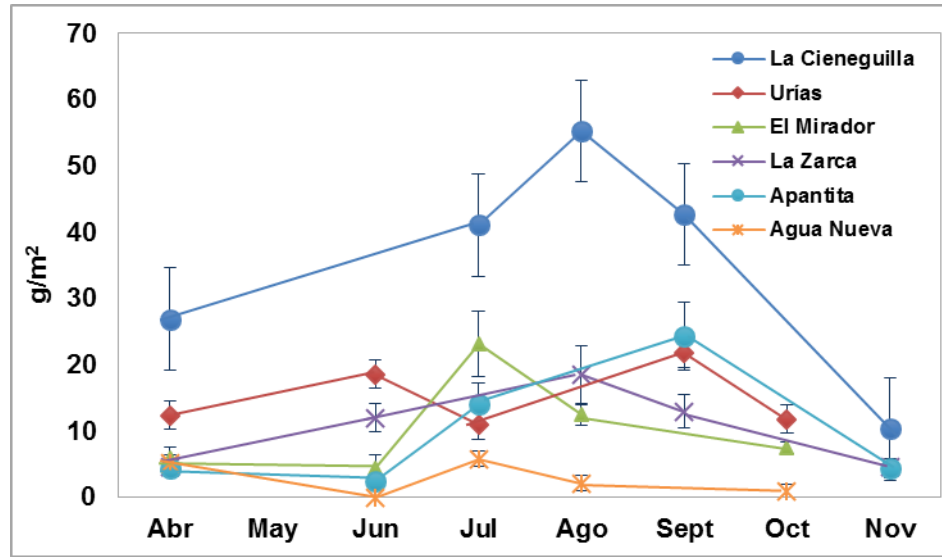


Figura 2. Comportamiento de la producción de biomasa a través del periodo de estudio.

Por otro lado, se encontraron diferencias en la producción de biomasa promedio entre sitios, se tuvo el valor más alto en el sitio La Cieneguilla con 35.23 g m^{-2} , por el contrario el sitio Agua Nueva obtuvo el valor más bajo apenas con un promedio de 2.76 g m^{-2} . Los sitios con producción semejante fueron El Mirador, La Zarca y Apantita la cual fue alrededor de 10 g m^{-2} (Figura 3).

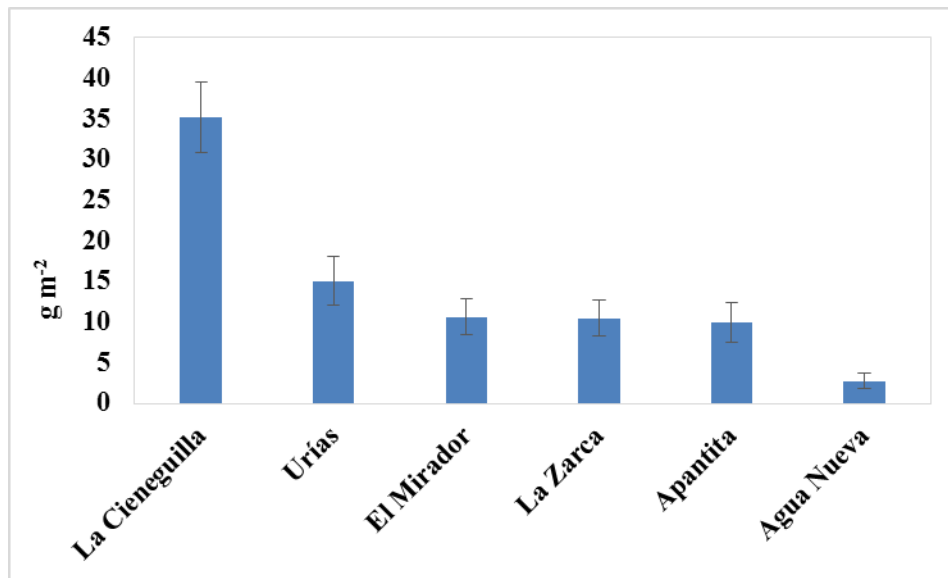


Figura 3. Producción de biomasa promedio por predio de agostadero en el año 2011.

A pesar de que los sitios se encuentran dentro del área de precipitación semejante de los 400 mm, la producción de biomasa no se comportó de manera semejante, debido posiblemente a otros factores asociados al sitio, pero en forma importante relacionado al manejo del pastoreo y a la condición del pastizal.

Las especies vegetales encontradas con mayor frecuencia en los sitios de estudio fueron gramíneas perennes amacolladas como el zacate navajita y banderita (*Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, respectivamente), en menor proporción el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) y zacate tres barbas (*Aristida pansa*) todas las especies típicas del pastizal mediano abierto.

Yahdjian y Sala (2008) mencionan que la variación en la productividad de las áreas de pastizal está directamente relacionada con la alta variabilidad de la cantidad y distribución estacional de la precipitación, y en menor grado controlada por otras variables climáticas. Sin embargo, en este estudio la variabilidad encontrada en la producción de biomasa, probablemente se deba más al uso y manejo que en la variable de precipitación.

El predio La Cieneguilla obtuvo el valor más alto de producción, el resto de los predios estuvieron por debajo de la mitad de este valor. La diferencia entre los valor alto y bajo fue de 32.47 g m⁻². La producción de biomasa de La Cieneguilla puede explicarse debido a que en el predio se han hecho acciones de restauración y mejoramiento del pastizal como el control de arbustivas (Castellanos *et al.*, 2005) y resiembra de *B. gracilis* (Castellanos *et al.*, 2012), lo cual muestra la iniciativa del productor con asesoría técnica de mejorar la producción de herbáceas forrajeras. En los otros sitios que comprendió el estudio se desconoce si se han realizado prácticas de mejoramiento del pastizal.

CONCLUSIONES

- En general, los picos máximos de producción de biomasa se presentaron en los meses de julio, agosto y septiembre; coincidiendo con el periodo de precipitaciones.
- Se encontró variabilidad en la producción de biomasa en los diferentes predios de agostadero en igualdad de cantidad de precipitación recibida, lo cual supone que dicha variabilidad podría deberse más a los planes de manejo y utilización propios de cada sitio en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Baumont, R., Aufrere J., Niderkorn V., Andueza D., Surault F., Peccatte J.R., Delaby L. And Pelletier P. 2008. Specific diversity in forages: its consequences on the feeding value. *Fourrages*, 194, 189–206.
- Byrne, M. K., Lauenroth W. K., Adler P. B., and Byrne C. M. 2011. Estimating aboveground net primary production in grassland: A comparison of nondestructive methods. *Rangeland Ecology & Management* 64(5):498-505. Doi:<http://dx.doi.org/10.2111/REM-D-10-00145.1>
- Castellanos P., E., J. J. Quiñones V., C. M. Valencia C., J.J. Martínez R. 2005. Costo económico del control de gatuño (*Mimosa biuncifera*) a diferentes densidades y cobertura aérea. Memoria de la XVII Semana Internacional de Agronomía. Gómez palacio, Dgo. México. pp. 427-431.
- Castellanos P., E., A. Romo E., J. S. Serrato C. y J.J. Quiñones V. 2012. Siembra de *Bouteloua gracilis* en tres sitios de pastizal de Durango. *Agrofaz* Vol. 12 No. 1. pp 39-44.
- Cop, J., Vidrih M. And Hacin J. 2009. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and Forage Science*, 64, 454–465.
- Díaz, R. A., E. Flores A., A. De Luna J., J. J. Luna R., J. T. Frías H., V. Olalde P. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Melinis repens*. *Rev Mex Cienc Pec* 2012;3(1):33-47.
- Díaz-Solís, H., W.E. Grant, M.M. Kothmann, W.R. Teague, J.A. Díaz-García. 2009. Adaptive management of stocking rates to reduce effects of drought on cow calf production systems in semi-arid rangelands. *Agricultural Systems* 100 (1): 43-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2008.12.007>
- Hobbs, T. J. 1995. The use of NOAA-AVHRR NDVI data to assess herbage production in the arid rangelands of Central Australia. *International Journal of Remote Sensing* 16: 1289- 1302
- Holecheck, J. L, Pieper R.D., Herbel C.H. 2001. Range management, principles and practices. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Pellant, M., P. Shaver, D. Pyke, y J. Herrich. 2005. Interpreting Indicators of Rangeland Health. USDA-BLM. Technical Reference No. 1734-6. Vol. 4
- Sala, O.E. & Austin, A. 2000. Methods of estimating Aboveground Net Primary Productivity. En *Methods in Ecosystem Science*. Pp 31-43, Sala O. E., Jackson, R.B., Mooney H.A. & Howard, R.H. (Eds), Springer, New York.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009). El Medio Ambiente en México 2009: en Resumen. Mexico. 51 pp. Disponible en PDF en: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sniarn/index_informes.html
- Vermeire, L. T., R. K. Heitschmidt, M. J. Rinella. 2009. Primary Productivity and Precipitation-Use Efficiency in Mixed-Grass Prairie: A Comparison of Northern and Southern US Sites. *Rangeland Ecology & Management*, 62(3):230-239. 2009. Published By: Society for Range Management DOI: <http://dx.doi.org/10.2111/07-140R2.1>
- Wight, J.R., Hanson C. L, Whitmer D. 1984. Using weather records with a forage production model to forecast range forage production. *J Range Manage* 1984;37:3-6.
- Yahdjian, L., and O. E. Sala. 2008. Climate Change Impacts on South American Rangelands. *Rangelands*. Doi: 10.2111/1551-501X(2008)30[34:CCIOSA] 2.0.CO;2.

DESEMPEÑO MORFOLÓGICO DE PLANTULAS DE *Pinus engelmannii* CARR. EN RESPUESTA AL PREACONDICIONAMIENTO CON DIFERENTES CONDICIONES DE LUZ EN VIVERO

Selma Raquel Claro Ramos^a Sergio Rosales Mata ^b, Erickson Basabe Villalobos ^b, Homero Sarmiento López ^b, Rigoberto Caldera Galindo ^b.

^a Facultad de Ciencias Forestales-UJED, ^b Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP. Durango, Durango, México.
raquel.raquelmat.claro@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En México anualmente se deforestan cerca de 400,000 ha por causas diversas, esto hace que los programas de reforestación sean cada vez más importantes. Para lograr que las reforestaciones prosperen, es necesario desarrollar en forma apropiada las actividades en el proceso técnico, tales como: selección, recolecta y manejo del germoplasma, producción de planta, así como el transporte y establecimiento de la plántula en los sitios de plantación (Prieto *et al.*, 2012).

Las plantaciones son la principal estrategia hasta el momento para restituir los sitios afectados directamente por la deforestación, por lo que es primordial asegurar que estas sea exitosas en supervivencia y crecimiento (Sáenz *et al.*, 2013).

Pese a que en muchas de las acciones realizadas existen resultados positivos, continua el deterioro a los recursos forestales, los porcentajes de supervivencia en plantaciones forestales al año de plantado aún son reducidas con tasas menores a 55 %, siendo una de las principales causas la baja calidad de la planta, ya que el manejo y las prácticas que se le dé en vivero condicionan el desempeño que ésta tendrá en campo (García-Pérez *et al.*, 2015).

El preacondicionamiento es una etapa fundamental de la planta antes de salir del vivero ya que las prepara para las condiciones adversas que puedan presentarse en campo como estrés hídrico, cambios extremos de temperatura y nutrientes disponibles, con esto se pueden asegurar altas tasas de supervivencia en plantaciones, (García-Pérez *et al.*, 2015). El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes condiciones de luz durante la etapa de preacondicionamiento en el desarrollo morfológico de *Pinus engelmannii*.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en las instalaciones del vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

(INIFAP), ubicado en el km 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo (24°01' N y 104°44' W, y 1860 msnm). Se utilizó planta de ocho meses de edad producidas en el vivero forestal del INIFAP, dentro de un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720, bajo una malla sombra de 60%. Para la producción se utilizaron charolas de poliestireno Copperblock® de 77 cavidades, con capacidad de 170 cm³ por cavidad, la mezcla de sustrato utilizada fue de 50% peat moss, 40% corteza compostada y 10% de perlita, además se añadió fertilizante granulado de lenta liberación Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses.

El trabajo de precondicionamiento se dividió en 12 tratamientos con 36 unidades experimentales, dando seguimiento durante 86 días, se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con tres repeticiones. Los tratamientos de condiciones de luz fueron seis: *Invernadero*, *Intemperie*, además de diferentes colores de Malla Sombra (MS) *Azul*, *Negra*, *Roja* y *Verde*, con dos dosis de fertilización: $T_0 = 4-25-35$ ppm de N-P-K y $T_1 = 4-25-70$ ppm de N-P-K (Cuadro 1). Se utilizaron estructuras metálicas en forma de prisma rectangular cubiertas por los diferentes colores de malla sombra, los tratamientos se distribuyeron como se muestra en la Figura 1.

Al terminar la etapa experimental a los 86 días se realizó un muestreo destructivo de 9 plantas por unidad experimental, Evaluando sus características morfológicas: altura, diámetro, longitud de raíz, biomasa verde y seca de la parte aérea y radical.. Posteriormente con los datos de las variables evaluadas obtenidas se determinaron el índice de robustez, índice de lignificación e índice de calidad de Dickson. Los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza con el paquete estadístico SAS versión 9.4.

Cuadro 5 . Tratamientos evaluados en el precondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero

Tratamiento	Factor: Condición Luz	Factor: Fertilización
1	Invernadero	T_0
2	Invernadero	T_1
3	Intemperie	T_0
4	Intemperie	T_1
5	Azul	T_0
6	Azul	T_1
7	Negra	T_0
8	Negra	T_1
9	Rojo	T_0
10	Rojo	T_1
11	Verde	T_0
12	Verde	T_1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales a las que se sometieron las plántulas de *Pinus engelmannii* durante la etapa de precondicionamiento, influyeron en las características morfológicas de estas, de acuerdo al análisis de la información obtenida de todas las variables evaluadas altura, diámetro, biomasa seca, índice de robustez, relación parte aérea-raíz, índice de lignificación e índice de calidad de Dickson, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

En la variable altura los tratamientos que estuvieron en el grupo estadístico superior fueron el 7 (Negro T₀) con 11.52 cm y el tratamiento 4 (Intemperie T₁) con 11.46 cm, mientras que en el tratamiento 2 (Invernadero T₁) se obtuvieron resultados inferiores respecto a los demás tratamientos con 7.82 cm (Figura 1).

Respecto al diámetro de cuello se observa que el tratamiento 1 (Invernadero T₀) presentó una tendencia de mayor crecimiento que el resto de los tratamientos con 6.3 mm, seguido del tratamiento 4 con 6,19 mm. Mientras que, el tratamiento 11 obtuvo un valor de 5.14 mm quedando por debajo de los demás tratamientos (Figura 2). Las plantas con diámetros mayores tienen mayor posibilidad de sobrevivir en campo, para obtener tasas de supervivencia mayores al 80 % la planta debe tener una diámetro de más de 5 mm (Prieto *et al.*, 1999).

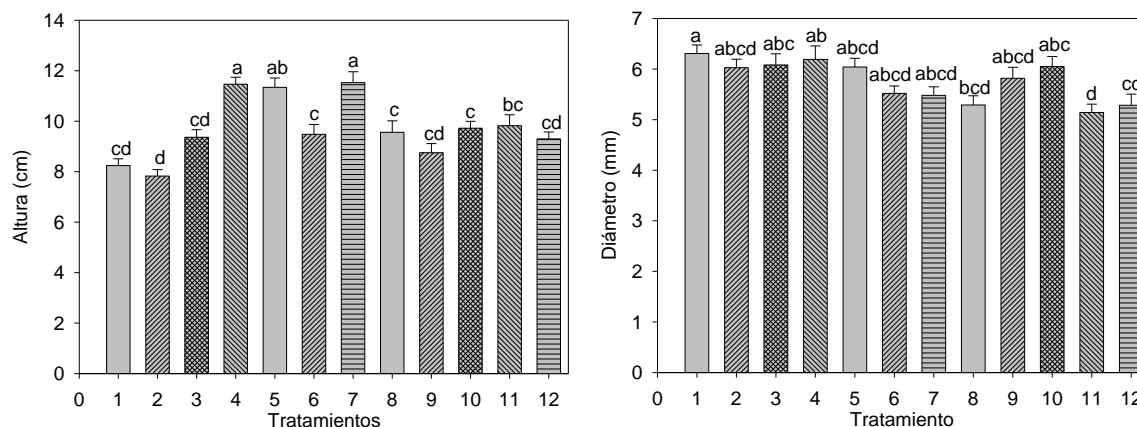


Figura 1. Crecimiento en altura y diámetro en *Pinus engelmannii* Carr. en respuesta al precondicionamiento con diferentes condiciones de luz y fertilización en vivero.

En cuanto a la asignación de biomasa el tratamiento 3 (intemperie T₀) fue superior en la producción de biomasa seca total con 5.37 gr, seguida del tratamiento 4 con 5.23 gr. En dicha variable el tratamiento 12 quedó en el grupo estadístico inferior con tan solo 3.68 gr (Figura 2).

En la biomasa seca radical los tratamientos 1 y 3 quedaron dentro del grupo estadístico superior con 1.23 gr y 1.27 gr respectivamente, mientras que el tratamiento 11 esta debajo de los valores generales en los demás tratamientos con 0.85 gr (Figura 2). Esto podría impactar en las probabilidades de supervivencia en campo, ya que entre mayor sea la biomasa radical de la planta, la posibilidad de supervivencia aumenta, ya que la raíz tiene más soporte en el suelo, permitiendo a la planta absorber adecuadamente nutrimentos (Unzueta, 2010).

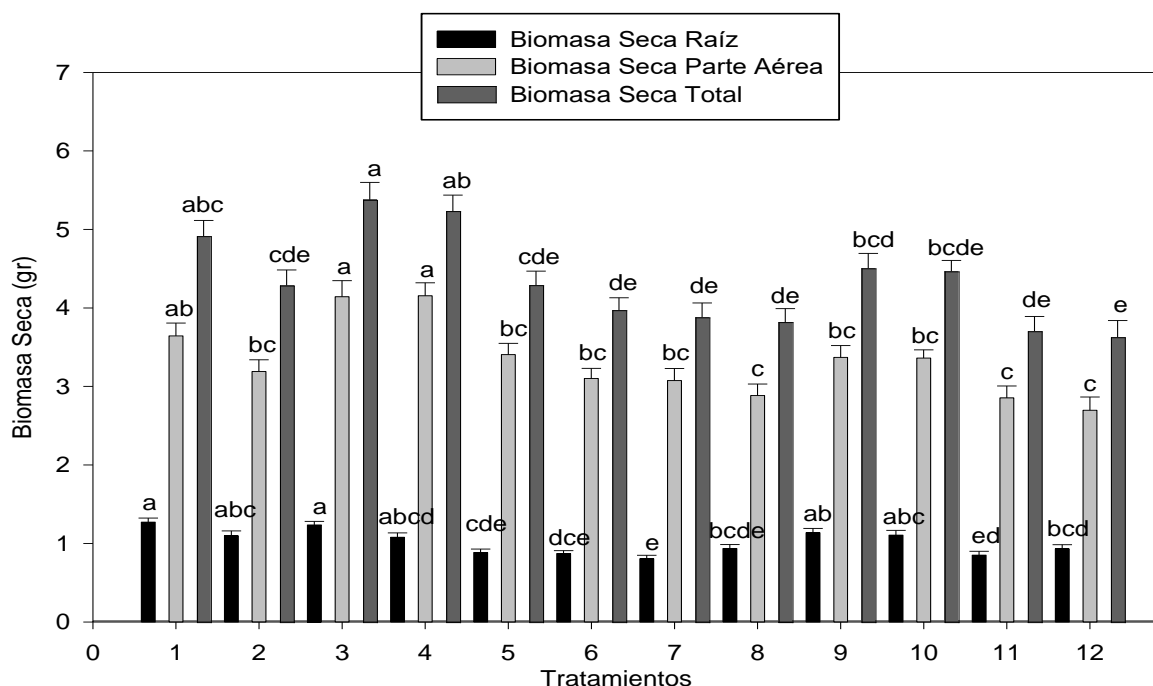


Figura 2. Producción de biomasa seca en *Pinus engelmannii* Carr. en respuesta al precondicionamiento con diferentes condiciones de luz y fertilización en vivero.

La relación parte aérea raíz varió de 2.90 a 4.11 lo que indica que todos los tratamientos la biomasa aérea es mayor que la subterránea. Según (Sáenz *et al.*, 2010) los valores recomendados para un buena relación parte aérea y radical son de 1.5 - 2.5 (Figura 3).

El índice de robustez es un indicador de resistencia y entre menor sea este valor indica que las plantas son más aptas para su establecimiento en campo; por consiguiente, todos los tratamientos presentan índices de robustez de 1.31 a 2.12. Los tratamientos 1 y 2 presentan índices de robustez de 1.32 y 1.31 respectivamente indicando mayor robustez en el tallo mientras que el tratamiento 7 con el valor de 2.12 se encuentra dentro de los valores recomendados (Figura 3).

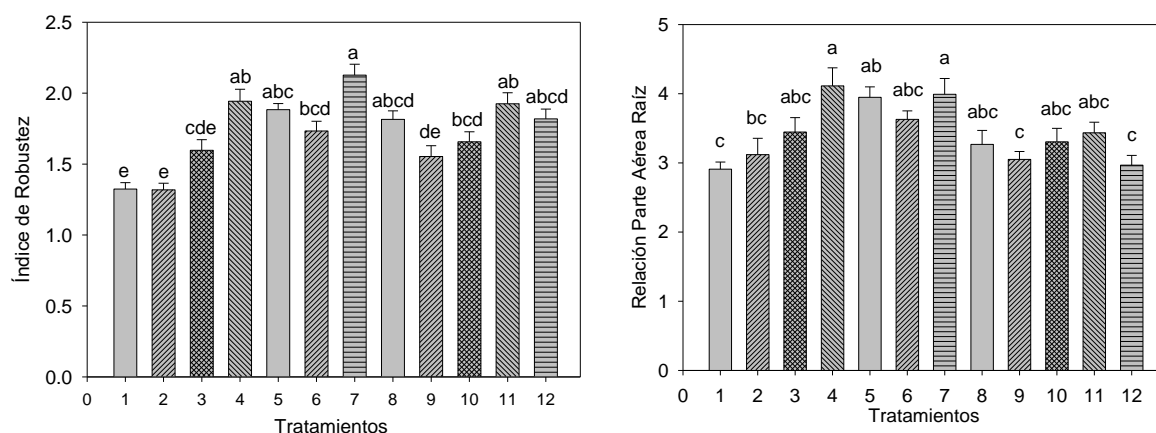


Figura 3. Índice de Robustez y Relación Parte Aérea Raíz en *Pinus engelmannii* Carr. en respuesta al preconditionamiento con diferentes condiciones de luz y fertilización en vivero.

El índice de calidad de Dickson relaciona diversas variables con la finalidad de obtener un valor único que sea representativo de la calidad de las plantas, para este trabajo se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, sobresaliendo el tratamiento 1 con 1.18, seguido de los tratamientos 3, 7 y 2 con 1.09, 1.02 y 1.01 respectivamente (Figura 4).

Respecto al índice de lignificación, los tratamientos con el valor más altos correspondieron a los tratamientos 3 y 2 con 26.10 y 25.92 % respectivamente, mientras que el valor más rezagado se obtuvo en el tratamiento 12 con 22.69% (Figura 4).

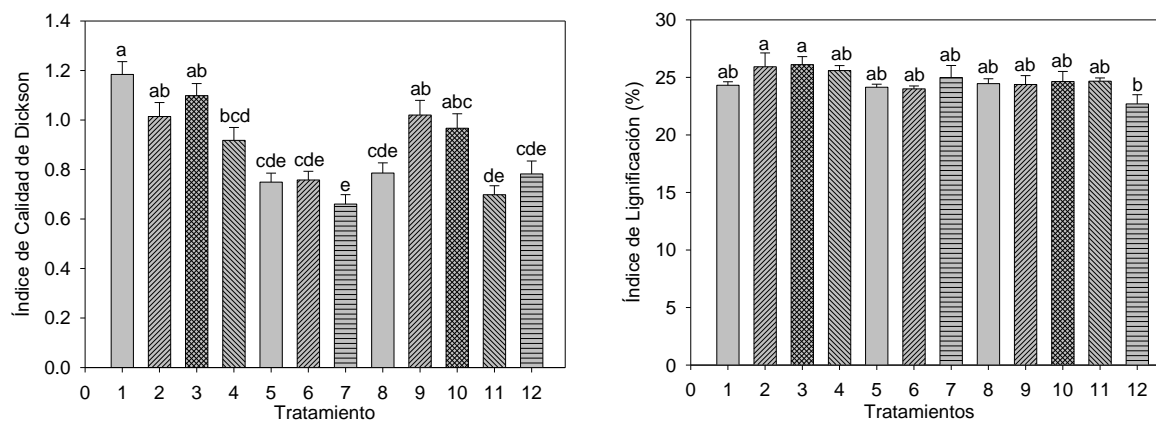


Figura 4. Índice de calidad de Dickson e Índice de Lignificación en *Pinus engelmannii* Carr. en respuesta al preconditionamiento con diferentes condiciones de luz y fertilización en vivero.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las variables morfológicas evaluadas, las condiciones de luz con malla sombras de colores y la fertilización influyeron en el crecimiento morfológico de *Pinus engelmannii* Carr. en la etapa de precondicionamiento en vivero. Se presentó una ligera tendencia positiva en la mayoría de las variables en las condiciones de invernadero e intemperie.

BIBLIOGRAFÍA

- García-Pérez., J. L; Aldrete., A; López-Upton., J; Vargas-Hernández., J. J; Prieto-Ruiz., J. A. 2015. Efecto de la condición ambiental y la fertilización en el precondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero. Revista Fitotecnia Mexicana. 38 (3): 297-298
- Prieto R. J. A, Vera., C. E; y Merlín., B. E. 1999. Factores que influyen an la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto técnico N° 12 Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. Mexico.24 p.
- Prieto R. J. A; García R., J. L; Monarrez G., C; Madrid A., R, E. 2012. Producción de planta del genero *Pinus*. Folleto técnico. N° 50. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. Mexico.44 p.
- Sáenz R., J; Villaseñor R; Muñoz F.,H; Rueda S.,A; Prieto R.,J. 2010.Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. . Folleto Técnico. N° 17. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 43 p.
- Sáenz R., J; Villaseñor R; Muñoz F., H; Rueda S., A; Prieto R., J. 2013. Evaluación de plantaciones de restauración en tres municipios del estado de Michoacán. Folleto Técnico. N° 32. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 24 p.
- Unzueta, B. E. 1985. Evaluación de diez procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en vivero, en el Valle del Guadiana, Durango. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias Forestales. UJED. Durango, Dgo. 53 p.

DESEMPEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus engelmannii* CARR. EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS

Sergio Rosales Mata ^a, Erickson Basave Villalobos ^a, Homero Sarmiento López ^a, Maihualy Martínez Fernández ^a, Rigoberto Caldera Galindo ^a

^a Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP. Durango, Durango, México
rosales.sergio@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La demanda de bienes y servicios a la sociedad ha provocado presión sobre los recursos forestales, que en la actualidad se aprovechan de forma inadecuada (Juárez, 2011). Los daños a los ecosistemas forestales se deben principalmente a actividades humanas, como actividades agropecuarias, desarrollo urbano, presencia de plagas y enfermedades e incendios forestales (Gutiérrez, 1989). Debido a estos factores, 282,485 hectáreas de bosques en el estado de Durango tienen problemas de deterioro o fragmentación (Valles *et al.*, 2011). Para revertir la degradación forestal las políticas ambientales se centran en la restauración de ecosistemas forestales mediante la reforestación, conservación de suelos y manejo de cuencas hidrológicas (CONAFOR, 2010). Sin embargo, el establecimiento inicial de una plantación es afectado por distintos factores bióticos y abióticos del sitio de plantación, condicionando el sistema de producción en vivero, la calidad de planta y la técnica de plantado (Sigala *et al.*, 2014). Pese a que cada año se plantan árboles en aproximadamente 180,000 hectáreas, las tasas anuales de mortalidad son cercanas al 45%, destacando entre las principales causas la calidad deficiente de la planta utilizada (Rosales *et al.*, 2015).

El rol de las plantaciones forestales de cualquier lote de planta destinado a reforestación, es superar satisfactoriamente la fase de establecimiento; por ello, antes de realizar una reforestación, es importante identificar los factores limitantes del área de plantación, de manera que la planta se cultive bajo el sistema de producción que proporcione los atributos necesarios para garantizar una adecuada supervivencia en el sitio de plantación (Navarro *et al.*, 2006).

Una de las principales consideraciones al establecer una reforestación es la elección de la fecha adecuada de plantación y el método de preparación del terreno, todo esto influye en la supervivencia de las plantaciones (Querejeta *et al.*, 2001) recomiendan subsolar y adicionar materia orgánica para mejorar las propiedades físicas del suelo y la disponibilidad de agua.

En las áreas forestales del estado de Durango, se han implementado acciones para incrementar la productividad mediante plantaciones forestales; en ese sentido, este tipo de investigaciones son de relevancia para conocer la respuesta en el desarrollo y supervivencia de *Pinus engelmannii* Carr aplicando diferentes abonos orgánicos en el establecimiento en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental “Valle del Guadiana”, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP) en el estado de Durango (24°01´ N y 104°44´ W, y 1860 msnm). Las plantas utilizadas fueron producidas en el vivero del mismo instituto en un invernadero con cubierta plástica de polietileno calibre 720, bajo una malla sombra de 60%. Para la producción se utilizaron charolas de poliestireno Copperblock® de 77 cavidades, con capacidad de 170 cm³ por cavidad, contaban con 13 meses de edad al momento de la plantación. Previo a la plantación se dio un paso de rastra para eliminar malezas y desmoronar el suelo.

La plantación se estableció durante el mes de octubre de 2016, con la introducción de 252 individuos en 21 unidades experimentales, el espaciamiento entre las plantas fue de 1.0 x 0.7 m sobre líneas trazadas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos de abonos orgánicos utilizados fueron tres: composta (1), corteza compostada (2) y estiércol (3), en dos dosis: Alta (A) aplicando 1 kg/planta y Baja (B) aplicando 0.5 kg/planta, además de un testigo al que no se le añadió ningún abono, los abonos se añadieron al inicio de la plantación. Se realizó una evaluación inicial de diámetro y altura por cada planta y a los nueve meses de su establecimiento se realizó nuevamente una evaluación morfológica y de supervivencia.

Con esta información se pudo obtener la tasa de crecimiento relativa (TCR) de las variables morfológicas. Las TCR fueron calculadas con la ecuación:

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

Donde, W es el valor de la variable respuesta (altura o diámetro) y T es el tiempo.

Los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza con el paquete estadístico SAS versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información recabada al noveno mes de establecida la plantación se presentó una baja supervivencia, quedando solo dos tratamientos por arriba el 50 %, estos fueron el testigo con 58.3 % y 2B (corteza-dosis baja) con 52.7 %, mientras que el tratamiento que presentó una mayor mortalidad fue el 3B (estiércol-dosis baja) con apenas un 13.8 % de plantas vivas (Figura 1).

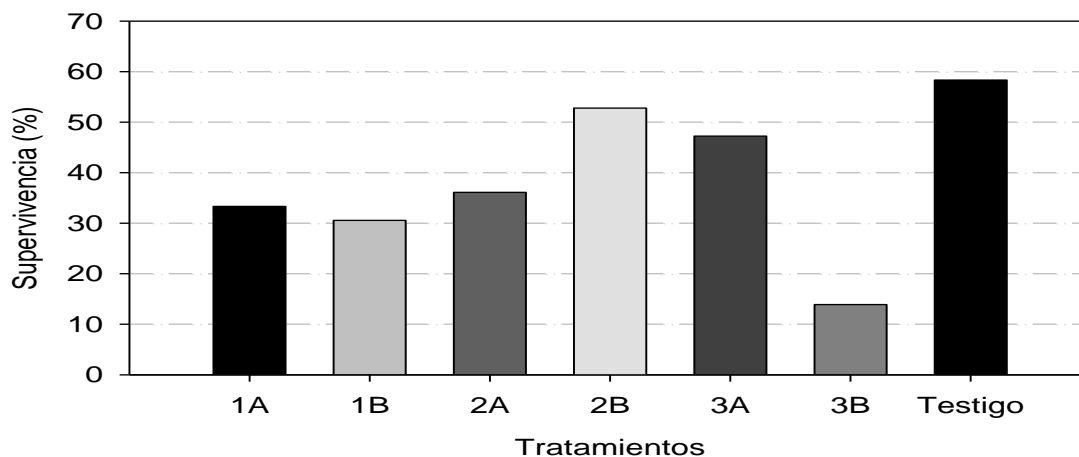


Figura 1. Supervivencia de una plantación de *Pinus engelmannii* Carr. a los nueve meses de establecida, en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos.

Respecto a los atributos morfológicos en la altura no se encontraron diferencias sobresalientes a los nueve meses de establecida la plantación, por efecto de los tratamientos de abonos orgánicos (Figuras 2a). Sin embargo, se presenta una tendencia de mayor crecimiento en las plantas que se aplicaron estiércol y corteza. Cabe notar que durante los primeros meses de plantado el crecimiento en altura estuvo entre 7.6 y 10.2 cm, lo anterior se debe a que durante las primeras fases de vida de la planta de *Pinus engelmannii* tiende a tener un estado cespitoso, lo que implica poco crecimiento en altura, con un engrosamiento notable de su tallo.

Por otro lado el diámetro presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), se aprecia una tendencia de mayor crecimiento en el tratamiento 1A (composta-dosis alta) con 13.6 mm y el tratamiento 2B (corteza-dosis baja) con 13.4 mm. Mientras que el tratamiento 3B, quedó rezagado en esta variable con 8.9 mm (Figura 2b).

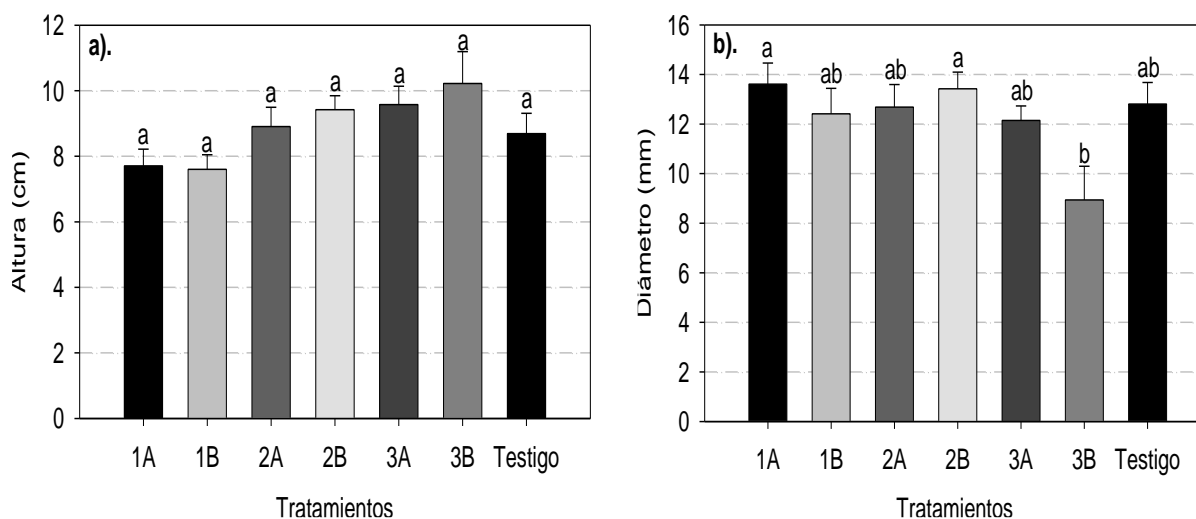


Figura 2. Crecimiento en altura y diámetro de una plantación de *Pinus engelmannii* Carr. a los nueve meses de establecida, en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos.

Estudios con diferentes especies del género *Pinus*, han demostrado que el diámetro es la variable morfológica que más incidencia tiene sobre la supervivencia durante los primeros meses de establecimiento en campo (Tsakalimi *et al.*, 2013; Sigala *et al.*, 2014).

En la TCR en altura no se encontró diferencias por efecto de los tratamientos de abonos orgánicos a los nueve meses de establecida la plantación. Sin embargo, se presenta una tendencia mayor en las plantas que se aplicó estiércol en dosis alta, con un valor de $0.027 \text{ cm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ (Figura 3a).

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la TCR diámetro a los nueve meses de establecida la plantación, donde sobresalió los tratamientos 1B y Testigo con valores de 0.061 y $0.054 \text{ mm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ respectivamente, mientras que la menor tasa de crecimiento relativo se presentó en el tratamiento al que se aplicó estiércol en dosis baja (3B) con un valor de $0.015 \text{ mm cm}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ (Figura 3b).

Cabe señalar que son pocos los estudios que reportan las tasas de crecimiento relativo en altura y diámetro, ya que estos se enfocan más en describir la tasa de crecimiento relativo en la biomasa seca de las plantas.

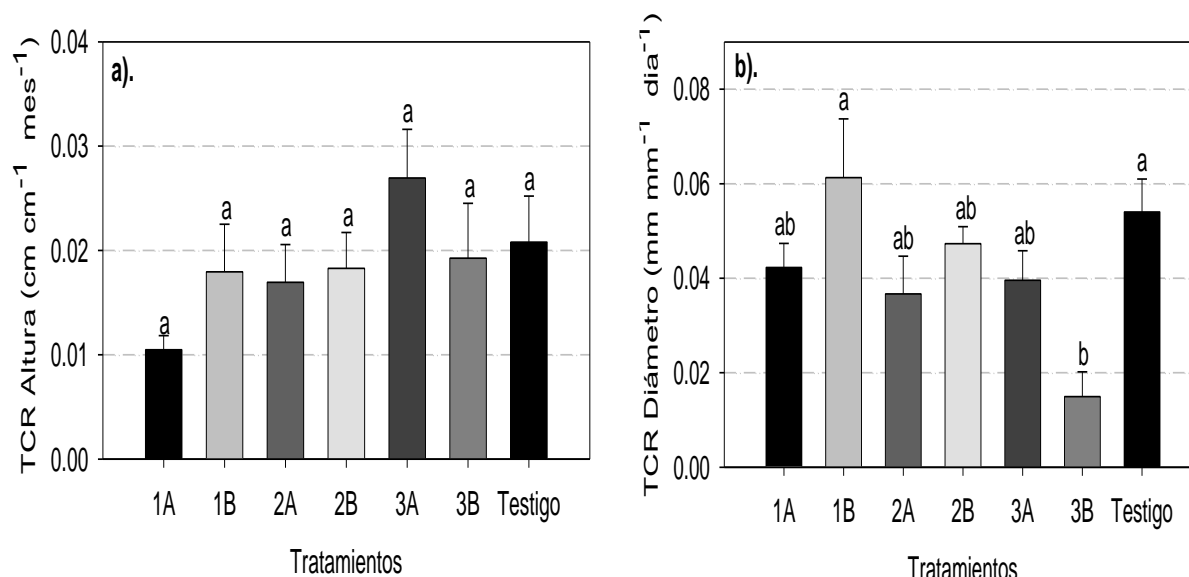


Figura 3. Tasa de Crecimiento Relativo en altura y diámetro de una plantación de *Pinus engelmannii* Carr. a los nueve meses de establecida, en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos.

CONCLUSIONES

La aplicación de abonos orgánicos durante el establecimiento de una plantación de *Pinus engelmannii* únicamente influyó en el crecimiento en diámetro y TCR diámetro de la planta, con una tendencia en los tratamientos a los que se aplicó composta; sin embargo, esta tendencia no fue clara para la supervivencia en la cual sobresalió el testigo (sin abonos orgánicos).

BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR. 2010. Prácticas de reforestación Manual básico. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. pp: 9-25.
- Gutiérrez, P. A. 1989. Conservacionismo y desarrollo del recurso forestal, Texto guía forestal. Editorial Trillas. México. 205 p.
- Juárez R. C. L. 2011. Producción de planta forestal en dos viveros tecnificados del estado de Tamaulipas 2008-2009. Memoria de experiencia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Navarro, R. M.; A. del Campo y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En: Cortina, J.; J. L. Peñuelas; J. Puértolas, R. Savé y A. Vilagrosa (eds.). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Ministerio de Medioambiente. España. pp. 31-46.
- Querejeta, J. I., A Roldán, J. Albaladejo y V. Castillo. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management* 149: 115-128.
- Rosales M, S., Prieto R, J. Á., García R, J. L., Madrid A, R. E., y Sigala R, J. Á. 2015. Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. bajo diferentes condiciones ambientales en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(27), 64-71.

- Sigala R, J. Á., Sosa P, G., H. Sarmiento L, H., S. Rosales M. 2014. Análisis de riesgos para la supervivencia de una reforestación con *Pinus arizonica engelm.* en Chihuahua, México. Revista Forestal Baracoa, 2014(33):24-32.
- Tsakalimi, M., P. Ganatsas and D. F. Jacobs. 2013. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New Forests* 44:327–339.
- Valles G. A. G., J. C. Ríos S., J. J. López H., J. M. Ibarra F., J. J. Espinoza A. y C. L. Mar T. 2011. Capítulo 4. Caracterización del sector forestal en el estado de Durango. *In: Ibarra F.,JM.; A. Pajarito R. A.G. Valles G.; J.J. Ezpinoza A. y C.L. Mar T.(comp.). Situación agropecuaria y forestal en el estado de Durango. pp:139- 174.*

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS DE REMOJO, TEMPERATURA Y ESCARIFICACIÓN EN SEMILLA DE *Agave durangensis*

Marco Antonio Ramírez Gurrola ^a, Sergio Rosales Mata ^b, Homero Sarmiento López ^b, Erickson Basave Villalobos ^b, Rigoberto Caldera Galindo ^b

^a Facultad de Ciencias Forestales-UJED, ^b Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP. Durango, Durango, México. marcofcf89@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el continente Americano se han descrito 273 especies de la familia *Agavaceae*, distribuidas desde Dakota del Norte, EUA, hasta Bolivia y Paraguay. En México se encuentran 205 especies, de las cuales 151 son endémicas, los estados con mayor distribución son, Oaxaca, Chiapas, Chihuahua Coahuila y Durango (García, 2007).

Debido a una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, las especies de la familia *Agavaceae*, se caracterizan por desarrollarse en ambientes áridos y semiáridos en suelos pobres ayudando en la retención de agua y suelo; por tal motivo juegan un papel importante en estos hábitats, ya que producen abundantes recursos con un gran valor para los habitantes de estas zonas (Rocha *et al.*, 2006).

En México el aprovechamiento del Maguey (*Agave spp.*) se remota desde las antiguas culturas indígenas como los Mayas, Aztecas, Zapotecas entre otras. El *Agave* era utilizado para distintos fines como: alimento, medicinas y usos forrajeros. Fue hasta la llegada de los Españoles, que se realizó la destilación para la fabricación de bebidas alcohólicas (García *et al.*, 2010).

El *Agave durangensis*, también conocido como “maguey cenizo” es una especie originaria del estado de Durango de gran importancia económica, ya que representa una forma de sustento para la industria regional productora de mezcal en el sur de la entidad. Sin embargo, el aprovechamiento de esta especie ha provocado una disminución cada vez más evidente de sus poblaciones naturales; por tal razón, en los últimos años se han buscado nuevas tecnologías para la producción de planta en vivero y establecimiento de plantaciones con la finalidad de satisfacer la demanda de materia prima de la industria mezcalera y minimizar la presión al recurso natural (Rosales *et al.*, 2014). Por esta razón es importante conocer el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos para encontrar el más apto en porcentaje y rapidez de germinación de semillas

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental “Valle del Guadiana”, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP) en el estado de Durango (24°01´ N y 104°44´ W, y 1860 msnm). Para los tratamientos pregerminativos se utilizó semillas provenientes de una colecta realizada en el Ejido san Francisco del Malpaís, del municipio de Nombre de Dios, Durango. se seleccionaron 400 semillas por tratamiento tomadas al azar. Antes de la aplicación de cada tratamiento se desinfectaron en una mezcla compuesta por 10% de hipoclorito de sodio (Cloralex®) y 90% de agua durante cinco minutos, se retiraron las semillas vanas y se enjuagan con agua purificada para eliminar los residuos. Posteriormente, cada tratamiento se separó en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una y se colocaron en cuadros de 20 x 30 cm de papel absorbente y estroza, para facilitar su control y evitar su contaminación se recomienda acomodarlas en 10 filas de 10 semillas, al finalizar el acomodo se enrollaron y se pusieron en una bolsa de plástico.

Las muestras colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 30°C con 90% de humedad. Para evitar el daño por hongos y bacterias se humedeció las semillas con una solución formada por fungicida Tecto 60®, o Promyl en, una proporción de 2 g/L de agua, es necesario utilizar un atomizador para humectar homogéneamente.

Los tratamientos pregerminativos utilizados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamiento pregerminativos.

TRATAMIENTOS	CONDICION
T1	Remojo de la semilla durante 24 horas
T2	Escarificación manual mediante una lija para madera de 1200 granos
T3	Remojo en agua a 30°C durante 30 segundos
T4	Remojo en agua a 60°C durante 30 segundos
T5	Remojo en agua a 90°C durante 30 segundos
T6	Testigo (sin tratamiento)

Se evaluó la germinación de los tratamientos pregerminativos durante 15 días constantes. Contando las semillas germinadas por día.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Al evaluar la velocidad de germinación de semilla de *Agave durangensis* durante 15 días constantes, se obtuvo que la germinación de los cuatro tratamientos pregerminativos, arrojando resultados significativos, entre los diferentes tratamientos evaluados.

Se observa que la germinación comienza a partir del segundo día de evaluación, elevándose al cuarto día obteniendo un mayor número de semillas germinadas en el T4 (remojo en agua a 60°C) con 157 semillas, seguido del T1 (remojo durante 24 horas) con 142 semillas germinadas, al quinto día las germinaciones fueron disminuyendo hasta llegar al día 15 con 0 semillas germinadas. El tratamiento T6 (remojo en agua a 90°C) obtuvo un total de 3 semillas germinadas durante toda la evaluación (Figura 1).

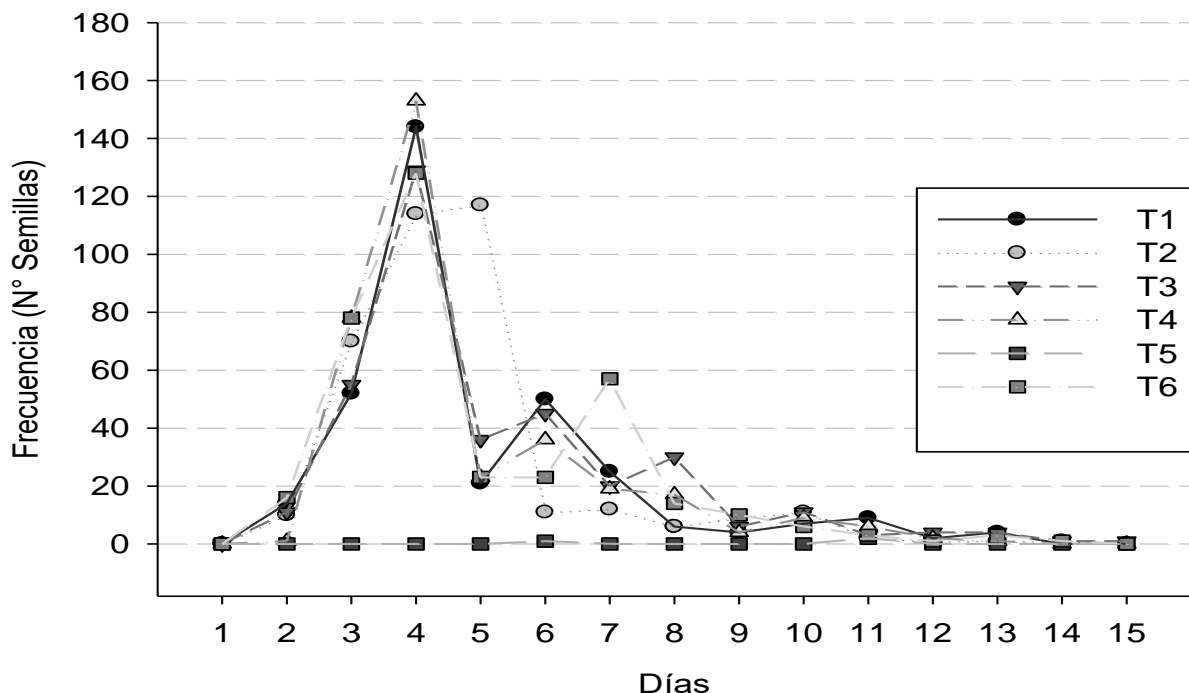


Figura 1. Histograma de frecuencia de los tratamientos pregerminativos en semilla de *Agave durangensis*.

En cuanto al porcentaje que se presentó, cada día se observó un incremento similar (excepto el tratamiento T6) hasta el cuarto día, de aquí los porcentajes entre tratamientos tuvieron variaciones. El porcentaje más alto registrado fue al cuarto día con 38.2 % en el tratamiento T4 (Figura 2).

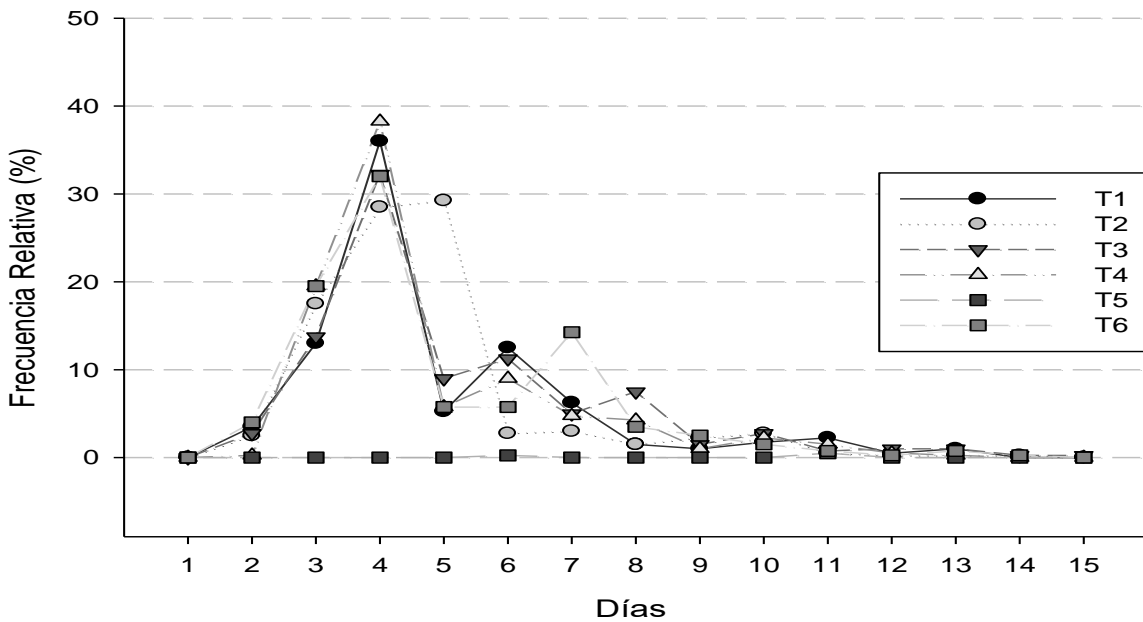


Figura 2. Histograma de frecuencia relativa de los tratamientos pregerminativos en semilla de *Agave durangensis*.

De forma general los tratamientos presentaron una gran capacidad de germinación para el cuarto día, ya que entre los días tres y cuatro para todos los tratamientos (excepto el tratamiento T6), se contabilizaron más de 100 semillas, siendo el T4 donde más número de semillas germinaron con 153. Para el día nueve se logra apreciar una estabilidad en la cantidad total de semillas germinadas por tratamiento. Al finalizar los 15 días el tratamiento que presentó un mayor número de semillas germinadas fue el T2 (Escarificación) con un total de 365 semillas, seguido del T6 (Testigo) con 363 semillas (Figura 3).

Se muestra que el T5 tuvo resultados negativos en toda la evaluación obteniendo 0.25 % de germinación. Mientras que el T2 (escarificación), T4 (remojo en agua a 60%) seguido de T1 (remojo en agua 24 horas) tienen los mayores porcentajes durante los 15 días de la evaluación con, 91, 90 y 87 % respectivamente (Figura 4).

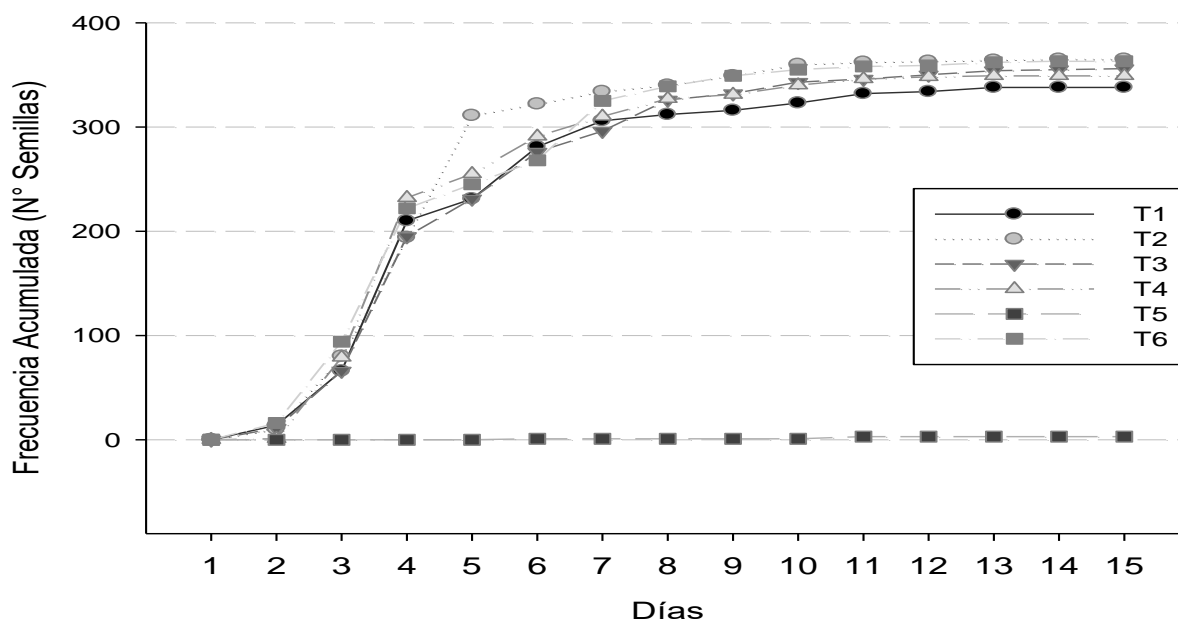


Figura 3. Histograma de frecuencia acumulada de los tratamientos pregerminativos en semilla de *Agave durangensis*.

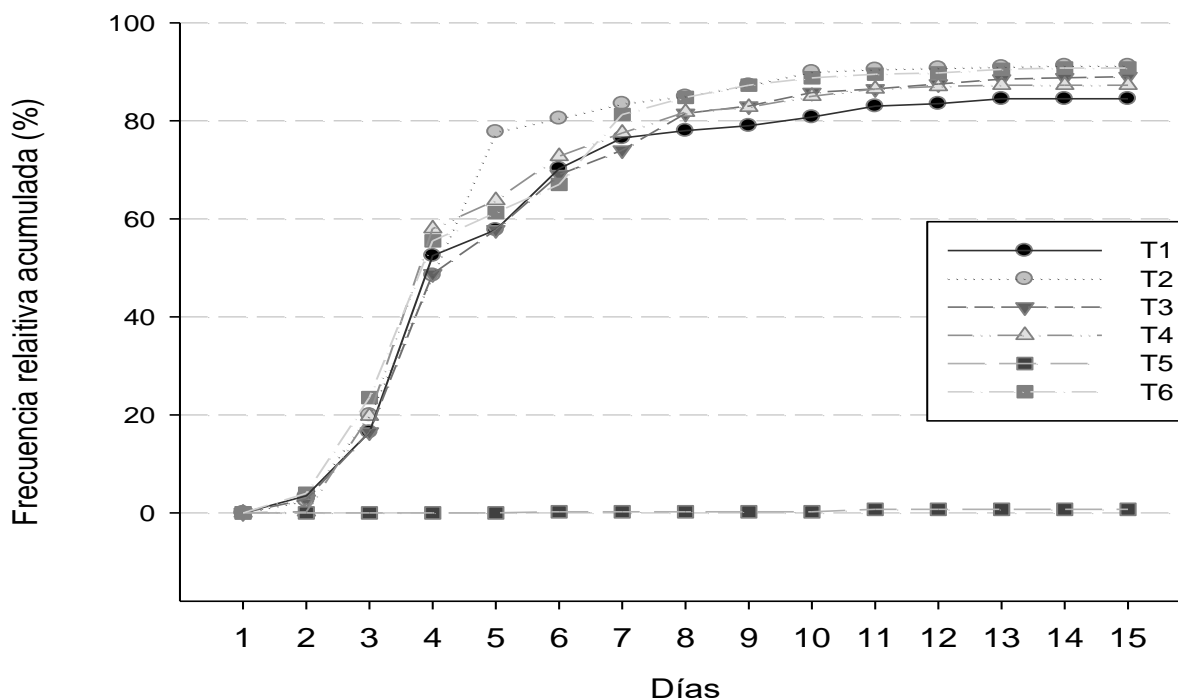


Figura 4. Histograma de frecuencia relativa acumulada de los tratamientos pregerminativos en semilla de *Agave durangensis*.

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento pregerminativo en velocidad y porcentaje es el T2 (escarificación) con un total de 365 semillas germinadas que equivalen al 91 % a los 15 días de evaluación.

Los resultados del T5 (remojo en agua a 90°C) siempre fueron negativos desde el inicio de la evaluación, concluyendo que la temperatura a la que fue expuesta provocó el cocimiento de la semilla, dando los resultados desfavorables.

BIBLIOGRAFIA

- García H., E. J.; Méndez G., S. J. y Talavera M., D. 2010. El género *Agave* spp. en México: Principales usos de importancia Socioeconómica y Agroecológicas. Revista Salud Pública y Nutrición. Special ed. 5. 129 p.
- García M., A. 2007. Los agaves de México. Jardín Botánico de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias (87): 14-23.
- Rocha M.; S. V. Good-Ávila., F. Molina- Frenier., H. T. Arita., A. Castillo., A. García-Mendoza., A. SilvaMontellano., B. S. Gaut., V. Souza., L.E. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of agavaceae, with special emphasis on the genus *agave*. Aliso vol. 22 pp: 3-29 3-44.
- Rosales M. S; Hernández AM; Sarmiento LH; Sigala RJA. 2014. Producción de planta de *Agave durangensis* en sistema de acolchado y riego por goteo. Folleto Técnico N° 76. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. 30 p.

EROSIÓN DE CAMINOS FORESTALES Y LIBERACIÓN DE SEDIMENTOS A CORRIENTES DE AGUA DESPUÉS DE UN INCENDIO

Gabriel Sosa Pérez ⁽¹⁾, Lee H. MacDonald ⁽²⁾

(1) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Km 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chihuahua, México. CP. 32910 sosa.gabriel@inifap.gob.mx

(2) Ecosystem Science and Sustainability, Colorado State University. Fort Collins, Colorado. E.U.

INTRODUCCIÓN

Los bosques son una fuente importante de agua con altos niveles de calidad (MacDonald y Stednick, 2003). La erosión en áreas forestales sin embargo puede afectar significativamente la calidad de agua, lo cual no solamente pone en riesgo la disponibilidad del agua para diferentes usos, sino también los modos de vida de las personas, en particular de la gente más vulnerable que vive en las zonas montañosas. Uno de los factores que reduce la calidad del agua es el aporte de sedimentos producto de procesos erosivos causados por los caminos e incendios forestales (MacDonald y Larsen 2009). Varios estudios señalan que los caminos forestales pueden ser la principal fuente de sedimentos en áreas con aprovechamiento forestal (Wemple y Jones 2003, Fú *et. al.*, 2010, Ramos- Scharron y LeFevor 2016). De igual forma, los incendios severos pueden detonar mayor erosión debido al incremento del escurrimiento superficial (Shakesby y Doerr 2006, Moody y Martin 2009, Wagenbrenner y Robichaud 2014), así como incrementar los niveles de liberación de éstos sedimentos a los diferentes cuerpos de agua, incluyendo arroyos, ríos, humedales, presas y lagos (Croke y Hairsine 2006).

Existen algunos estudios que han analizado el efecto de caminos o incendios en la producción de sedimentos (ej. Moody y Martin 2009, Fú *et. al.*, 2010), pero ningún estudio ha analizado la combinación de ambos factores y sus interacciones. Los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar como la erosión de los caminos se ve afectada por las características del propio camino y por la severidad del incendio; y 2) evaluar los cambios en los niveles de liberación de sedimentos a corrientes de agua después de un incendio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un bosque al oeste de Fort Collins, Colorado, E.U. Los datos fueron colectados en agosto 2013, sobre un área forestal incendiada y después de la primera temporada de lluvias. Se levantaron datos de 7 km de caminos que fueron divididos en 141 segmentos distribuidos equitativamente en áreas con baja, moderada y alta severidad del

incendio. Cada segmento fue considerado como una pequeña microcuenca conformada por el área de captación arriba del segmento, la propia superficie del segmento del camino, y los canalillos o cárcavas debajo del camino.

Dentro del área de captación arriba del camino fueron determinadas las siguientes variables: Área (ha), severidad del incendio (baja, moderada o alta), pendiente (%), suelo desnudo (%) y tipo de erosión (laminar, canalillos o cárcavas). Sobre la superficie del camino se determinaron las siguientes variables: Área del segmento (m²), longitud del segmento (m), pendiente del segmento (%), suelo desnudo (%), porcentaje del área con sedimentos provenientes de arriba del camino, canalillos sobre el camino (longitud, ancho y profundidad en metros), y tipo de drenaje de la superficie (con peralte hacia afuera; con peralte hacia adentro; o plano con escurrimiento en dirección del camino).

A los canalillos o cárcavas por debajo del camino se les determinó las siguientes variables: número de canalillos o cárcavas por cada segmento de camino, profundidad y ancho del canalillo (m), pendiente (%), rugosidad del terreno (4 clases), conectividad a una corriente de agua (conectado o no conectado). Se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar cuáles de todas las variables fueron más importantes en la formación de canalillos o cárcavas sobre el camino forestal. Las principales variables dependientes fueron el porcentaje del área y el porcentaje de la longitud del segmento con canalillos o cárcavas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio del área de captación arriba de los segmentos fue de 0.82 hectáreas con una diferencia estadística no significativa entre los tres niveles de severidad del incendio. El porcentaje de suelo desnudo arriba el camino incrementó significativamente de 11% para severidad baja a 41% y 67% para severidad moderada y alta, respectivamente. Hubo un incremento significativo en la frecuencia de canalillos arriba del camino en las áreas quemadas con severidad moderada y alta.

La superficie de los caminos ubicados en áreas quemadas con severidad moderada y alta también tuvieron canalillos más grandes comparado con los segmentos ubicados en severidad baja y la diferencia fue significativa. Esto, por lo tanto, también significó un mayor porcentaje del área y longitud de los segmentos cubierto por canalillos. De todas las variables evaluadas, la

pendiente del camino fue la variable más importante que controló la dimensión de los canalillos (Tabla 1). La erosión incrementó a medida que incrementó la pendiente.

Tabla 1. Variables importantes para determinar erosión mediante el porcentaje del área del camino forestal cubierto por canalillos, clasificado por severidad del incendio.

VARIABLE	² R POR SEVERIDAD DEL INCENDIO			
	Alta	Moderada	Baja	General
² R del modelo	0.76	0.38	0.23	0.38
Pendiente del camino (%)	0.70	0.38	-----	0.24
Cobertura por rocas (%)	0.04	-----	-----	0.11
Cobertura por vegetación arriba del camino (%)	-----	-----	-----	0.03
Longitud x Pendiente	0.02	-----	-----	-----
Área x Pendiente	-----	-----	0.23	-----

Los segmentos del camino con pendientes planas o menores a 6% tendieron a capturar sedimento proveniente del área arriba del camino, en vez de generar canalillos (Figura 1). Sorpresivamente, el área de captación arriba del camino, lo cual incrementa la cantidad de escurrimiento sobre el camino, no influyó en las dimensiones de los canalillos. Dada la influencia de la pendiente, los segmentos ubicados en áreas quemadas con severidad moderada tuvieron una mayor área cubierta por canalillos, o mayor erosión, debido a su más alta pendiente (9%), comparado a 6% para los segmentos sobre severidad alta.

Para los segmentos con severidad baja, fue la variable combinada de área del segmento multiplicada por la pendiente, que explicó el porcentaje y la longitud del camino cubierto por canalillos (Tabla 1). Esto indica que, para áreas quemadas con severidad baja, la superficie del segmento de camino y por lo tanto el escurrimiento generado en el camino es más importante que la cantidad de escurrimiento proveniente del área arriba del camino.

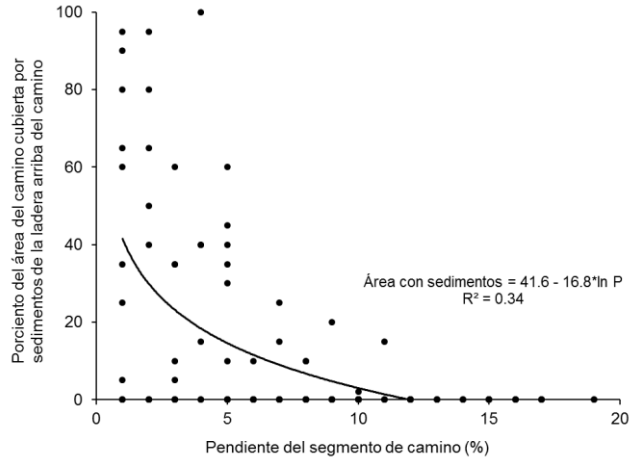


Figura 1. Porcentaje de la superficie del segmento del camino cubierto por sedimentos provenientes de la ladera vs pendiente del camino.

Los resultados de conectividad de los caminos a las corrientes de agua mostraron que todos los segmentos ubicados en áreas quemadas con severidad moderada y severa liberaron el escurrimiento en una corriente de agua, comparado con el 78% para segmentos ubicados en zonas quemadas con severidad baja. Estos resultados muestran el papel de los caminos en la concentración de escurrimientos provenientes aguas arriba y la liberación de esos escurrimientos con sedimentos en un solo punto, lo cual incrementa la tasa de liberación de sedimentos a los cuerpos de agua.

Como era de esperarse el incremento de escurrimientos, como determinado por los canalillos, fue mayor en áreas quemadas con severidad alta y moderada. Sin embargo, el escurrimiento proveniente de arriba del camino no fue la única ni más importante variable que influyó en la erosión sobre el camino forestal. La erosión sobre el camino fue fuertemente controlada por la pendiente del propio segmento de camino.

La liberación de sedimentos, como determinado por la conectividad de los canalillos y cárcavas por debajo del camino a las corrientes de agua, fue extremadamente alta (100%) en los segmentos de severidad alta y moderada. Esto se debe a tres razones: 1) el incremento de escurrimiento superficial provocado por el incendio, 2) la concentración del escurrimiento por el camino con su liberación en un solo punto y 3) la baja capacidad de infiltración y capacidad para atrapar sedimentos en el área quemada debajo del camino.

CONCLUSIONES

Los efectos combinados de los incendios y caminos son muy importantes en términos de protección de la calidad del agua. Es necesario aplicar tratamientos sobre los caminos para reducir erosión hasta que haya una revegetación en el área incendiada, lo cual incrementará la capacidad de infiltración y la retención de sedimentos por la rugosidad de la superficie. Esto no significa, sin embargo, que no se erosionen los caminos, pues otros estudios señalan a los caminos como una fuente permanente de erosión que también debe atenderse independientemente de la ocurrencia de un incendio forestal.

Para reducir erosión por caminos forestales después de un incendio se recomienda incrementar la construcción de obras para drenar el camino y reducir la formación de canalillos con mayores dimensiones, particularmente para segmentos con pendientes mayores al 6%. Las obras de drenaje pueden ser topes o pequeños vados. La separación de las obras de drenaje para reducir erosión sobre segmentos con pendiente mayor al 6% necesitan ser de al menos 40 m para el área de estudio. Segmentos con mayor pendiente necesitan una mayor frecuencia de obras, mientras que segmentos con pendientes menores a 6% pueden requerir mínimos tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Croke JC, Hairsine PB. 2006. Sediment delivery in managed forests: a review. *Environmental Reviews* 14: 59-87.
- Fú B, Newham LTH, Ramos-Scharrón CE. 2010. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. *Environmental Modeling & Software* 25: 1-14. DOI: 10.1016/j.envsoft.2009.07.013
- MacDonald LH, Larsen IJ. 2009. Runoff and erosion from wildfires and roads: effects and mitigation. *Land Restoration to Combat Desertification: Innovative Approaches, Quality Control and Project Evaluation*, Bautista S, Aronson J, Vallejo VR (eds.), Fundación Centro de Estudios Ambientes Mediterráneo, Valencia, España, pp. 145-167.
- MacDonald LH, Stednick JD. 2003. Forests and water: a state of the art review for Colorado. Colorado Water Resources Research Institute, Colorado State University, Fort Collins, CO. 65 pp.
- Moody JA, Martin DA. 2009. Synthesis of sediment yields after wildland fire in different rainfall regimes in the western United States. *International Journal of Wildland Fire* 18: 96-115.
- Ramos-Scharrón CE, LaFevor MC. 2016. The role of unpaved roads as active source areas of precipitation excess in small watersheds drained by ephemeral streams in the Northeastern Caribbean. *Journal of Hydrology* 533: 168-179.
- Shakesby RA, Doerr SH. 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth- Science Reviews* 74(3-4): 269-307
- Wagenbrenner JW, Robichaud PR. 2014. Post-fire bedload sediment delivery across spatial scales in the interior western United States. *Earth Surface Processes and Landforms* 39: 865-876.
- Wemple BC, Jones JA. 2003. Runoff production on forest roads in a steep, mountain catchment. *Water Resource Research* 39(8): 1-17.

SUPERVIVENCIA A SIETE AÑOS DE *Pinus arizonica* COMO EFECTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PLANTA EN CHIHUAHUA

Gabriel Sosa Pérez ⁽¹⁾; José Luis García Pérez ⁽¹⁾; David Efrain Hermsillo Rojas ⁽¹⁾; José Ángel Sigala Rodríguez ⁽²⁾

(1) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sitio Experimental "La Campana" Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chihuahua, México. CP. 32910.

sosa.gabriel@inifap.gob.mx

(2) INIFAP. Campo Experimental "Valle del Guadiana" Km. 5 Carretera Durango-El Mezquital Durango, Dgo, México.

INTRODUCCIÓN

El éxito o fracaso de una plantación forestal en sus primeros años de establecida depende de un gran número de factores tanto climáticos como técnicos; los primeros resultan difíciles y casi imposibles de controlar por el hombre; mientras que los factores técnicos tienen un origen totalmente antropogénico y por ende pueden ser de alguna manera manipulados. Algunos brinzales sobreviven y prosperan sobre sitios difíciles, mientras que otros mueren inmediatamente después de ser plantados o sólo permanecen por algunos años. Estas diferencias en comportamiento reflejan diversos factores que colectivamente constituyen lo que es conocido como calidad de planta (Duryea y Landis, 1984).

Una planta de calidad en un vivero forestal es aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir y desarrollarse satisfactoriamente bajo las condiciones ambientales del lugar en que será plantada (Duryea, 1985). Una prueba indispensable para verificar la calidad de brinzales es su comportamiento en campo, por esto, el control de la calidad debe visualizarse de dos formas; la primera con relación a alcanzar ciertos estándares normalmente morfológicos y fisiológicos en el vivero, y la segunda, consiste en comprobar estadísticamente tales estándares en campo (Fierros *et al.*, 2001).

A pesar de la importancia de la comprobación en campo, esta actividad es poco practicada en nuestro país, lo que denota una falta de atención de los sistemas de producción en este aspecto tan importante. En el presente estudio se evaluó el desempeño de una reforestación con *Pinus arizonica* Engelm., ubicada en San Juanito, Bocoyna, Chihuahua. Dicha evaluación considera la comparación de supervivencia de planta procedente de cuatro viveros del mismo estado, los cuales equivalen a diferentes sistemas de producción. El objetivo del trabajo fue evaluar supervivencia a seis meses, un año y siete años después de la fecha de plantación.

Con ello será posible determinar, bajo las condiciones del presente trabajo, cuáles son los sistemas de producción y las características morfológicas que ofrecen mejores resultados a mediano plazo.

MATERIALES Y METODOS

La plantación experimental se encuentra en el Ejido San Juanito, municipio de Bocoyna, Chihuahua. El área se ubica dentro de un bosque de *Pinus arizonica* y se encuentra a una altitud de 2483 msnm con una superficie total de 3.5 hectáreas donde fueron establecidos los tratamientos. El clima en la región es de tipo semifrío subhúmedo con lluvias en verano C(E)(w2)(x'), (INEGI, 2003). La temperatura media anual es de 10 °C, el mes más cálido es Junio y la temperatura máxima media es de 19.4 °C, mientras que los meses más fríos son Enero y Diciembre y la temperatura mínima media es de 0.5 °C. La precipitación total anual suma los 727.8 mm concentrándose principalmente en los meses de Julio a Septiembre (INIFAP, 2006).

La plantación se ubicó en un área incendiada en el año 2008, por lo que existía material muerto que fue acomodado en curvas a nivel. Se trata de un terreno con exposición Sureste y pendiente entre el 10 a 15%, donde existían evidencias de erosión hídrica laminar y nula regeneración de pino. Se utilizó planta proveniente de cuatro viveros en el Estado (Cuadro 1); dos pertenecen al municipio de Madera (1,2), uno al municipio de Bocoyna, pero con diferentes tamaños de contenedor (3a, 3b) y uno al municipio de Guachochi (4).

En cada vivero se seleccionó un lote para obtener la planta y en el mismo lote se realizó un muestreo destructivo con una intensidad de 0.1% para determinar las principales características morfológicas de la planta. En cada planta se determinó el diámetro del cuello de la raíz (mm), altura de la yema apical (cm), peso fresco (g) de la parte aérea y subterránea. Las muestras fueron deshidratadas por 72 horas a 70 °C, y se determinó el peso seco por componente. Se generaron los índices de robustez, Índices de Calidad de Dickson (ICD) y peso seco total.

Cuadro 1. Tipo de envase y sustrato utilizado en la producción de planta de cuatro viveros del Estado de Chihuahua.

No. de vivero	Envase	Sustrato
1	Tube de plástico rígido (100 cm ³)	Aserrín avejentado, tierra de monte y tierra de azolve (3:2:1)
2	Charola de poliestireno de 77 cavidades (170 cm ³)	Turba, agrolita y perlita (2:1:1)
3a	Charola de poliestireno de 121 cavidades	Composta de corteza de pino, turba y carlita

	(80 cm ³)	(7:1.5:1.5)
3b	Charola de poliestireno de 77 cavidades (170 cm ³)	Composta de corteza de pino, turba y carlita (7:1.5:1.5)
4	Tubete de plástico rígido (140 cm ³)	Tierra de monte, tierra agrícola y aserrín avejentado (6:2:2)

La plantación fue realizada en Julio de 2010 y las unidades de muestreo fueron líneas distribuidas al azar. Se tuvo un total de 45 líneas con un promedio de 38 plantas por línea. La distancia entre línea fue de 2.5 m y entre planta 3 m. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados debido a la diferencia de profundidad del suelo en el área, con un promedio de cuatro repeticiones por bloque. El total de plantas en todo el experimento fue de 1626.

La variable respuesta fue supervivencia analizándose el efecto del factor vivero (tratamiento). Se evaluó también el efecto de diámetro y altura inicial como indicadores morfológicos, con dos categorías cada uno (Cuadro 2). No fue posible aplicar un diseño factorial debido a la ausencia de ambas categorías en cada vivero. Se colocó una etiqueta de aluminio en cada planta incluyendo en clave los datos del vivero, número de línea y número de planta. La altura se midió en centímetros, desde el cuello del tallo hasta la punta de la yema apical. La medición del diámetro fue en milímetros y se tomó ligeramente por arriba del cuello de la raíz con un vernier. Se evaluó la supervivencia en el mes de enero 2011, julio de 2011 y julio de 2017, correspondientes a seis meses, un año y siete años después de establecida la plantación.

Cuadro 2. Categorías iniciales de calidad de planta en diámetro y altura para cuatro viveros del Estado de Chihuahua.

Calidad	Diámetro (mm)	Altura (cm)
1	0.0-4.49	0.0-6.99
2	4.5-12.0	7.0-30.0

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS © (Statistic Analisis Sistem) v.9.4. Se hizo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y gráficos de dispersión de residuos *versus* predichos para evaluar homogeneidad de varianzas. Se realizó un análisis de varianza con *proc mixed*. La comparación de las medias se hizo con el método de comparaciones múltiples Tukey, a un nivel de significancia del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se presentan las características de la planta utilizada en el experimento. A seis meses de la plantación hubo diferencias significativas en supervivencia entre viveros ($p=0.04$), con una media general del 86.2% (Figura 1). El vivero con mayor supervivencia que fue

diferente al resto de los viveros fue el 3 (a y b), con una media de 93.8 y 93.3%, respectivamente. El vivero con menor supervivencia fue el número 1 con 81.0%

Cuadro 3. Características morfológicas e índices de calidad de planta inicial en cuatro viveros del Estado de Chihuahua.

Vivero	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Índice de Robustez	Biomasa total (g)	Índice de Calidad de Dickson
1	7.8±3.0	3.1±0.9	2.6	0.8	0.1
2	5.1±1.6	6.0±1.4	0.9	1.2	0.4
3a	9.1±2.6	5.0±1.0	1.9	2.2	0.4
3b	15.4±5.7	4.6±1.0	3.4	1.5	0.2
4	4.7±1.9	3.6±1.0	1.4	0.7	0.2

A un año de la plantación la supervivencia general fue del 69.5%, sin diferencias significativas entre los bloques (p=0.76), pero sí entre viveros (p=0.0004). El vivero con mayor porcentaje fue el No. 3a, con un 84.7%, mientras el de menor supervivencia fue el vivero 1 con 56.5%. A siete años de la plantación no hubo diferencias significativas entre viveros y la media general fue de 32.8%. Los resultados anuales están muy relacionados con los promedios de biomasa total calculados a las plantas. Las plantas del tercer vivero presentaron los mayores datos en biomasa total al igual que el segundo vivero. Los viveros 2 y 3a que presentaron mayor supervivencia también son los que resultaron con los valores más altos en el ICD, mientras que los viveros 1 y 4, con menor supervivencia, presentaron el índice más bajo. El vivero 4 también presentó el índice de robustez más bajo.

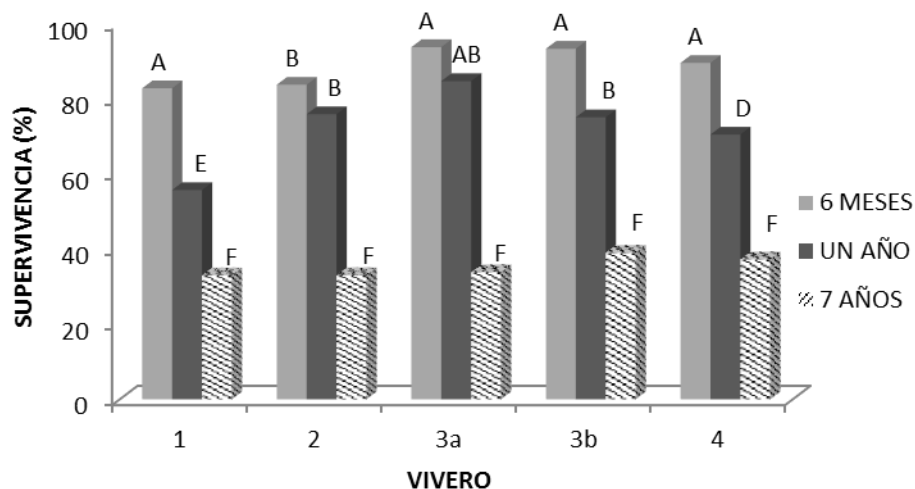


Figura 1. Supervivencia de los brinzales por fecha de evaluación y tratamiento (vivero). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Se aprecia también una notable diferencia en los resultados anuales con relación al tipo de envase utilizado. La mayor supervivencia fue para los viveros que producen en charola de poliestireno (viveros 2 y 3), no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí para estos en comparación a los viveros que producen en tubete de plástico rígido (viveros 1 y 4), más aún el tubete con capacidad de 100 cm³, que obtuvo el menor porcentaje en supervivencia (56.5%). Estos dos últimos también presentaron el menor valor en biomasa total y en el ICD.

En el análisis de la supervivencia no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos categorías de altura inicial para las tres épocas de evaluación. Es importante señalar que se trata de un área quemada que fue acondicionada con material muerto en curvas a nivel, por lo tanto, el fuego eliminó la parte aérea del sotobosque y no existe competencia por luz. Posiblemente esto influyó en que la altura no fue un factor determinante en la supervivencia. Toral (1997), menciona que una planta muy pequeña tendrá poca superficie fotosintética y por lo tanto su velocidad de desarrollo en terreno como su aclimatación será lenta. Lo opuesto, una planta grande tiene la probabilidad de crecer más rápido pero su transformación será mayor, y estará más expuesta a la deshidratación. Así mismo, una planta de mayor altura, tiene la ventaja de ser mejor competidor con malezas y matorrales (Johnson y Cline, 1991).

Para la variable diámetro hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos categorías a los seis meses de la plantación ($p=0.27$). Sin embargo, al año de plantación la diferencia fue significativa ($p= 0.005$). En la prueba de comparación de medias el valor de supervivencia más alto fue para la categoría 2 con 80.8%, en tanto que el valor de la media para la categoría 1 fue de 63.5% (Figura 2).

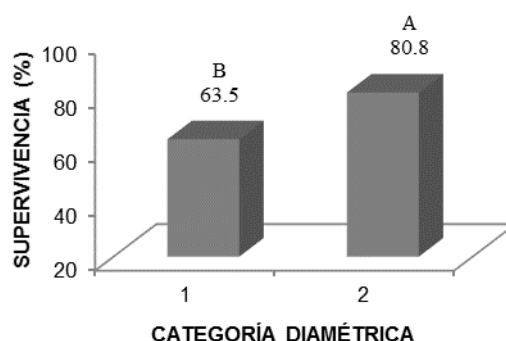


Figura 2. Supervivencia de los brinzales por categoría de diámetro a un año de la plantación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Al igual que a los 6 meses, no se encontraron diferencias significativas a los siete años de la plantación con valores de 32.3 y 36.7% para las categorías 1 y 2 respectivamente. South y Mexal (1984), mencionan que el diámetro es mejor predictor de la supervivencia en campo que la altura, pues detectaron que con diámetros de tallos mayores de 4 mm se logró una supervivencia de 80% en pinos del sur de Estados Unidos. Del mismo modo Cuevas y Mexal (1998), recomiendan que el diámetro mínimo para *Pinus* debe ser de 4 mm y de 3 mm para *Cupressus*; pero el diámetro mínimo de la plántula ideal debe ser de 6 mm, en el Valle de México.

CONCLUSIONES

La supervivencia no se vio afectada por la variable altura, posiblemente a la falta de competencia por luz solar en el primer año de establecimiento. Las plantas con mayor diámetro obtuvieron mayores porcentajes en supervivencia sólo durante el primer año de evaluación. A siete años de realizada la plantación, la diferencia en supervivencia no fue significativa entre los viveros, ni entre las categorías de diámetro inicial. Los resultados sugieren la influencia de la calidad de planta en supervivencia sólo durante el primer año. El tipo de contenedor que obtuvo mejores resultados corresponde a charolas de poliestireno con 77 y 121 cavidades (170 y 80 cm³ respectivamente). El tipo de contenedores que presentaron el menor porcentaje en supervivencia fueron el tubete de plástico de 140 y 100 cm³, siendo éste último el de resultados más bajos. Estos dos últimos también tuvieron mayor decremento en supervivencia durante el primer año, posiblemente influyó la menor biomasa total durante los meses más secos. Estos resultados sugieren la influencia de otros factores ajenos a la calidad de planta inicial en la supervivencia a los siete años de la plantación. Sin embargo, aunque no hubo diferencias en supervivencia, si se encontraron diferencias en crecimiento, los cuales son reportados en otro documento.

BIBLIOGRAFIA

- Cuevas, R. Y Mexal., J. 1998. Factores que determinan la sobrevivencia inicial y el crecimiento de *Pinus* sp. y cedro blanco en el Valle de México. Reunión para la presentación de resultados de los trabajos del memorandum México – E.E.U.U. México, D.F.
- Duryea, M. L. and Landis, T. D. 1984. Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Oregon. USA. 385 p.
- Duryea, M. L. (ED.). 1985. Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon, USA. 143 p.

- Fierros G., A. M., Rodríguez T., D. A., Libia L., A., Vargas, R. Y Sosa C., V. In: Sosa C., V. E. y Fierros G., A. M. (Coords). 2001. Curso de especialización en plantaciones forestales comerciales. Consultora Forestal y Agropecuaria S. A. de C. V. (CONFORA). México. pp. 104-118.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. 145 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) 2006. Estadísticas Climatológicas del Estado de Chihuahua (Periodo 1961-2003). Centro de Investigación Norte Centro. Libro Técnico No. 1, 235 p.
- Johnson, J. D. and Cline, M. L. 1991. Seedling Quality of Southern Pines. In: Duryea, M. L. AND Dougherty, P. M. (Eds). Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. pp. 143-159.
- South, D. B. and Mexal, J. G. 1984. Growing the "best" seedling for reforestation success. Southern Forest Nursery Management Cooperative, Auburn, Ala. Rep. No. 6. 25 p.
- Toral I., M. 1997. Concepto de calidad de planta en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER, Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 28 p.

INFLUENCIA DE LA EDAD DE CORTE EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.)

Hernández-Hernández, Aidé^{1*}; Espinoza-Banda, Armando²; Llaven-Valencia, Genny³; Antuna-Grijalva, Oralía²; Coyac-Rodríguez, José Luis².

¹ Estudiante de maestría del posgrado Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Valle Del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, Col. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México, CP.81110
Autor por correspondencia: hernandezaide25@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En México la principal fuente de alimentación para el ganado es el silo de maíz, por su alto valor energético y la producción de materia (Franco *et al* 2015). En la Comarca Lagunera de México, es considerada como una de las cuencas lecheras más importante del país, en el 2016 se sembraron 2,343 hectáreas de maíz forrajero en condiciones de riego y temporal, con un rendimiento de 43.92 t ha⁻¹ (SIAP, 2017).

La calidad nutrimental del forraje está relacionada directamente con parámetros, como el contenido de grano y digestibilidad de materia seca (MS), reflejada en el valor energético. En la nutrición animal, los alimentos son quienes tienen la capacidad de mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción. Entre el 70 y 85% de la Materia Seca (MS) que consume un animal es utilizada para generar energía (Sánchez, 2000). El National Research Council (NRC, 2001) señala que los carbohidratos son la principal fuente de energía en las dietas de ganado lechero, comprenden del 60 al 70 por ciento de la dieta total. Calsamiglia, (1997) define la fibra como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio de la misma y está formada por componentes químicos celulosa, hemicelulosa y lignina. La fibra detergente neutra (FDN) mide la mayor parte los componentes estructurales en células vegetales (es decir, celulosa, Hemicelulosa y lignina) y la fibra detergente ácida (FDA) no mide la hemicelulosa (NRC, 2001).

Estupiñán *et al.*, (2007) Menciona que el alimento que más varía la digestibilidad son los forrajes y el principal causante es el estado de madurez a medida que aumenta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares, y esto provoca que se eleve la fibra, principalmente la celulosa y lignina. Hernández *et al.*, (2005) sugieren que es posible aumentar la producción y calidad de forraje de maíz cambiando la cosecha aun estado de madurez más avanzado al que normalmente se realiza. Ramos *et al* (2006). Plantean la necesidad de identificar híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con mayor potencial de producción y calidad forrajera.

Es de gran importancia para la nutrición animal evaluar las diferentes edades de corte del forraje de maíz, para conocer las fracciones de fibra de acuerdo a las unidades calor acumulado (UCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila. Con Coordenadas geográficas: 25°33'25.78''Norte 103°22'15.69''Oeste, altitud de 1120 msnm.

Se utilizó un genotipo, se estableció en el ciclo primavera del año 2016, en condiciones de riego por goteo, la siembra fue de manera manual con una densidad de 110 mil plantas ha⁻¹, la parcela consto de cuatro surcos de 3.0 m de largo, con una distancia de 0.75 m entre surcos y 0.12 m entre plantas. La fórmula de fertilización empleada fue 180-90-00 de NPK recomendada por INIFAP en la región, base de urea y fosfato monoamónico, se aplicó la mitad del N y todo el fosforo en la siembra y el resto de N a los 36 días después de la emergencia. Para el manejo agronómico del cultivo, se siguieron las indicaciones regionales (Martínez *et al.*, 2015). El diseño experimental utilizado, fue un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones.

Las variables evaluadas fueron fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), energía neta de lactancia (ENL), digestibilidad in vitro de materia seca (DIMS), energía metabolizable (EM) y el consumo de materia seca (CMS).

Para el análisis de las variables se tomó una planta completa de los surcos centrales y con competencia, esta práctica se realizó manualmente a una altura aproximada de 15 cm del nivel del suelo. Cada planta completa (tallo, hojas y mazorca) se pesó en verde, en diferente edad de madures de grano (873, 975,1081, 1187,1295, 1400, 1506 y 1604 UCA).

Cuadro 1. Características del híbrido de maíz para ensilaje evaluado

Híbrido	Tipo de cruza	Ciclo Vegetativo	Días a Floración	Días a Cosecha a Forraje
Antílope	Simple	Intermedio	75	105 a 115

Análisis de muestras

Antes de realizar el análisis para determinar la calidad nutricional del forraje, se secaron las muestras a 60°C en una estufa marca FELISA modelo 2484 durante un aproximado de 48 a 72 horas dependiendo de la humedad del material, y fueron molieron en un molino marca

CYCLONE SAMPLE MILL modelo 3010, para realizar los siguientes análisis de laboratorio: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), (Van Soest et al., 1991) utilizando un equipo Ankom 2000. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio del departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN – UL.

Análisis estadístico

Los datos de las variables de estudio se sometieron a análisis de varianza, la separación de medias fue mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95 %. Estos análisis se realizaron a través del programa SAS (versión 9.4). Las relaciones entre las variables % de FDN y % DIVMS en relación a los diferentes UCA, se analizaron mediante análisis de regresión lineal simple según los procedimientos descritos por Netter *et al.*, 1989.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de FDN encontrados en 873,975,1081,1187,1295,1400,1506,1604 UCA fueron 61,61;56, 53,47,45,43 y 39%, respectivamente (Cuadro 2). Se observó una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. El menor contenido de FDN (39%) a 1604 UCA, mientras que 1295, 1400 y 1506 UCA se comportaron de manera igual en contenido de FDN (47, 45 y 43 %) el de mayor contenido de FDN (61%) y fue a los 873 UCA, Según Ramírez *et al.* (1999) La FDN del maíz oscila entre el 36 y el 50%, debiendo procurarse lograr concentraciones bajas de este componente para obtener calidad. Por lo que podemos observar que a los 1295, 1400 y 1506 UCA tiene valores óptimos como se cita. Para los valores de FDA encontrados en 873,975,1081,1187,1295,1400,1506,1604 UCA fueron 33,33,28,27,23,21,20,16% respectivamente, los resultados obtenidos se fueron valores aceptables según, Ramírez *et al.* (1999). La concentración de FDA del maíz oscila entre el 18 al 26%. Los silajes de maíz con valores bajos de FDN son los ideales ya que contienen altos niveles de energía, en la variable DIMS el que obtuvo mayor rendimiento fue a los 1604 UCA con 76 % y los de menor fueron a los 873 y 975 UCA con 63%, y para los 1295 y 1400 UCA son iguales con 71 y 72 % respectivamente (Cuadro 2). Hernández *et al.* (2005) consideran que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in vitro de la materia seca, los datos obtenidos en los 1295, 1400 y 1506 UCA están dentro de los límites. Para la variable ENL el menor fue a los 873 UCA con $0.61 \text{ Mcal kg}^{-1}$ y el de mayor fue a los 1604 con $1.13 \text{ Mcal kg}^{-1}$. Para la EME el de mayor valor fue a los 1604 con 275 Mcal kg^{-1} y de menor a los 873 y 975 con 227 y 229 Mcal kg^{-1} respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias del híbrido Antíope en variables, Fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), energía neta de lactancia (ENL), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIMS), energía metabolizable (EM) y consumo de materia seca (CMS), en diferentes edad de corte.

EDAD DE CORTE (UCA)	FDN	% FDA	DIMS %	ENL Mcal kg ⁻¹	DIMS %	EM Mcal kg ⁻¹	CMS kg
873	61 ^e	33 ^d	63 ^a	0.61 ^a	63 ^a	227 ^a	1.97 ^a
975	61 ^{de}	33 ^d	63 ^a	0.61 ^{ab}	63 ^a	229 ^a	1.98 ^a
1081	56 ^{de}	28 ^{cd}	67 ^{ab}	0.72 ^{ab}	67 ^{ab}	243 ^{ab}	2.14 ^a
1187	53 ^{cd}	27 ^{bc}	68 ^{abc}	0.79 ^{bc}	68 ^{abc}	244 ^{abc}	2.25 ^{ab}
1295	47 ^{bc}	23 ^{bc}	71 ^{bcd}	0.95 ^{cd}	71 ^{bcd}	258 ^{bcd}	2.56 ^{bc}
1400	45 ^{ab}	21 ^{abc}	72 ^{bcd}	1.00 ^{de}	72 ^{bcd}	261 ^{bcd}	2.69 ^c
1506	43 ^{ab}	20 ^{ab}	73 ^{cd}	1.03 ^{de}	73 ^{cd}	264 ^{cd}	2.79 ^{cd}
1604	39 ^a	16 ^a	76 ^d	1.13 ^e	76 ^d	275 ^d	3.08 ^d

abc representan diferencias significativas en una misma columna (p<0,05).

La relación entre el porcentaje de los UCA y digestibilidad *in vitro* en hojas y tallos en (r² =0.9786; p<0,01) se comportaron de manera diferente en cuanto las diferentes edades de corte, la concentración de fibra detergente neutro se relaciona con la digestibilidad *in vitro*, sin importar el tipo de híbrido de maíz. Esta relacionan es más equilibrado a través de los años.

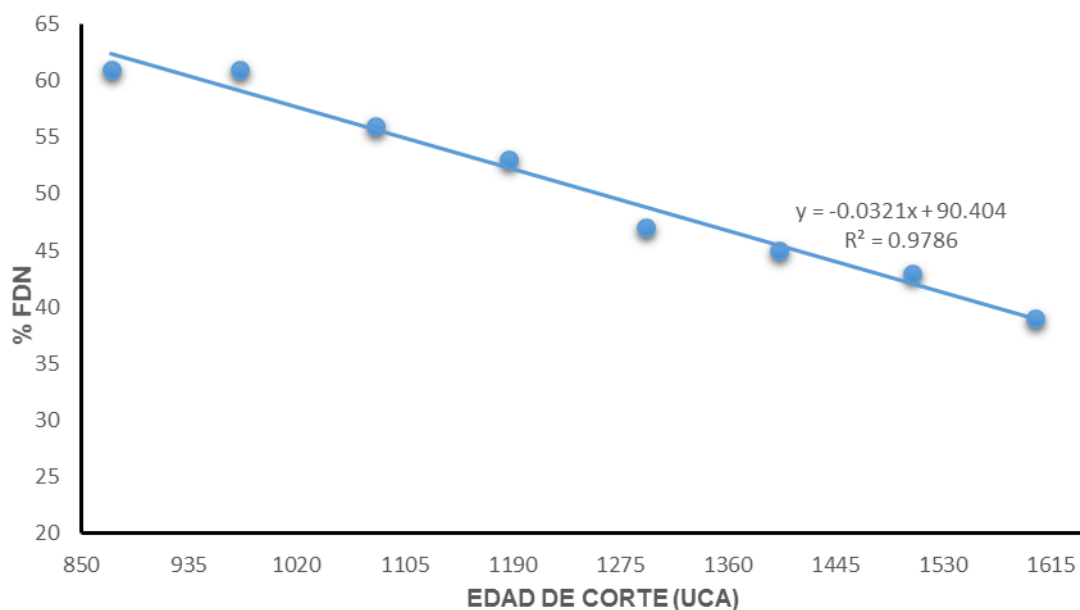


Figura 1. Relación entre fibra detergente neutra y diferente edad de corte.

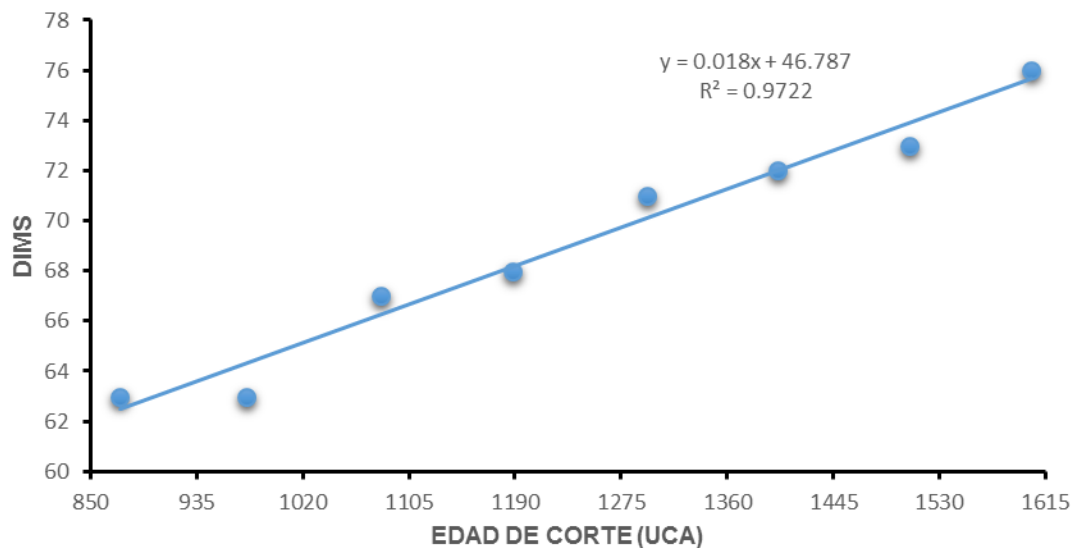


Figura 2. Relación entre digestibilidad *in vitro* de materia seca y diferente edad de corte.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se puede decir que 1295, 1400 y 1506 UCA, es donde se encuentra la mayor relación de las variables evaluadas, para determinar las fechas de corte con los requerimientos que el animal requiere para su mantenimiento. La digestibilidad *in vitro* estuvo relacionada con las concentraciones de fibra ácido detergente y fibra detergente neutra. De acuerdo a esto se sugiere que la edad apropiada para corte oscila entre 1295 a 1506 UCA después de la siembra.

BIBLIOGRAFÍA

- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDN, Madrid.
- Estupiñán, K., Vasco, D., & Duchi, N. 2007. Digestibilidad de los Componentes de la Pared Celular del Forraje de Canavalia ensiformis (L) DC. En Diferentes Edades de Corte. Revista Tecnológica-ESPOL, 20(1).
- González C., Peña R y Núñez H. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferentes ciclos biológicos. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29 (Núm. Especial 2), 103 – 107
- Hernández, G. N., Castañeda, F. G., Ramos, A. P., & Contreras, R. F. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. Técnica Pecuaria en México, 43(1), 69-78.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Maynard, L. A. H., Loosli, H. F., Warner, J. K., Maynard, R. G. L. A., Loosli, J. K., & Hintz, H. F. 1981. *Nutrición animal*. McGraw-Hill.
- Ramos, A. P., Castañeda, F. G., Hernández, G. N., Gómez, M. D. R. T., Ortiz, R. E. P., Ibarra, A. T., & Corona, A. O. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana, 29(Es2), 109-114.
- Sánchez-González, J. 2000. Nutrición energética del ganado lechero. Nutrición animal tropical, 6(1), 97-128.
- Van Soest PJ, JB Robertson, BA Lewis. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 74: 3583-3597.

IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays*) FORRAJERO IRRIGADO CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹, María del Rosario Jacobo Salcedo¹, Hilario Macías Rodríguez¹, Miguel Rivera González¹, Marco Antonio Inzunza Ibarra¹

¹INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140 (villalobos.arcadio@inifap.gob.mx)

INTRODUCCIÓN

La Organización de Naciones Unidas (ONU) reporta que para el año 2025 se acentuará la escasez de agua por la sobreexplotación recursos acuíferos del planeta, y subraya que dos de cada tres habitantes están amenazados de padecer escasez de agua. La escasez de agua es un problema global ya que se considera que más del 40% de la población mundial sufre ese problema (FAO, 2005). Esta problemática es recurrente en las zonas áridas y semiáridas del país donde se reportan pérdidas anuales en la producción agrícola debido a los bajos volúmenes de precipitación y que la actividad agrícola es de temporal (FAO, 2005). Las aguas residuales tratadas constituyen un recurso hídrico abundante en las zonas con alta demanda del recurso. En diversas regiones de México, se valora la calidad de las aguas residuales para su uso en riego localizado. Una de las actividades para conservar el medio ambiente libre de contaminación requiere el tratamiento de las aguas residuales antes de ser utilizadas en las actividades agrícolas. El volumen de producción de este recurso llega a convertirse en un grave problema en las regiones del país donde no se regula su disposición por tal razón se hace más urgente el desarrollo de trabajos de investigación sobre este tema. Cuando no existe un control, estos desechos se arrojan a los ríos sin ningún tratamiento, por lo que surgen problemas de contaminación y eutrofización de los ríos por el aporte de materia orgánica y nutrientes en los residuos.

El riego con estas aguas (AR) aporta una cantidad de nutrientes y materia orgánica, lo cual ayuda a mejorar paulatinamente las propiedades físicas y químicas de los suelos reactivando la flora y fauna microbiana que enriquece el suelo (Pérez, 2002; Murray *et al.*, 2011). Varios autores coinciden en que las AR que se usan para riego de cultivos agrícolas permite incorporar al suelo compuestos orgánicos e inorgánicos que estimulan la actividad microbiológica del suelo, mejoran la fertilidad del suelo porque la enriquecen con macro elementos, micro elementos y materia orgánica, incluyendo metales pesados los cuales pueden traslocarse en la cadena alimenticia y ser tóxicos a la vida. En el suelo su baja concentración los hace esenciales

para el crecimiento microbiano y vegetal (Ducheyne *et al.*, 2001; Al-Jamal *et al.*, 2002; Mahmood *et al.*, 2002). La nutrición orgánica se plantea como opción viable para suministrar nutrimentos a los cultivos de interés para los productores, en este caso el maíz, con el fin de disminuir la dependencia de los fertilizantes químicos y disminuir los costos de producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización química en parcelas regadas con agua residual (AR) y agua de pozo, sobre el rendimiento de forraje de maíz.

METODOLOGÍA

En este trabajo se manejó la siembra de maíz bajo riego, utilizando agua de pozo y aguas residuales de una planta tratadora, además de tratamientos con dosis de fertilización que se describen más adelante (Cuadro 1). El trabajo se estableció en terrenos del Centro Nacional de Investigación en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP; CENID-RASPA). Se establecieron 1,600 metros cuadrados con cultivo de maíz forrajero.

Se hizo una distribución en el terreno con un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos de fertilización, un testigo con cuatro repeticiones. Se trazaron 2 experimentos de bloques completamente al azar, sembrado con maíz forrajero (Cuadro 1). El cultivo en los dos experimentos se regó con agua de pozo y con agua residual de una planta tratadora de agua, en parcelas independientes.

Tratamientos

Los tratamientos a evaluar en el experimento fueron obtenidos a partir de dosis de fertilización con nitrógeno y fósforo, además de un testigo sin fertilización, respectivamente, aumentando en este experimento la dosis de nitrógeno hasta 300 kg ha⁻¹ y se redujo hasta 0.0 kg ha⁻¹ y el fósforo desde 0.0 kg ha⁻¹ hasta 150 kg ha⁻¹ (Cuadro 1).

El maíz sembró el 25 de julio con un híbrido para maíz forrajero, en surcos a una distancia de 80 cm dejando cinco plantas por metro. Cada parcela experimental constó de 5 surcos de 5.0 m de largo, con 5 plantas por metro, para tener una población de 62,500 plantas por hectárea, tomando como parcela útil los dos surcos centrales. Los datos registrados fueron altura de planta, el rendimiento de forraje fresco y rendimiento de materia seca. Se efectuó ANOVA para la variable rendimiento de forraje, altura de planta y densidad de población mediante MITAB V16 y separando las medias con Tukey al 5%.

Cuadro 1. Tratamiento de fertilización en maíz forrajero bajo condiciones de riego.

Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	00	50	00
2	100	50	00
3	200	50	00
4	300	50	00
5	300	100	00
6	300	150	00
7	300	00	00
8	00	00	00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos realizados indican que la mayoría de las variables evaluadas como altura de planta, rendimiento de forraje y densidad de población mostraron diferencias significativas, debido a los tratamientos de fertilización en el cultivo, sin embargo, el factor relacionado con el tipo de agua de riego no mostró algún efecto detectable en este primer ensayo (Cuadro 2). Al respecto, se puede mencionar que este efecto no fue observado en el rendimiento de forraje donde se regó con agua residual.

Con respecto a los rendimientos de forraje de maíz, los valores de las medias estadísticas se presentan en el Cuadro 2. Los resultados de la serie de datos originales del rendimiento de forraje en el diseño regado con agua residual no mostraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el rendimiento más alto se obtuvo con la dosis de fertilización 300-100-00 de nitrógeno y fósforo con una producción de 30.8 t ha⁻¹, una densidad de población de 60, 625 plantas por hectárea y una altura de planta de 2.19 m (Palafox *et al.*, 2004). En este mismo ensayo se observó que la dosis de fertilización 00-50-00 de nitrógeno y fósforo mostró una producción similar (30.8 t ha⁻¹) al tratamiento con una dosis mayor de fertilizante, sin embargo, esto puede ser atribuido a una mayor densidad de población (63, 750 pt ha⁻¹) que el tratamiento que se discutió anteriormente y una menor altura de planta de 2.07 m (Castellanos *et al.*, 2005; Pagani *et al.*, 2008). Cabe mencionar que los efectos de los tratamientos de fertilización, así como los del factor relacionado con el tipo de agua de riego no son muy marcados en este primer año de evaluación, y, sobre todo, los efectos combinados de la fertilización química más los aportes que haga el riego con agua residual.

En el ensayo regado con agua de pozo los análisis mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En el Cuadro 2, se puede observar que hay otros tratamientos que no son estadísticamente diferentes al que mostró un mayor rendimiento los cuales tuvieron producciones similares a este, como los que se manejaron con dosis de fertilización de 100-50-00 y el de 300-00-00 de nitrógeno y fósforo con una producción de 39.9 y 38.9 t ha⁻¹ respectivamente, con diferencias en rendimiento de apenas 1.0 y 2.0 t ha⁻¹ de forraje de maíz; superándolo en densidad de población con 4,200 y 1,125 plantas por hectárea y con alturas de planta de 2.30 y 2.13 m respectivamente (Cuadro 2; Figura 1). En este aspecto, resultados similares fueron reportados por Major *et al.*, (2010), encontraron un efecto significativo en el rendimiento de grano por el tratamiento con dosis de fertilización, mientras que la altura de planta también fue afectada de manera directamente proporcional por las dosis de nitrógeno aplicada (Setamou *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Medias de rendimiento de forraje, altura de planta y densidad de población entre tratamientos de fertilización y tipos de agua de riego.

Tratamiento	Agua Residual			Agua de Pozo		
	Altura Planta (m)	Rendimiento Forraje (ton ha ⁻¹)	Densidad Población (mil/planta ha ⁻¹)	Altura Planta (m)	Rendimiento Forraje (ton ha ⁻¹)	Densidad Población (mil/planta ha ⁻¹)
00-50-00	2.07 c	30.8 a	63,750 a	2.22 b	30.3 c	53,750 b
100-50-00	2.17 ab	29.1 a	54,250 c	2.30 a	39.9 a	64,375 a
200-50-00	2.16 bc	30.4 a	56,875 bc	2.21 b	35.1 ab	60,000 ab
300-50-00	2.19 ab	27.9 a	55,625 bc	2.21 b	41.9 a	58,125 a
300-100-00	2.19 ab	30.8 a	60,625 ab	2.21 b	34.9 ab	61,250 a
300-150-00	2.15 bc	27.6 a	53,125 c	2.11 c	33.6 bc	60,000a
300-00-00	2.20 a	30.4 a	62,500 ab	2.13 bc	38.9 a	61,250 a
00-00-00	2.23 a	29.1 a	56,875 bc	2.13 bc	33.4 bc	59,250 ab

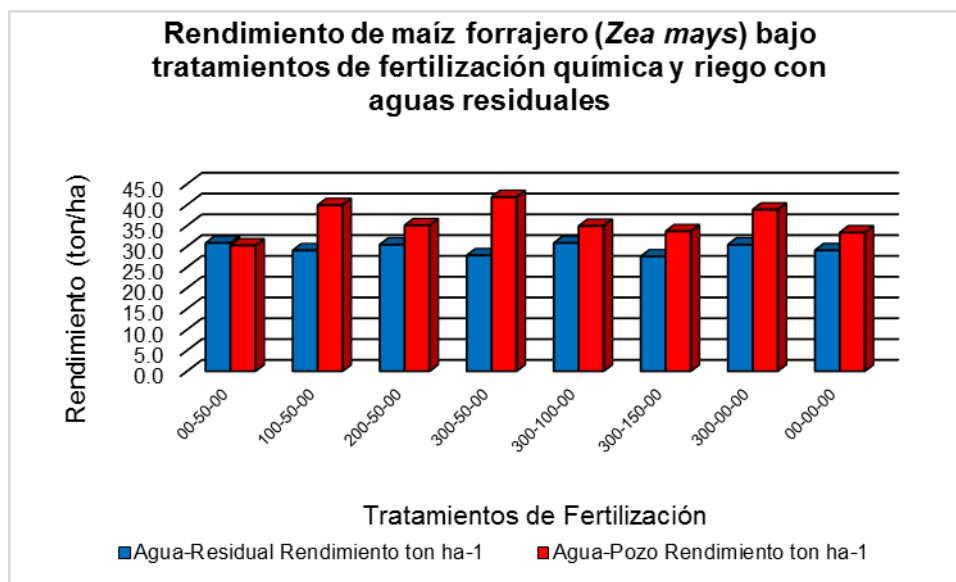


Figura 1. Rendimiento de maíz forrajero (*Zea mays*) bajo tratamientos de fertilización con riego por gravedad con aguas residuales tratadas y agua de pozo

CONCLUSIONES

- El nitrógeno es un factor clave para detectar rendimientos potenciales en el cultivo del maíz forrajero en condiciones bajo riego.
- Cabe mencionar que los efectos de los tratamientos de fertilización, así como los del factor relacionado con el tipo de agua de riego no son muy marcados en este primer año de evaluación, y sobre todo, los efectos combinados de la fertilización química más los aportes que haga el riego con agua residual.
- Es prematuro hablar de reducir las dosis de fertilizantes químicos (nitrógeno) hasta no tener evidencias definitivas por el efecto de nitrógeno que aporta la materia orgánica incorporada con las aguas residuales, sin afectar ni el rendimiento de forraje ni la nutrición del maíz en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Jamal, M. S. Sammis, T. W. Mexal, J. G. Picchioni G. A. and Zachritz, W. H. 2002. A growth-irrigation scheduling model for wastewater use in forest production. *Agricultural Water Management*. 51:53-78.
- Castellanos R., J. Cueto, J. Macias, J. Salinas, L. M. Tapia V., J. Cortes, I. González y H. Mata. 2005. La fertilización de los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Folleto Técnico 1. INIFAP. Celaya, Gto. 44 p.
- Ducheyne, S. Schadeck, N. Vanongeval, L. Vandendriessche, H. and Feyen, J. 2001. Assessment of the parameters of a mechanistic soil-crop-nitrogen simulation model using historic data of experimental field sites in Belgium. *Agricultural Water Management*. 40:183-194.

- FAO (Food and Agricultural Organization). 2005. Aquastat information system on water and agriculture. Food and Agricultural Organization. Rome, Italy. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/aglw/aquastat/main/index.stm>. (Consulta: abril 23, 2005).
- Mahmood, B. Wall G. L. and Russell J. M. 2002. A physical model to make shortterm management decisions at effluent-irrigated land treatment system. *Agricultural Water Management*. 56:57-79.
- Major J., M. Rondon, D. Molina, S.J. Riha, J. Lehman. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to Colombian savanna oxisol. *Plan Soil* 333:117-128.
- Murray R.M., J. Bojórquez S., A Jiménez H., M.G. Orozco B., J.D. García P. R., Gómez A., H. Ontiveros G., J. y Aguirre O. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Biociencias* 1(3):27-35.
- Pagani A., H.E. Echeverría., H.R. Sainz R. y P.A. Barbieri. 2008. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Revista Ciencias del Suelo* 26.(2): 56-61.
- Palafox C.A., O.H. Tosquy, M. Sierra, A. Turrent yA. Espinoza. 2004. Respuesta de híbridos de maíz normales y de alta calidad de proteína a la fertilización química. *Terra Latinoamericana* 23:129-135.
- Pérez Z., O. 2002. Efecto de la aplicación de aguas residuales industriales en las propiedades físicas y químicas del suelo. *Agrociencia* 36: 279-290.
- Setamou M., F. Schuthess, N.A. Bosque, A. Thomas. 2011. The effect of stem and cob borers on maize subjected to different nitrogen treatments. *Entomol Experimentalis et Applicata*. 77(2):205-210

RENDIMIENTO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹, Hilario Macías Rodríguez¹, Miguel Rivera González¹, Gerardo Delgado Ramírez¹, Ma. Magdalena Villa Castorena

¹INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140 (villalobos.arcadio@inifap.gob.mx).

INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar en volumen de producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de China, y el tercero en superficie cosechada, con 140,693 ha sembradas, lo cual representa el 8% en superficie y el 7% de la producción mundial (FAO, 2015). En importancia económica a nivel nacional, este cultivo ocupa el segundo lugar entre las hortalizas que se siembran en el país, después del tomate, con un consumo per cápita de 0.56 kilogramos. En México, los estados que producen el chile habanero son Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Sonora, Veracruz, Chiapas, y Baja California Sur. Yucatán es el principal productor de chile habanero con una superficie sembrada de 708.43 ha, y con un volumen de producción 3,295 toneladas, seguido por los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Aceves *et al.*, 2008; SIAP-SAGARPA, 2012;).

Para el año 2010 se cuantificaron en México 12,000 hectáreas en las cuales se está aplicando la agricultura protegida con cultivos como el tomate, pimiento, pepino y chile habanero, siendo este último el más rentable en el mercado nacional y de exportación. Los rendimientos a campo abierto varían de 10 a 40 toneladas de chile por hectárea, y es en Quintana Roo donde se ha desarrollado la tecnología de producción bajo condiciones de invernadero. Esto se ha generado, específicamente en la empresa social Hidroponía Maya, ubicada en el municipio Carrillo Puerto, que opera con mediana tecnología y cuenta con 40 hectáreas de invernaderos que se coordina a la vez con el proyecto de Invernaderos Sociales, compuesto por 44 módulos individuales de 3,600 metros cuadrados. En ambos sistemas de producción los rendimientos por metro cuadrado varían de 7 a 12 kilogramos; la producción es canalizada a México y Distrito Federal para consumo en fresco, y a Estados Unidos y Canadá para su industrialización (Macías *et al.*, 2013). El cultivo bajo condiciones de invernadero, es una opción de producción que permite proteger al cultivo de factores ambientales adversos, tales como, temperaturas extremas y mantener un mejor control de las plagas y enfermedades, lo cual permite mantener la calidad y cantidad de las cosechas. El objetivo de este trabajo fue determinar el rendimiento

del chile habanero con tratamientos de fertilizantes químicos y orgánicos bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en un invernadero con clima controlado, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA del INIFAP), en el municipio de Gómez palacio, Durango.

Para establecer el cultivo se produjo planta en charolas de unicel con 200 cavidades (una semilla por cavidad), con la variedad Orange. Las charolas se llenaron previamente con el sustrato peat moss, que se humedeció hasta alcanzar aproximadamente el 60% de humedad. Durante el período de germinación, las charolas se apilaron y se cubrieron con plástico negro para acelerar la germinación de la semilla.

La plántula se trasplantó a los contenedores (macetas) cuando alcanzó una altura de 15 cm y cuatro hojas verdaderas, entre los 50 y 60 días después de la siembra. El trasplante se hizo en contenedores con capacidad de 10 litros, los cuales se llenaron con los tratamientos de composta mezclados con el sustrato. La metodología se describe a continuación:

Los tratamientos con composta que se evaluaron en el experimento, fueron las dosis de 10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹ y 30 t ha⁻¹, además se incluyó un testigo con fertilización química con N-P-K con una dosis de 140-80-110 (Cuadro 1). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y diez repeticiones, cada repetición consistió en una maceta con una planta. Las variables evaluadas para rendimiento fueron diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de frutos, peso fruto, peso total de frutos, además de los datos fenológicos evaluados como altura de planta, número de flores, número de frutos.

Cuadro 1. Tratamiento de composta en chile habanero (*Capsicum annuum* J.) bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento No.	Dosis de Composta (t ha ⁻¹)
T1	10
T2	20
T3	30
Testigo (NPK)	140-80-110

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis estadísticos realizados mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables altura de planta y rendimiento de chile. Sin embargo, el ANOVA relacionado con el factor de los tratamientos con composta, determinó que no son estadísticamente diferentes entre sí, sin embargo, si existen diferencias significativas con el testigo, en el cual se aplicó solamente fertilización química (Cuadro 2). Al respecto, se puede mencionar que este efecto fue similar para el rendimiento de chile y la altura de planta con una diferencia bien marcada en las dos variables que aquí se presentan y que a continuación se discuten.

Con respecto a los rendimientos de chile habanero, los valores de las medias estadísticas se presentan en el Cuadro 2. Los resultados de la serie de datos originales del rendimiento mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, sin embargo, el rendimiento más alto se obtuvo con el testigo, que se fertilizó con productos químicos solamente, el cual tuvo una producción de 50.02 t ha⁻¹ y mostró una altura de planta de 50.3 cm. Resultados similares fueron reportados por algunos autores que resaltan la importancia del efecto de fertilización química combinada con la incorporación de abonos orgánicos en el manejo de un cultivo (Quintal-Ortiz *et al.*, 2012).

Los tratamientos con composta para la producción de chile habanero no mostraron diferencias significativas. En este ensayo se observó que los tratamientos de fertilización orgánica, con las dosis de 20 t ha⁻¹ y 30 t ha⁻¹, mostraron un rendimiento similar con una producción de 32.18 t ha⁻¹ y 32.48 t ha⁻¹ de chile habanero, respectivamente (Cuadro 2). Por otra parte, se mencionó, que el tratamiento con fertilización química tuvo un mayor efecto sobre la altura de planta mostrando un mayor vigor y por consecuencia, un mayor rendimiento, superando al tratamiento con fertilización orgánica con la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta, hasta en 14 cm en altura de planta y 23.65 t ha⁻¹ en rendimiento de chile habanero (Figura 1). Se ha observado que chile habanero responde altamente a la aplicación de nitrógeno, incrementando rendimiento y su calidad nutricional (Borges-Gómez *et al.*, 2010; Núñez-Ramírez *et al.*, 2011). La respuesta de este cultivo a la fertilización orgánica fue menor a la de los fertilizantes químicos, sin embargo, se debe considerar que la fertilización orgánica no suministra los nutrimentos de inmediato debido a que la liberación de N-P-K depende de la velocidad de mineralización de los materiales orgánicos incorporados (Medina-Lara, *et al.*, 2008).

Un sistema de producción de chile habanero puede ser sustentable y sostenible, al reducir paulatinamente las aplicaciones de fertilizantes químicos y combinar la fertilización con aplicaciones de compostas para balancear la nutrición del cultivo. Las fertilizaciones minerales

al suelo podrían potencializarse con el uso de compostas, ya que la aplicación de éstas mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, además mejora la eficiencia de absorción de nutrimentos y disminuye el impacto negativo al ambiente (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Noh-Medina *et al.*, 2010).

En la Figura 1 se observa una gráfica con los valores de las medias para la altura de planta del chile habanero y el efecto de los diferentes tratamientos evaluados. Se encontraron diferencias estadísticas para esta variable entre las dosis de composta de 10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹ y 30 t ha⁻¹, y el testigo con fertilización química, los cuales alcanzaron alturas de 39.6, 45.91, 48.96 y 53.64 cm respectivamente. Sin embargo, la altura de planta con 10, 20 y 30 toneladas de composta por hectárea, no fueron estadísticamente diferentes, con valores de 39.51 cm, 45.91 cm y 48.96 cm respectivamente. Se puede observar que existe una tendencia de un incremento en la altura de planta, al incrementar la dosis de composta, lo cual podría atribuirse a un mayor suministro de nutrientes (N-P-K) con una dosis de composta más alta (Figura 1).

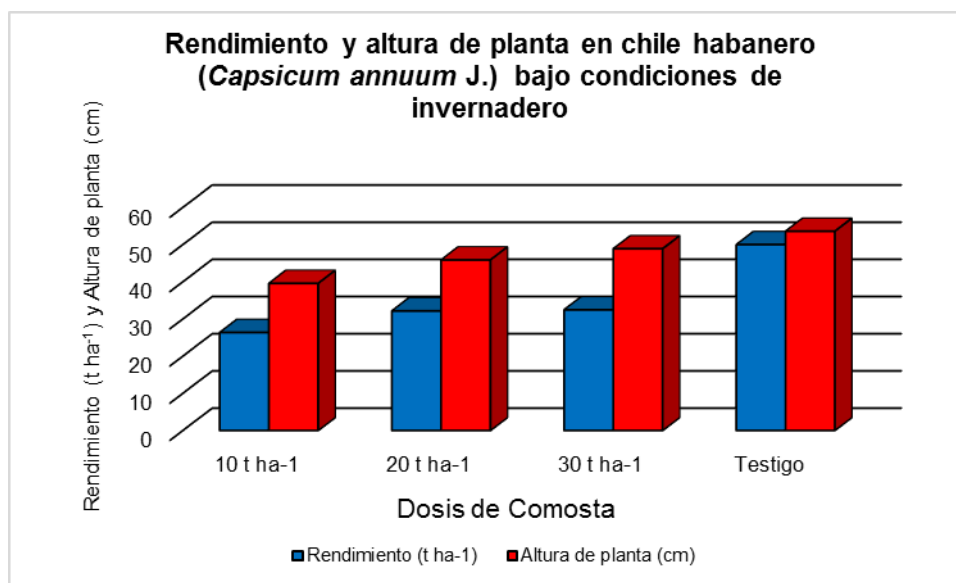
Cuadro 2. Rendimiento chile habanero (*Capsicum annuum* J.) con tratamientos de composta bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento No.	Dosis de Composta (t ha ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)
T1	10	26.37 bc	39.6 b*
T2	20	32.18 b	45.9 ab
T3	30	32.46 b	48.9 ab
Testigo (NPK)	140-80-110	50.02 a	53.6 a

*Los valores con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes.

Similar comportamiento fue observado por Tucuch-Haas *et al.*, (2012) al utilizar diferentes relaciones de fuentes de nitrógeno con NH₄⁺/NO₃⁻ y al incrementar las dosis escalonadamente, en chile habanero bajo condiciones de invernadero tipo túnel. Borges-Gómez *et al.*, (2010) también observaron que el rendimiento de chile habanero fue similar estadísticamente cuando se le aplicó 120 y 240 kg N ha⁻¹.

Figura 1. Rendimiento y altura de planta de chile habanero (*Capsicum annuum* J.) con tratamientos de composta bajo condiciones de invernadero.



CONCLUSIONES

-Las fertilizaciones minerales al suelo podrían potencializarse con el uso de compostas, ya que la aplicación de éstas mejora el suministro de macro y micro nutrientes por la liberación lenta de estos, además mejora la eficiencia de absorción de nutrientes.

-Se puede observar que existe una tendencia de un incremento en la altura de planta, al incrementar la dosis de composta, lo cual podría atribuirse a un mayor suministro de nutrientes (N-P-K) con una dosis de composta más alta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves Navarro A, F Juárez López, D Jesús Palma López, R López López, B Rivera Hernández, J A Rincón Ramírez, R Morales Colorado, R Hernández Alvarado y A Martínez Sánchez. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) en el estado de tabasco. Manual técnico. Tomo III.
- Borges-Gómez, L., L. Cervantes Cárdenas, J. Ruiz Novelo, M. Soria Fregoso, V. Reyes Oregel y E. Villanueva Couoh. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana. 28:35-41.
- FAO. 2015. Agricultura Organica. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/ca/es/>
- Macías Rodríguez H, J A Muñoz Villalobos, M A Velásquez Valle, Ma. del C Potisek Talavera, Ma. M Villa Castorena. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. Revista Chapingo serie zonas áridas, Vol. XII, Núm. 2.

- Medina-Lara F, Echevaría-Machado I, Pacheco-Arjona R., Ruiz-Lau N, Guzmán-Antonio A, Martínez-Estevez M. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). HortScience,; 43(5): 1549-1554.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Larringa-Mayoral JA, García-Hernández JL. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia, 2002; 27(8): 417-421.
- Noh-Medina J, Borges-Gómez L, Soria-Fregoso M. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2010; 12(2): 219-228.
- Núñez-Ramírez F., D. González-Mendoza, O. Grimaldo-Juárez y L. Cervantes Díaz. 2011. Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). International Journal of Agriculture & Biology. 13:827-830.
- Quintal-Ortiz Wendy C, Pérez-Gutiérrez A, Latournerie-Moreno L, May-Lara C, Ruiz-Sánchez E, Martínez-Chacón AJ. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Revista Fitotecnia Mexicana, 35(2): 155-160.
- SIAP-SAGARPA 2012. "Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación." México. Consultado el 27 de mayo de 2016 en: www.siap.sagarpa.
- Tucuch-Haas C. J., G. Alcántar-González, V.M. Ordaz-Chaparro, J.A. Santizo-Rincón y A. Larqué-Saavedra. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana. 30:9-15.

INFLUENCIA DEL BIOCARBÓN SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.)

Ernesto Concilco Alberto¹, Alejandro Moreno Reséndez¹

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México
e-mail: alejamorsa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Ante la creciente población mundial, es inherente la necesidad de más alimentos (United Nations, 2015), demandando mayor producción de los cultivos, incluyendo los forrajeros, los cuales, a su vez, son indispensables en el proceso de producción de alimentos de origen pecuario; se espera que dicha demanda sea satisfecha en los suelos agrícolas (Hungria *et al.*, 2016). Sin embargo, por diversos factores estos suelos han resultado dañados, lo que obstaculiza su productividad, comprometiendo, de tal forma, la seguridad alimentaria (Trupiano *et al.*, 2017). Para la remediación o mejora de las condiciones de los suelos, existe la opción de incorporarles materiales orgánicos, los cuales, influyen benéficamente sobre sus propiedades (Xie *et al.*, 2017), y como un interesante planteamiento, está el uso de biocarbón (Trupiano *et al.*, 2017). El biocarbón, es el subproducto sólido del proceso de pirólisis, en ambiente limitado de oxígeno, a temperaturas relativamente bajas (<700 °C), es resistente a la descomposición microbiana (Liao *et al.*, 2016), y ha demostrado tener efectos benéficos sobre el suelo (Biederman *et al.*, 2017), tanto en sus propiedades físico-químicas, como en la biológica (Mia *et al.*, 2017). Según Tripti *et al.* (2017), el biocarbón mejora el hábitat de los microorganismos benéficos del suelo, Wang *et al.* (2015) por otra parte, mencionan que puede mejorar la actividad enzimática. Esfadbod *et al.* (2017) entre otros investigadores han reportado que la capacidad de retención de elementos nutricionales y la humedad del suelo, se ven mejoradas con la aplicación de biocarbón. Trupiano *et al.* (2017) también reporta que beneficia la compactación del suelo, la materia orgánica y, por consiguiente, todos estos cambios, aportan mejoras sobre la germinación, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Sin embargo, son necesarios más estudios sobre sus efectos, ya que sus propiedades no serán siempre las mismas, debido a que éstas, dependerán de las características de la materia prima y las condiciones de la pirólisis con la que será elaborado (Clay *et al.*, 2016), además, sus efectos estarán influenciados por las cantidades de biocarbón aplicadas, las características del suelo y la especie vegetal, existiendo la posibilidad de encontrarse efectos nulos o, incluso negativos (Smebye *et al.*, 2016). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue conocer el efecto que

tiene la incorporación de biocarbón al suelo sobre parámetros de rendimiento y calidad del cultivo de Avena forrajera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) (25° 33' N, 103° 22' O) en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, durante el ciclo agrícola otoño-invierno del 2016. La región se encuentra a una altitud de 1100 msnm, el clima es seco-desértico, los promedios anuales totales de temperatura, evaporación y precipitación, son de 21 °C, 2000 mm y 258 mm, respectivamente (López-Martínez *et al.*, 2006). Los tratamientos evaluados fueron: (T1) fertilización de N-P-K (120-60-00 kg ha⁻¹, respectivamente), (T2) fertilización de N-P-K + 2.25 t ha⁻¹ de biocarbón, (T3) fertilización de N-P-K + 4 t ha⁻¹ de biocarbón, y (T0) que sirvió como testigo. El área total de la parcela experimental tuvo una dimensión de 160 m², la cual, fue distribuida en 16 unidades experimentales de 10 m² (2 m x 5 m). Las variables con respecto al rendimiento fueron altura de planta (AP) y rendimiento de materia verde (MV), éstas, fueron determinadas diez días antes de la cosecha y a los 110 días después de la siembra, respectivamente (Trujano *et al.*, 2008), además, se determinó el % de materia seca (MS) mediante el procedimiento utilizado por Reyes *et al.* (2010). Las muestras de forraje seco fueron molidas y almacenadas en frascos de vidrio para determinar posteriormente los parámetros relacionados con la calidad (NRC, 1985). La información obtenida se analizó bajo un diseño de bloques completamente al azar mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico SAS 9.0 y cuando hubo diferencias significativas, se realizaron comparaciones de medias a través de la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta, rendimiento de materia verde, y porcentaje de materia seca se muestran en el Cuadro 1. Se observa que en altura de planta hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) comparado con el testigo, mientras que en rendimiento de materia verde se aprecia diferencia significativa en T₂ y T₃ (63.85 y 56.90 t ha⁻¹, respectivamente) sobre los tratamientos t₁ (44.25) y t₀ (31.50); de acuerdo con Trupiano *et al.* (2017) se podría deber a que la aplicación del biocarbón incrementa el contenido total de N, C, P_{totales}, la CE, contenido de humedad, de tal forma que se aumenta la acumulación de biomasa. En el porcentaje de materia seca, no se obtuvo alguna diferencia significativa. Las determinaciones de los parámetros de calidad del forraje, se realizarán posteriormente.

Cuadro 1. Rendimiento del cultivo de Avena forrajera mediante la aplicación de biocarbón.

Tratamiento	AP (cm)	MV (t ha ⁻¹)	MS (%)
T ₀	89.5 _b	31.50 ^c	25.972 ^a
T ₁	108.6 ^a	44.25 ^{bc}	26.398 ^a
T ₂	119.94 ^a	63.85 ^a	29.003 ^a
T ₃	119.1 ^a	56.90 ^{ab}	26.678 ^a

Promedios con letras distintas en cada columna son diferentes estadísticamente. AP = Altura de planta, MV = materia verde, MS = materia seca.

CONCLUSIÓN

La incorporación de biocarbón al suelo, contribuye para aumentar el rendimiento del cultivo de avena forrajera, en las condiciones en que se desarrolló el presente experimento, debido probablemente a que se mejoran las propiedades del suelo, acondicionando sus capacidades inherentes al aprovechamiento de los recursos para cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Biederman, L. A., J. Phelps, B. J. Ross, M. Polzin y W. S. Harpole. 2017. Biochar and manure alter few aspects of prairie development: A field test. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 236: 78-87. doi:10.1016/j.agee.2016.11.016.
- Clay, S. A., K. K. Krack, S. A. Bruggeman, S. Papiernik y T. E. Schumacher. 2016. Maize, switchgrass, and ponderosa pine biochar added to soil increased herbicide sorption and decreased herbicide efficacy. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 1-11. doi:10.1080/03601234.2016.1170540.
- Esfadbod, M., I. R. Phillips, B. Miller, R. M. Rezaei, Z. M. Lan, P. Srivastava, B. Singh y C. R. Chen. 2017. Aged acidic biochar increases nitrogen retention and decreases ammonia volatilization in alkaline bauxite residue sand. *Ecological Engineering*. 98: 157-165. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.10.077.
- Hungria, M., M. A. Nogueira y R. S. Araujo. 2016. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 221: 125-131. doi:10.1016/j.agee.2016.01.024.
- Liao, N., Q. Li, W. Zhang, G. Zhou, L. Ma, W. Min, J. Ye y Z. Hou. 2016. Effects of biochar on soil microbial community composition and activity in drip-irrigated desert soil. *European Journal of Soil Biology*. 72: 27-34. doi:10.1016/j.ejsobi.2015.12.008.
- López-Martínez, J. D., A. Ávalos-Marines, E. Martínez-Rubín de Celis, R. Valdéz-Cepeda y E. Salazar-Sosa. 2006. Características físicas del suelo y rendimiento de maíz forrajero evaluados con labranza y fertilización orgánica-inorgánica. *Terra latinoamericana*. 24(3)
- Mia, S., B. Singh y F. A. Dijkstra. 2017. Aged biochar affects gross nitrogen mineralization and recovery: a 15 N study in two contrasting soils. *GCB Bioenergy*. 9(7): 1196-1206. doi:10.1111/gcbb.12430.

- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th ed. National Academy Press, . Washinton, D. C., USA
- Reyes, G. A., A. J. D. J. Espinoza, E. G. García, L. F. J. Pastor, C. R. Faz y H. M. Fortis. 2010. Evaluación de variedades de avena forrajera bajo condiciones de humedad residual en la Comarca Lagunera. Producción pecuaria - Agrofaz. 10(2)
- Smebye, A., V. Alling, R. D. Vogt, T. C. Gadmar, J. Mulder, G. Cornelissen y S. E. Hale. 2016. Biochar amendment to soil changes dissolved organic matter content and composition. Chemosphere. 142: 100-105. doi:10.1016/j.chemosphere.2015.04.087.
- Tripti, A. Kumar, Z. Usmani, V. Kumar y Anshumali. 2017. Biochar and flyash inoculated with plant growth promoting rhizobacteria act as potential biofertilizer for luxuriant growth and yield of tomato plant. Journal of Environmental Management. 190: 20-27. doi:10.1016/j.jenvman.2016.11.060
- Trujano, S. L. D., P. A. González, J. J. Jaimes, W. J. A. Cueto y S. J. R. Hernández. 2008. Organic, Chemical and Combined Fertilizers Evaluation on Forage Oats Quality and Yield. Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. 7: 73-82.
- Trupiano, D., C. Cocozza, S. Baronti, C. Amendola, F. P. Vaccari, G. Lustrato, S. Di Lonardo, F. Fantasma, R. Tognetti y G. S. Scippa. 2017. The Effects of Biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth, Soil Properties, and Soil Microbial Activity and Abundance International Journal of Agronomy. 2017: 1-12. doi:10.1155/2017/3158207.
- United Nations, D. o. e. a. S. A., Population Division. 2015. World Population Prospect: The 2015 Revision, Key Findings and Advances Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241.
- Wang, X., D. Song, G. Liang, Q. Zhang, C. Ai y W. Zhou. 2015. Maize biochar addition rate influences soil enzyme activity and microbial community composition in a fluvo-aquic soil. Applied Soil Ecology. 96: 265-272. doi:10.1016/j.apsoil.2015.08.018.
- Xie, W., L. Wu, Y. Zhang, T. Wu, X. Li y Z. Ouyang. 2017. Effects of straw application on coastal saline topsoil salinity and wheat yield trend. Soil and Tillage Research. 169: 1-6. doi:10.1016/j.still.2017.01.007.

MARCO CONSTITUCIONAL DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO

Sandra Cecilia Chávez Ramírez¹, María Pioquinta González Castillo², Maricela Esteban Méndez³

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, dependiente del Instituto Politécnico Nacional. sacecharaipn@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Pese a los esfuerzos políticos, sociales y culturales que desde diversos enfoques se han venido realizando a nivel global y local a efecto de atender una de las principales problemáticas como lo es el tema ambiental en su estricto sentido, la sociedad en general requiere para contribuir de manera paulatina pero efectiva al cuidado y conservación del medio ambiente y los recursos naturales que garantice un ambiente sano, de información simple y llana en sus diferentes vertientes como lo son: el aspecto de la salud y sobrevivencia de la vida natural, las implicaciones económicas y el aspecto normativo, entre otros, el cual se aborda en la presente investigación cualitativa bajo la metodología documental del tipo bibliográfico consistente en *el estudio de documentos escritos sobre un objeto determinado registrados para su consulta*, ello considerando que toda actividad humana se ve regida por el derecho entendido éste como *el conjunto de reglas de conducta para vivir en sociedad*, bajo postulados de justicia de donde el documento rector que las regula en nuestra nación es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que tiene como características principales las de ser de observancia general, obligatoria y la de estar dotada de supremacía, máxima ley de la cual a su vez derivan todas y cada una de las leyes existentes consideradas leyes secundarias que tendrán necesariamente que ser apegadas a sus lineamientos y jamás contravenirlos ya que de lo contrario resultarían inconstitucionales e inaplicables en consecuencia. Conocida también como la Carta Magna, establece las bases para tutelar los derechos humanos y para organizar los poderes del estado y sus funciones, de ahí su gran importancia. Se realizó un análisis exploratorio profundo dirigido a destacar el marco constitucional del medio ambiente fundamentalmente en dos leyes, precisamente de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos partiendo como base el derecho humano que tutela el artículo 4º en su quinto párrafo y que a la letra reza: *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”*, lo que obliga y compromete a conocer más acerca de la legislación que regula y garantiza su cumplimiento, enseguida se analizaron sus numerales 25, 27 y 73, mismos que dan fundamento a la creación de las leyes de

orden ambiental como la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (L.G.E.E.P.A), entre otras; finalmente se identificaron para su estudio las disposiciones relativas al ambiente en la diversa Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Durango.

Arribando a la conclusión que para efectos de que la sociedad se vea beneficiada en la conservación de un ambiente sano para su desarrollo y sobrevivencia es sustancial que se conozca el fundamento constitucional del medio ambiente y se reconozca además, que una ley no es creada a capricho sino a raíz de una necesidad primaria de atender nuevas demandas que emergen en el cambio de paradigma socio ambiental en éste caso, es decir, que la humanidad considerada como el mayor depredador de la tierra da causa a regular jurídicamente su actuar en pro de evitar daños mayores en detrimento de la humanidad.

El objetivo general del trabajo realizado es el de generar información sencilla y clara acerca del marco constitucional del medio ambiente en México, con el propósito de revelar la importancia de su cuidado y conservación. Los objetivos específicos son: a) Analizar la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos vigente. b) Analizar la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Durango. c) Generar información constitucional relativa al medio ambiente. d) Difundir los resultados a través diferentes foros.

BASES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de corte cualitativo y fue guiada bajo la metodología documental bibliográfica, mediante la cual se precisó de explorar para su estudio y análisis exhaustivo los documentos elegidos consistentes tanto la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos así como la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Durango, en el orden siguiente:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (C.P.M.)

Como ya ha quedado escrito, la CPM se traduce en la máxima ley nacional que aunque compuesta por tan sólo 136 artículos es considerada como una de las mejores del mundo por su sencillez, claridad y pertinencia, de ella emana la organización jurídica del país y leyes existentes.

Es así que, de inicio se explora su artículo^{1º}, párrafos primero y tercero, los cuales estos disponen que:

Párrafo primero: *“En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio*

no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece.

Lo que refiere a que sin importar la nacionalidad de quien resida o se encuentre de tránsito en la República Mexicana, se han de respetar los derechos inherentes a su calidad humana.

Párrafo tercero: Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley.”

El término derecho humano se estableció para efectos de la CPM por reforma en el mes de Junio del año 2011.

Un derecho humano relacionado directamente con el medio ambiente se encuentra en lo previsto en el párrafo quinto de su artículo 4º que señala que *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”*.

Los mecanismos para que la autoridad responda a éste deber constitucional llevan a la creación de leyes y lineamientos de carácter jurídico-obligatorio.

Se considera como un antecedente a este derecho humano de gozar de un ambiente sano, la creación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (L.G.E.E.P.A.) el 28 de enero de 1988, la que establece textual en su artículo 1º que *“La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:*

I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar;

II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;

III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;

VII.- Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;

VIII.- El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución;

IX.- El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental, y

X.- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan. En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento". Ley que se derivó del artículo 27 de la ley en cita por ser ésta la disposición legal en la que se aborda desde entonces la situación de los recursos naturales y ya se avizoraba en ésta una somera regulación para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en general y que en resumen dispone que *la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.*"

Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional.

Tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la Nación es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones.

Regula además la propiedad privada a fin de proteger el interés público y el beneficio social, en razón del:

- Aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación;
- Cuidado de su conservación;
- Desarrollo equilibrado del país;
- Mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana;
- Establecimiento adecuado de provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques;
- Fomento de la agricultura, la ganadería, la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural;

Así como también evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad así como los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas Los ríos, mares, lagos, lagunas, estero, manantiales, cauces, vasos, riberas, y mantos acuáticos diversos, como se indica en la Figura 1.

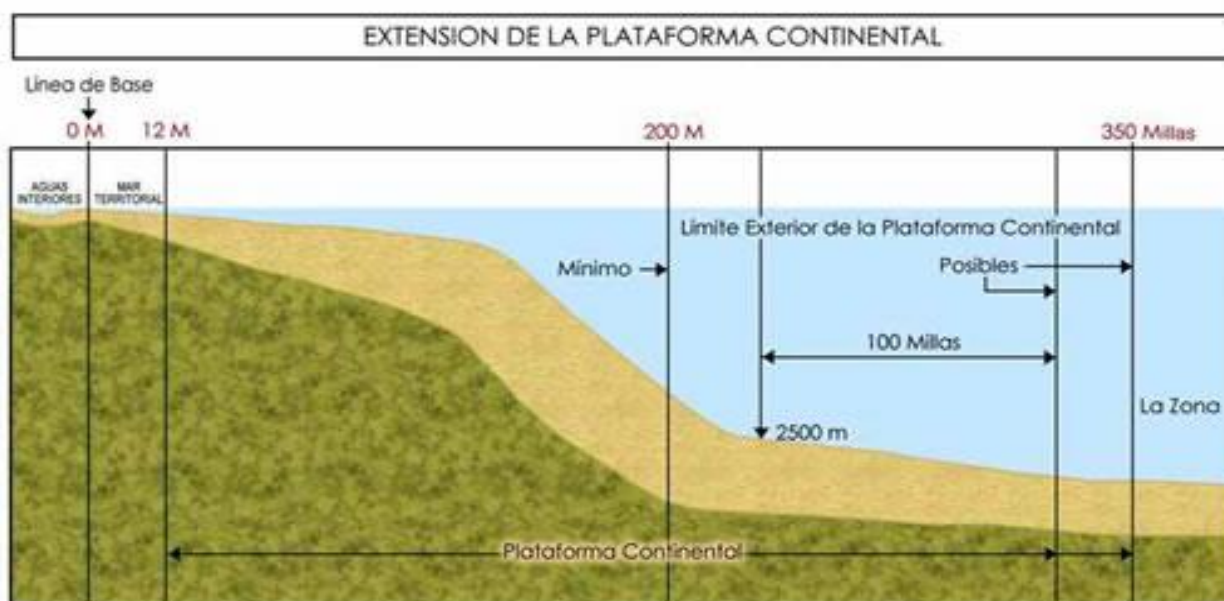


Figura 1. Extensión de la plataforma continental. Fuente: Imagen del manual "Intereses marítimos Nacionales". Armada Argentina.

Los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas, los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos, los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser

utilizadas como fertilizantes, los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos.

Todo ello en el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional.

A su vez y en el mismo orden de ideas se expone que el 10 de agosto de 1987, se reforman el mencionado artículo 27 y 73-XXXIX-G para dar lugar a la creación de un marco legal concreto para la materia ecológica. Es así que el artículo 73 relativo a las facultades del Congreso de la Unión, en su Fracción XXIX-G, dispone que *para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de las entidades federativas, de los Municipios y, en su caso, de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.*

Su Fracción XVI en el apartado cuarto cita que *“Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la Campaña contra el alcoholismo y la venta de sustancias que envenenan al individuo o degeneran la especie humana, así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental, serán después revisadas por el Congreso de la Unión en los casos que le competan”.*

Complementa el renglón constitucional del ambiente el artículo 25 párrafo octavo que establece que *“Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente”.* Rigiendo a través de éste, la forma en que los grupos empresariales y productivos, públicos o privados tendrán que ajustarse en su desarrollo a los lineamientos de cuidado y conservación del medio ambiente.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Durango

Emanada de la CPM, y en apego a sus disposiciones jurídicas, la Constitución Política del estado libre y soberano de Durango refrenda la importancia de los derechos humanos en su artículo 1º en sus párrafos primero y quinto.

Párrafo primero: a la letra reza *“En el Estado de Durango, la dignidad y la libertad de la persona, son la base de los derechos humanos; constituye deber de todas las autoridades su respeto, garantía, promoción y protección. Toda persona gozará de los derechos establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la presente Constitución, en los instrumentos internacionales ratificados por el Estado Mexicano y en las leyes secundarias.*

Párrafo quinto: *Esta Constitución garantiza el principio de legalidad, la jerarquía normativa, la publicidad de las normas, la seguridad jurídica y la prohibición de la arbitrariedad del poder público.*”.

Aparece ya el orden normativo del derecho humano a un medio ambiente sano, en el numeral 26 el cual ordena que: *“Las personas tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo, así como la obligación de conservarlo.*

Todo daño al ambiente, además de las correspondientes sanciones, conllevará la obligación de restaurar el ecosistema dañado e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

El diverso artículo 40 Fracción VII ordena que: *“El Estado establecerá las políticas del desarrollo económico, social y humano, de manera integral y sustentable, que fortalezcan el régimen democrático y que, mediante el desarrollo económico, la generación de empleos, y una justa distribución del ingreso y la riqueza, permitan mejorar las condiciones de vida de la población en general y el desarrollo equilibrado de las regiones que integran el territorio estatal.*

VII. Construir un sistema económico y productivo sustentable y respetuoso del medio ambiente.”.

Complementando finalmente lo anterior, el artículo 42 establece que: *“El Estado promoverá el desarrollo económico sustentable, basado en la regulación y fomento del uso de tecnologías para el manejo adecuado del medio ambiente y el aprovechamiento racional de los recursos naturales. En el Estado será prioritario el desarrollo y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía”.*

En el conjunto de disposiciones jurídicas de ésta ley local se refleja un apego legal a la CPM, surtiendo así la legalidad en la aplicación de las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la investigación realizada, se obtiene un enriquecedor análisis sencillo pero claro acerca del marco constitucional que rige el aspecto ecológico y del ambiente, atendiendo a necesidades de conocimiento e involucramiento en los procesos de cuidado y conservación del medio, que tienda a garantizar un desarrollo sano y armonioso que posibilite la subsistencia de la humanidad por largo tiempo, en condiciones favorables y sustentables.

Ser testigos de los graves cambios en la tierra no es casualidad, se han generado por el modo de vida de los individuos que la conforman, y ejemplo de ello es el cambio climático que vemos cómo ha ido sufriendo alteraciones a través del tiempo y con el surgimiento de grandes empresas creadoras de innumerables productos que requieren de la industria que afectan invariablemente al ambiente generalmente al propiciar gas de efecto invernadero, provocando

daños en ocasiones irreversibles que no pueden subsanarse con la sola aplicación de sanciones económicas o de pena corporal a manera reparación del daño sino a través de mitigaciones y remediaciones que precisan de mucho tiempo y grandes esfuerzos para verse la recuperación de aquello que en corto lapso se destruye.

CONCLUSIONES

Es conveniencia social difundir el mayor conocimiento desde las diversas aristas políticas, sociales, económicas, culturales y legales acerca del medio ambiente, su importancia y todo aquello que lo rodea a fin de hacer efectivo el derecho humano consagrado en el multicitado párrafo quinto del artículo 4º de la C. P.M. en vigor, de gozar de un medio ambiente sano y no dejarlo todo en manos de las autoridades. Este documento tiene como propósito ilustrar el origen de las leyes y lineamientos ambientales como es el caso de la L.G.E.E.P.A. que por ser de estricto y especial estudio se reservó entrar de forma exhaustiva a su estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Congreso del Estado de Durango. (2017). Constitución Política del Estado libre y soberano de Durango. México. www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_240217.pdf
- Congreso de la Unión. (2017). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México. congresodurango.gob.mx
- Enciclopedia Jurídica. <http://www.encyclopedia-juridica.biz14.com/d/derecho/derecho.htm>
- Extensión de la plataforma continental. (2008). Manual "Intereses marítimos nacionales". www.nuestromar.org
- Guillermo, C. Silvia G. (2003). Guía de autoaprendizaje. México. <http://www.enba.sep.gob.mx>

COMPORTAMIENTO DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO EN DOS VARIEDADES DE SORGO DE DIFERENTE PROPÓSITO

Anaya S. A.¹, Núñez H. G.², Martínez R. J. G.¹, Isidro R. L. M.¹, Torres H. D.¹

¹INIFAP CIRNOC C.E. La Laguna

²Catedrático de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
anaya.antonio@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En la Región Lagunera una de las principales actividades económicas es la producción de leche de bovino y el forraje que tiene el propósito de satisfacer la demanda y por lo tanto toma gran importancia. Uno de los obstáculos con los que se encuentra esta actividad es que la Región Lagunera es una región árida con baja disponibilidad de agua que es un resultado de condiciones naturales. Sin embargo, la agricultura utiliza para la producción de alimentos el 76.6 % del agua disponible (FAO, 2007), generando la necesidad de un uso eficiente del recurso agua y con ello la productividad del recurso hídrico, por otro lado, la calidad de los forrajes es otro punto importante que tiene una incidencia directa en la producción de leche. Esta actividad está basada en la producción de forraje bajo riego, no hay otra forma de llevarlo a cabo y ello trae una región con problemas de abatimiento de acuíferos como resultado de la sobreexplotación. Actualmente son pocos cultivos los que se producen para forraje (maíz, sorgo, cereales de invierno y alfalfa), cada uno de estos presentan características particulares en calidad y productividad del agua. El sorgo forrajero tiene ventajas en alta productividad de materia seca por unidad de superficie (Anaya *et. al.* 2015), y resistencia a déficit de humedad en el suelo, eficiencia en el uso del agua y tolerancia a suelos salinos en comparación al maíz forrajero. Sin embargo, la desventaja principal del sorgo forrajero es que su calidad nutricional es menor en relación al maíz forrajero (Ouda, 2001). Debido a la situación de baja disponibilidad de agua y con el objetivo en la productividad de este recurso se hace conveniente indagar en relación a el potencial de producción de leche entre las variedades de esta especie forrajera. En una revisión de 25 años de investigación con sorgo para ensilaje, Bolsen (2004) resumió las características del ensilaje de sorgo de grano y ensilaje de sorgo forrajero. White (1989) señalan diferencias importantes en el ciclo de variedades forrajeras. En general, con las variedades de ciclo más largo se tienen mayores concentraciones de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, debido en parte a menores porcentajes de panoja en comparación a variedades de ciclo más precoz. Por otra parte, se observaron interacciones significativas entre variedades y año para características agronómicas y nutricionales. Siefers *et. al.* (1997) se

encontró que las variedades de sorgo grano tuvieron mayores porcentajes de materia seca, proteína cruda y menores concentraciones de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. Así mismo se reporta menos variabilidad en sorgos de grano que en el caso de los sorgos forrajeros. En general, los sorgos de nervadura café tienen concentraciones similares de proteína cruda, pero concentraciones menores de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina que sorgos normales. Lo anterior se refleja en una mayor digestibilidad in vitro de la materia seca. Miller y Stroup (2004) indican una variabilidad de 6.9 a 10.5 % en proteína cruda, 40.7 a 60.1% en fibra detergente neutro, 24.3 a 35.0 % en fibra detergente ácido y de 75.1 a 84.2 % en digestibilidad in vitro. De tal manera que el sorgo forrajero es una alternativa para la producción de forraje durante los ciclos de primavera y verano en la Región Lagunera (Núñez *et. al.* 2015). En particular, es una buena opción para la producción de forraje en condiciones limitadas de agua de riego y en suelos con problemas de salinidad. El sorgo forrajero se utiliza en raciones balanceadas para vacas lecheras de mediana producción en cantidades limitadas debido a su menor calidad nutricional que el maíz forrajero; sin embargo, se utiliza más en raciones para vacas secas y vaquillas en desarrollo que son una parte importante en el proceso que posteriormente se llega a vaquillas en producción. En la Región Lagunera se utilizan las variedades de sorgo denominadas forrajeras. Estas variedades generalmente son de porte alto, porcentaje bajo de panoja, ciclo mayor de 100 días al corte, alto rendimiento, pero su calidad nutricional del forraje es baja. La selección de variedades para forraje se basa en información de producción de materia seca por hectárea y variables de interés de calidad nutricional. En relación a la calidad nutricional, las evaluaciones consideran variables de composición química como proteína cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro; así como digestibilidad de la fibra neutro detergente y el contenido de almidón, en adición a su valor de energía neta de lactancia. La digestibilidad de la fibra neutro detergente representa la fracción digestible de la fibra, es fuente de energía y contribuye a maximizar síntesis de proteína microbiana, consumo y producción de leche. El almidón es fuente de carbohidratos que aporta energía que disminuye problemas de acidosis ruminal, mejora eficiencia en el uso de energía consumida por el ganado y es fuente de glucosa para la síntesis de lactosa en la leche. La estimación del potencial de producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea se incluye, ya que actualmente se están incluyendo en evaluaciones de variedades para forraje y que nos da referencia a la producción de leche esperada. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de producción de leche de dos variedades de sorgo, un sorgo forrajero y el otro grano en parcelas demostrativas establecidas en la Región Lagunera.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación se estableció en terrenos del Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coah., los suelos son de textura arcillosa, su contenido de materia orgánica es bajo, el pH es alcalino y no se tienen problemas de sales. Las variedades que se evaluaron fueron: Silo Sweet y M600. La siembra se realizó el 24 de abril del 2014 en seco. La fertilización fue 320-80-00 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio por ha, respectivamente. La densidad de siembra fue de 12 kg ha⁻¹. Los riegos de auxilio que se aplicaron fueron de la siguiente forma: un sobre riego ligero a los 11 dds y 31, 51, 72 y 89 riegos de auxilio. Para el control de gusano cogollero se aplicó clorpirifós etil granulado planta por planta. Adicionalmente, se realizaron aplicaciones de clorpirifós etil líquido a una dosis de 750 ml ha⁻¹ y cipermetrina a una dosis de 500 ml ha⁻¹. Así mismo, se realizó una aplicación de metamidofos a una dosis de 750 ml ha⁻¹ para el control de pulgón. La cosecha se efectuó cuando el grano estuvo en estado de lechoso-masoso a masoso en todos los casos. En muestras representativas, se determinó el porcentaje de materia seca en una estufa de aire forzado a temperatura de 60 °C y se molieron empleando un molino Willey con una criba de 1 mm. Los análisis de calidad nutricional se llevaron a cabo en muestras representativas tomadas al azar en cada parcela. Se determinaron los porcentajes de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN), en un aparato de espectroscopia en el cercano infrarrojo previamente calibrado con análisis en el laboratorio. La energía neta de lactancia se determinó de acuerdo a la NRC (2001). El potencial de producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea se determinó empleando los Programas Milk 2006 y Milk 2013 desarrollados por la Universidad de Wisconsin. El trabajo experimental se estableció en parcelas demostrativas. La parcela experimental consistió de 12 surcos de 0.76 X 45 m y la parcela útil fue de dos surcos con 6 m de largo. Las medias se compararon utilizando el método de mínimos cuadrados (P<0.05). Los análisis estadísticos mencionados se efectuaron de acuerdo a los procedimientos de Steel y Torrie (1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las condiciones climáticas que se tuvieron durante los experimentos en el ciclo de primavera 2016. La temperatura media en el ciclo fue de 26.6 °C que se considera una temperatura adecuada para el desarrollo del sorgo forrajero. Sin embargo, al final del ciclo se tuvo un período en que las altas temperaturas afectaron la producción.

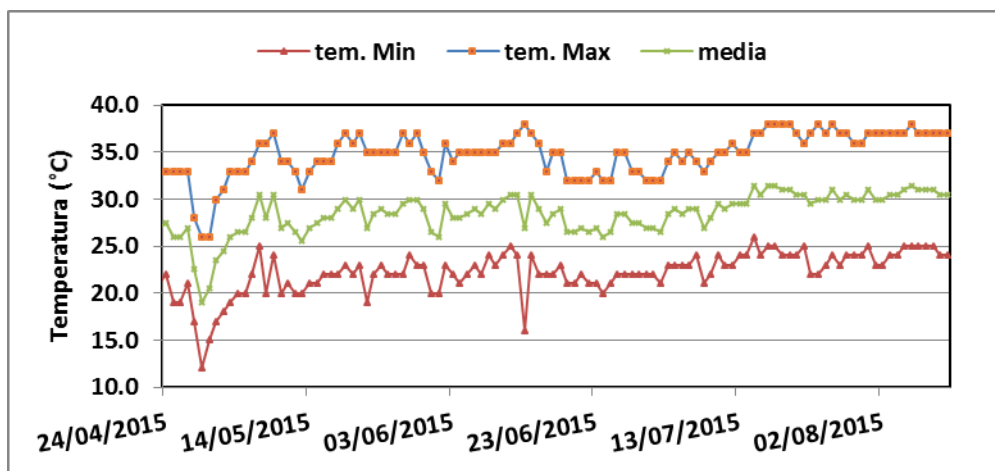


Figura 1. Condiciones climáticas a través del ciclo de primavera 2016, CELALA.

Características agronómicas.

En el Cuadro 1 se presentan las características agronómicas de las variedades de sorgo evaluadas. La variedad Silo Sweet tuvo una altura de 2.99 m (Tipo forrajero), mientras que en la variedad M600 la altura fue de 1.58 m (tipo grano). Las dos variedades florecieron a los 85 días. La variedad M600 (grano) se cosechó a los 95 días después de la siembra, mientras que la variedad Silo Sweet se cosechó a los 103 días.

Cuadro 1. Características agronómicas de materiales de sorgo para forraje evaluados en primavera en la parcela demostrativa 2016. Región Lagunera.

Hibrido	Altura, m	Floración Masculina (dds)	Días a cosecha
SILO SWEET	2.99 A	85 a	103 a
M600	1.58 B	85 a	95 b
Media	2.29	85	99
DE	1	0	5.66

† Medias dentro de cada columna con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). DE - Desviación estándar.

La producción de forraje verde fue de 55.05 ton/ha para la variedad Silo Sweet y de 34.60 ton ha⁻¹ para la variedad M600. Las producciones de forraje seco fueron de 14.02 y 8.65 ton ha⁻¹ para las variedades Silo Sweet y M600, respectivamente (cuadro 2). Así mismo, los porcentajes de panoja de ambas variedades fueron 14.43 y 23.63 %, respectivamente.

Cuadro 2. Producción de forrajes y porcentaje de panoja de las variedades de sorgo para forraje, evaluadas en primavera en la parcela demostrativa 2016.

Hibrido	Forraje verde ton ha ⁻¹		Forraje seco ton ha ⁻¹		Materia seca %		Panoja%	
SILO SWEET	55.05	A	14.02	a	25.54	A	14.43	a
M600	34.60	A	8.65	a	25.44	A	23.63	a
Media	44.83		11.33		25.49		19.03	
DS	14.46		3.8		0.07		6.51	

† Medias dentro de cada columna con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). DE - Desviación estándar.

Calidad nutricional. Los porcentajes de proteína cruda fueron 7.5 y 8.0 % para las variedades Silo Sweet y M600, respectivamente. La variedad Silo Sweet tuvo mayores concentraciones de fibra detergente ácido y fibra detergente neutro (34.23 y 62.17 %, respectivamente) que la variedad M600 que tuvo 31.27 y 56.93 % (cuadro 3). La variedad M600 tuvo una digestibilidad de la fibra detergente neutro de 61.67 % similar a la variedad Silo Sweet con 60.33 %. La variedad M600 tuvo 14.47 % de almidón Vs 9,50, lo cual se reflejó en un valor de energía de 1.29 Vs 1.21 Mcal kg⁻¹ de materia seca.

Cuadro 3. Calidad nutricional de variedades de sorgo para forraje evaluados en primavera en la parcela demostrativa 2016. Región Lagunera.

Hibrido	PC; %		FDA, %		FDN, %		D FDN 30 H, %		ALM, %		ENI, Mcal/kg de MS	
SILO SWEET	7.5	b	34.23	a	62.17	a	60.33	a	9.50	A	1.21	a
M600	8.0	a	31.27	a	56.93	a	61.67	a	14.47	A	1.29	a
Media	7.75		32.75		59.55		61.00		11.98		1.25	
DS	0.35		2.10		3.70		0.94		3.51		0.05	

† Medias dentro de cada columna con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). PC- proteína cruda; FDA - Fibra detergente ácido; FDN - Fibra detergente neutro; DFDN - Digestibilidad de la fibra detergente neutro; ALM-Almidón; ENI - Energía neta de lactancia. DE - Desviación estándar. La producción de leche fue de 1,184 y 1,227 kg por tonelada de materia seca; la cuál fue estadísticamente similar ($P > 0.05$). De la misma manera, la producción de leche por hectárea fue similar con 16,630 y 10,629 kg/ha, respectivamente ($P > 0.05$).

La producción de leche fue de 1,184 y 1,227 kg por tonelada de materia seca; la cuál fue estadísticamente similar ($P > 0.05$). De la misma manera, la producción de leche por hectárea fue similar con 16,630 y 10,629 kg ha⁻¹, respectivamente ($P > 0.05$).

Cuadro 4. Potencial de producción de leche en variedades de sorgo para forraje evaluadas en la parcela demostrativa en Primavera 2016.

Variedad	Leche, kg ha ⁻¹ de MS		Leche, kg ton ⁻¹ de MS	
SILO SWEET	1,184	a	16,630	a
M600	1,227	a	10,629	a
Media	1,206		13,629	
DE	30		4,243	

CONCLUSIONES

La mejor respuesta en las variables altura, se presentó en la variedad silo sweet (2.99m) a diferencia del sorgo M600 con un porte bajo. La duración del ciclo para llegar al punto de cosecha fue mayor en el sorgo forrajero silo sweet de 105 que no se vio reflejado significativamente en la variable de producción de forraje seco con 14.02 ton ha⁻¹, en la variable de calidad proteína cruda el sorgo m600 presento el valor más alto 8.0 %y en general presento mejores valores en calidad el material M600, sin embargo, no hubo diferencia significativa entre ambas variedades de sorgo reflejada en la variable potencial de producción de leche (16, 630 kg ton de ms⁻¹) en silo sweet el cual está por debajo de la media de potencial de producción de leche que presenta el maíz.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya S. A., Núñez H. G.1, Faz C. R., Serrato M. H. A., Ríos V. M. E., Granados N. J. A. 2015., respuesta en rendimiento y eficiencia del uso del agua en dos variedades de sorgo forrajero de verano. Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. pp. 335-341.
- Bolsen, K. K. 2004. Sorghum Silage: A Review of 25 Years of Research at Kansas State University. A paper for the Southeast Dairy Herd Mngt. Conf, Macon, GA;
- FAO. Information System on Water and Agriculture, Aquastat. 2007.
- Miller, F. R. and J. A. Stroup, MSc. 2004. Growth and management of sorghums for forage Production. In: Proceedings, National Alfalfa Symposium, San Diego, CA, UC Cooperative Extension, University of California, Davis 95616.
- Núñez H. G., Anaya S. A., Faz C. R., Serrato M. H. S. 2015. Variedades de sorgo para forraje con alto potencial de producción de leche de bovino. AGROFAZ VOLUMEN 15 NÚMERO 1 pp. 39-45
- Ouda., J. O. 2001. The potential of sorghum as ruminant feed resource. TSAP PROCEEDINGS VOL. 28. pp. 1-5.
- Siefers, M. K., J. E. Turner, G. L. Huck, M. A. Young, S. A. Anderson, R. V. Pope, and K. K. Bolsen. 1997. Agronomic and silage quality traits of forage sorghums cultivars in 1995. Kansas Agric. Exp. Sta. Rep. Progr. 783:75-79.
- White, J. S. 1989. Effect of plant type on the yield, quality, and nutritive value of forage sorghum silage. Ph D Dissertation. Kansas State University, Manhattan
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics (2nd Ed). McGraw-Hill Book Company

ENSAYO DENDROQUÍMICO CON *Taxodium mucronatum* EN EL RIO SABINAS COAHUILA

¹Reyes Camarillo-Fatima, ²Villanueva Díaz José, ³Aldo Martínez Sifuentes

¹ Universidad Autónoma de Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango *fatimareyeca@gmail.com, ²Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Gómez Palacio Durango ³Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Gómez Palacio Durango México.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es una problemática global que se ha intensificado en el último siglo, lo cual genera un desequilibrio natural, estas problemáticas se han vuelto más complejas por diferentes circunstancias, como el acelerado y desordenado crecimiento del sector industrial (INE-Semarnat, 2011). Entre las principales fuentes de contaminación del agua y suelo se encuentran desechos químicos generados por industrias. Este problema afecta directamente a los mantos freáticos sobre todo en el norte del País (Bundush, 2012).

La zona de influencia del río Sabinas en Coahuila, es uno de los sitios de estudio que presenta impactos originados principalmente por el desarrollo de actividades económicas, ligadas de manera directa con la explotación de los recursos minerales. Los efectos de estas actividades se manifiestan en la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. Los depósitos de carbón presentes en las regiones aledañas se vierten en cantidades importantes, que pueden actuar como agentes reductores del agua entre otros efectos. Uno de ellos es la disminución del oxígeno en el agua, lo anterior puede facilitar la precipitación de metales pesados que se transportan en solución de origen natural o antropogénico. Aparte de la acidificación de las aguas, se promueve la lixiviación de metales (Instituto Coahuilense de Ecología, 2002).

La dendroquímica es una herramienta que permite medir la concentración de diferentes elementos en suelos, ríos y aguas subterráneas mediante diversos métodos analíticos (Jean Christophe *et al*, 2009). Esta ciencia es de gran importancia para estudios ambientales, sin embargo, la mayoría de estudios dendroquímicos se han realizado en países desarrollados, ya que los registros históricos de contaminación con series de tiempo son más largas (Cantin, 2003). Por lo tanto, es de gran importancia realizar estudios de este tipo para determinar los posibles contaminantes que pueden afectar a determinada especie arbórea.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio se localiza en el río Sabinas Coahuila situado dentro las coordenadas geográficas 27°09'18" a 28°57'58" latitud norte y 100°35'33" a 102°23'53" longitud oeste (Villanueva *et al.*, 2014) (Figura 1). Las muestras se obtuvieron del arbolado de galería o ripario (*Taxodium mucronatum* Ten.) que se encuentra a las orillas del río sabinas, las muestras fueron tomadas de una colecta realizada en el año 2004.

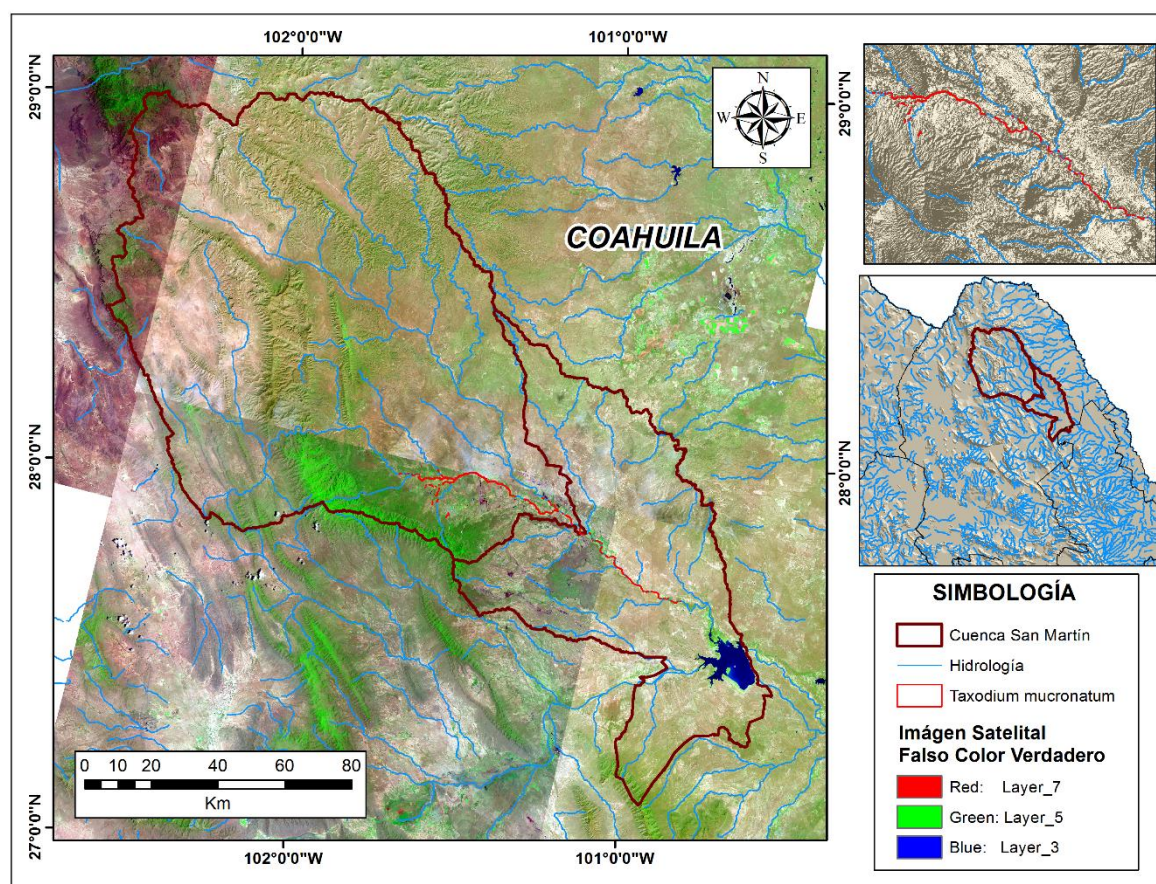


Figura 1. Ubicación de la cuenca San Martín en el estado de Coahuila, donde el río Sabinas es la corriente principal la cual desemboca en la presa Don Martín (Villanueva *et al.*, 2014).

El pre-fecha de las muestras se realizó con técnicas establecidas por Stokes and Smiley (1968). La verificación de fecha se realizó con el programa COFECHA (Holmes, 1983). Una vez verificado el fecha se generó la cronología, referente a una serie de promedios de valores del índice de crecimiento anual (Fritts, 1976), tales datos son generados a través del programa ARSTAN, el cual remueve todas las variables no relacionadas con el clima (Cook, 1987). Una vez identificadas las fechas en cada núcleo de crecimiento, se tomaron dos muestras y se cortaron los anillos necesarios (5-10 años) para el análisis químico (0.3 gr), el cual fue realizado

por medio de espectrometría de absorción atómica SPECTRAAA 200 marca Varian, en el Laboratorio de Servicios de la carrera de Biología (Absorción atómica). UNAM Unidad FES-Zaragoza Campus II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de Fe más elevadas para la muestra uno, se encuentran en el periodo de 1981 a 1990 y las más bajas en el periodo de 1970 a 1980 (Tabla 1), mientras que en la muestra dos el periodo de mayor concentración es de 1996 al 2010 y el de menor concentración de 1951 a 1965 (Tabla 2). Al promediar las concentraciones en los periodos entre la muestra uno y dos se observa un aumento sobresaliente de Fe en los últimos 30 años (Figura 2).

Tabla 1. Concentraciones de Fe por periodo para la muestra 1 de *Taxodium mucronatum* Ten.

Periodo	Concentración de Fe (ppm)
1991-2010	0.633
1981-1990	0.958
1970-1980	0.215

Tabla 2. Concentraciones de Fe por periodo para la muestra 2 de *Taxodium mucronatum* Ten.

Periodo	Concentración de Fe (ppm)
1996-2010	0.814
1981-1995	0.591
1966-1980	0.364
1951-1965	0.171
1936-1950	0.191

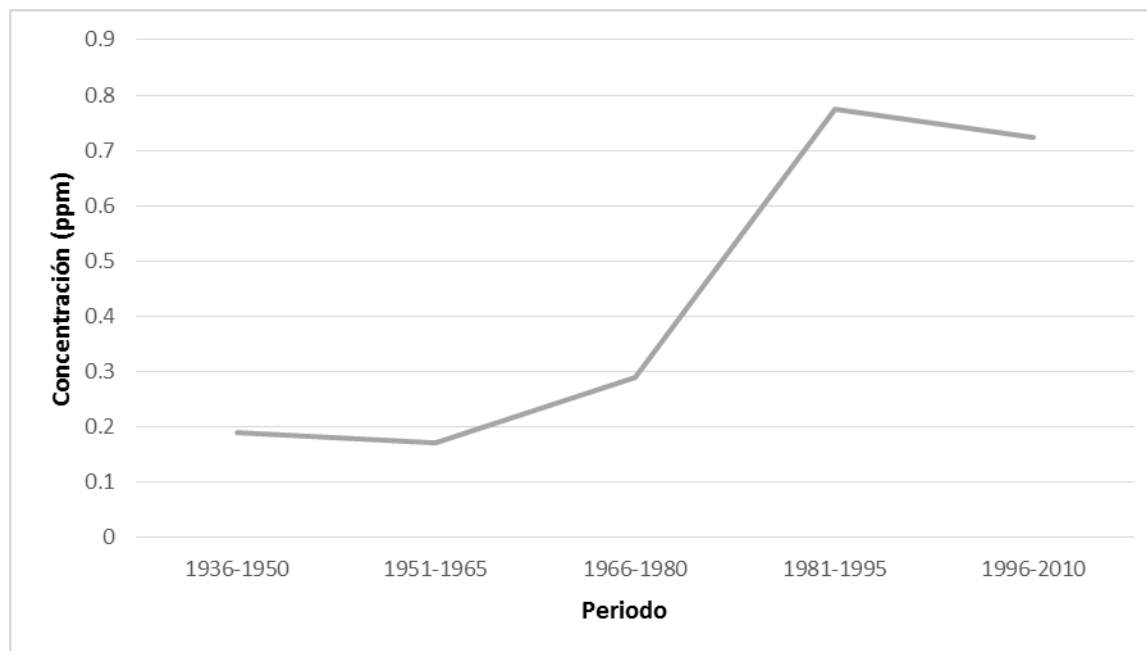


Figura 2. Fluctuación de la concentración de Fe para el periodo de 1936-2010.

CONCLUSIONES

La contaminación originada por el desarrollo de actividades económicas, ligadas a la explotación de recursos minerales puede ser la causa del aumento de absorción de Fe en los últimos 30 años, al ser comparada con periodos de 1936 a 1980 donde las concentraciones eran un 65% más bajas. Aunque son resultados preliminares, a través de los anillos de los árboles se puede vislumbrar el derivado de actividades industriales y mineras, lo cual puede ser un problema para el arbolado de la zona carbonífera, el cual se encuentra directamente en contacto con las afluentes del río sabinas, mismo en el que se descargan la mayoría de los desechos minero- industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Bundschuh J, Litter MI, Parvez F, Roman-Ross G, Nicolli HB, Jean JS, et al., 2012. One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *Sci Total Environ*; 429:2-35.
- Cantin Aranda Milssen 2003. Utilización de Anillos de Crecimiento de Ciprés (*Cupressus macrocarpa* Hatw.) Para inferir el patrón Temporal de Contaminación en ventanas, V región. Tesis. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía.
- Cook, R.E. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin*, 47, 37-59.
- Fritts, H.C. 1976. *Tree-rings and Climate*. Academic Press, London New York. San Francisco.
- Holmes, R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69-78.

- INE-Semarnat, 2011. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Instituto Coahuilense de Ecología del Gobierno del Estado de Coahuila 2002. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Plan de manejo del área de protección de los recursos naturales del Río Sabinas. México.
- Jean Christophe Balouet, Kevin T. Smith, Don Vroblesky and Gil Oudijk, 2009. Use of Dendrochronology and Dendrochemistry in Environmental Forensics: Does It Meet the Daubert Criteria, *Environmental Forensics*, 10:268–276.
- Stokes, M.A. and T.L. Smiley. 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago.
- Villanueva Díaz José, Constante García, Cerano Paredes Julián, Martínez Sifuentes Aldo. 2014. La cuenca San Martín y Situación del Ahuehuate (*Taxodium mucronatum Ten*), Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Gómez Palacio, Durango. México.

FITOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE LA GUÁCIMA (*Guazuma ulmifolia*)

Abelardo Camacho Luis¹, Maricela Esteban Méndez^{2*}, Sandra C. Chávez Ramírez^{2*}

¹CIAN-FAMEN, UJED. Av. Universidad S/N. Col. Centro Durango. Dgo. México.

²Instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango (IPN-CIIDIR Unidad Durango). Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II, Durango, Dgo. México. Becarios IPN- COFFA*camachoabelardo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La planta conocida en el Estado de Durango como guácima, es un árbol de tamaño pequeño o mediano y de muchas ramas, comunes en pastizales y bosques perturbados. Su distribución va desde el área central de México hasta el norte de Argentina. Sus frutos y follaje son consumidos por los animales domésticos y silvestres y la madera es una fuente importante de leña en las áreas rurales. La fruta verde mucilaginoso es comestible, ya sea cruda o cocida. La fruta madura de la guácima es dura y leñosa, y tiene un sabor dulce y un aroma especiado placentero (Little *et al.*, 1987).

Como una planta medicinal, la guácima ha sido usada para tratar muchas enfermedades, especialmente la influenza, los resfríos, las quemaduras, la disentería y las fracturas de huesos (Núñez, 1982). Se ha demostrado que los extractos de la planta carecen de propiedades diuréticas; sin embargo, un extracto etanólico de las hojas suprimió las bacterias *Shigella dysenteria*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis in vitro*. Las hojas de guácima contienen cafeína pero no contienen alcaloides, saponinas, esteroides, terpenoides, flavonoides, quinonas o taninos (Weniger *et al.*, 1988)

La evolución de la Etnobotánica, han inducido a los fitoquímicos a la búsqueda de plantas medicinales para la obtención de nuevos antibióticos (Noriega *et al.*, 2012). La distribución de los metabolitos secundarios en el reino vegetal se infiere que es amplia, se estima que cerca de 50,000 especies vegetales que son utilizadas medicinalmente, de las cuales solo una pequeña cantidad se ha investigado para la obtención de medicamentos (Soejarto *et al.*, 2005). El objetivo de este trabajo fue determinar el perfil fitoquímico de la planta *Guazuma ulmifolia* (guácima) recolectada en el Estado de Durango, cuyos extractos fueron obtenidos por 3 solventes: metanol, etanol y acetato de etilo para la determinación de la actividad antibacteriana sobre 5 cepas de *Staphylococcus aureus meticilina resistente* (SARM) aislados de pacientes hospitalizados; representativos de las bacterias Gram positivas, así mismos

también se determinó la actividad antibacteriana para las bacterias Gram negativas como *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra utilizada fue la Guácima recolectada en Morcillo región del Estado de Durango; México. Se pesaron 100 gr de fruto de la guácima y se introdujo en un matraz Erlenmeyer de 1000 mL de capacidad, se agregaron 900 mL de metanol; se dejó macerando durante 8 días, se dejó secar la planta y después se puso a macerar en etanol durante una semana, y así mismo con el acetato de etilo, este el ultimo solo se dejó macerando por 4 días. Transcurridos dichos días se procedió a filtrar por gravedad, se llevaron a concentrar en el rotavapor por dos horas aproximadamente, el concentrado se colocó en viales especiales para liofilizadora, se congelaron a -21°C por 12 horas y después a -70°C para su posterior liofilización. Obtenidos los extractos se llevó a cabo el tamizaje fitoquímico.

Para el tamizaje fitoquímico se pesaron 4 gr de extracto de la planta para disolver en 40 mL de solvente correspondiente; en este caso se realizaron las pruebas con los extractos de los diferentes solventes, a partir de estas disoluciones se tomaron las muestras para cada una de las pruebas que se realizaron.

La evaluación del efecto antibacteriano de los diferentes extractos sobre las especies bacterianas, se realizó mediante el método de dilución en agar (Jorgensen *et al.*, 1999), el cual continúa siendo un método sencillo que permite observar el desarrollo o inhibición del crecimiento microbiano. Se preparó una serie de tubos los cuales contenían 5 mL de caldo nutritivo en los cuales se inocularon las 8 cepas utilizadas y se incubaron por 24 horas. Las cepas utilizadas fueron microorganismos Gram negativos: *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*, y microorganismos Gram positivos: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus aureus metilicina resistente* (SARM, x_1 , x_8 , x_{18} , x_{19} y la ATCC 29213) de aislados clínicos.

Después de la incubación, se examina si el organismo crece o no en cada una de las placas, con lo cual se determinó la concentración inhibitoria mínima (CMI) para el extracto. El control positivo fue la vancomicina a una concentración de 10 mg mL^{-1} como control negativo fue el agar + dimetil sulfóxido al 8.3 % (DMSO).

Paralelamente se corrió una serie de placas Petri con diferentes concentraciones de extracto con agar nutritivo las cuales fueron inoculadas con suspensiones bacterianas, la cepas Gram negativas (*Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*), y las Gram positivas (*Staphylococcus*

aureus, *Staphylococcus aureus meticilina resistente (SARM)* (x_1 , x_8 , x_{18} , x_{19} y la cepa control ATCC 29213).

El desarrollo de las bacterias en estos medios indicó que el extracto de guácima utilizado no inhibió su crecimiento; por el contrario, si no se observó crecimiento, indicó que el extracto sí tuvo actividad antibacteriana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la caracterización fitoquímica y la evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos, etanólicos y acetato de etilo de la *Guazuma ulmifolia* recolectada en la Región del Estado de Durango (Tabla 1). Se usaron cepas de microorganismos Gram negativos: *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* y Gram positivos: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus aureus meticilina resistente (SARM)* (x_1 , x_8 , x_{18} , x_{19} y la ATCC 29213) de aislados clínicos. La concentración mínima inhibitoria (CMI) de cada extracto se determinó con el método de dilución en agar. La CMI del extracto metanólico fue 20 mg/ml para las Gram positivas y para las Gram negativas: *E. coli* y *Salmonella* fue de 25 y 30 mg/ml respectivamente (Tabla 2); en el extracto etanólico fue 15 mg/mL para Gram positivas, 30 y 25 mg/mL para Gram negativas respectivamente, en el extracto de acetato de etilo fue de 2.5 mg/ml para las para las SARM, 10 mg/ml para *S. aureus* y 14 mg/ml para las Gram negativas (Tabla 3). El extracto de acetato de etilo de la Guácima fue el que tuvo mayor actividad antimicrobiana, en cuanto a los resultados del análisis fitoquímico (Tabla 4); este mismo fue en el que se encontró la menor cantidad de metabolitos secundarios solo se obtuvo alcaloides y cumarinas, en el extracto metanólico se encontraron alcaloides, triterpenos y esteroides, azúcares reductores, fenoles y taninos, y flavonoides, en el etanólico se encontró alcaloides, triterpenos, cumarinas, saponinas, resinas, azúcares reductores, carbohidratos y flavonoides (Tabla 1).

Tabla 1: Análisis fotoquímico en los extractos del fruto de Guácima.

Metabolitos	Ensayos	EXTRACTOS		
		Metanol	Etanol	Acetato de etilo
Alcaloides	Dragendorff	++	+++	-
	Mayer	+++	+	+
	Wagner	-	+	+
Triterpenos y Esteroides	Solkowsky	+	+	-
	Rosemhiem	-	-	-
Quinonas	Borntrager	-	-	-
	Variante	-	-	-
Saponinas	Espuma	-	+	-
Poliurónidos	Poliurónidos	-	-	-
Cumarinas	Baljiat	-	+	++
	Legal	-	-	-
	Hidroxamato Ferrico	-	-	-
Resinas	Resinas	-	+	-
Azucares reductores	Fehling	+	-	-
	Benedict	+	+	-
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico	+	-	-
	Gelatina	+	+	-
Aminoácidos libres y Aminas	Ninhidrina	-	-	-
Carbohidratos	Molish	-	+	-
Glicósidos cardiacos	Kedde	-	-	-
	Raymond	-	-	-
Flavonoides	Ac. Sulfúrico concentrado	+	+	-
	Shinoda	+	-	-
	Rosemheim	-	-	-
	Catequinas	-	-	-

El signo + significa que se obtuvo una respuesta positiva para ese metabolito en el extracto.
El signo - significa que se obtuvo una respuesta negativa para ese metabolito en el extracto.

Tabla 2. Resultados de la evaluación antimicrobiana del extracto metanólico.

CONCENTRACIONES POR DUPLICADO (mg/mL)										
BACTERIAS	45		30		25		20		15	
<i>E. coli</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SARM (ATCC 29213)	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SARM X1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SARM X8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SARM X18	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SARM X19	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

La concentración mínima inhibitoria corresponde a la concentración mínima que inhibe el crecimiento bacteriano. Las primeras concentraciones realizadas fueron a 45 y 30 mg/ml; se obtuvo la inhibición total de los 8 microorganismos utilizados: Gram negativos y positivos.

Tabla 3. Resultados de la evaluación antimicrobiana del extracto etanólico.

CONCENTRACIONES POR DUPLICADO (mg/mL)									
BACTERIAS	30		25		20		15		
1. <i>E. coli</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	
2. <i>Salmonella typhimurium</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	
3. <i>S. aureus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
4. SARM (ATCC 29213)	+	+	+	+	+	+	+	+	
5. SARM X1	+	+	+	+	+	+	+	+	
6. SARM X8	+	+	+	+	+	+	+	+	
7. SARM X18	+	+	+	+	+	+	+	+	
8. SARM X19	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tabla 4. Resultados de la evaluación antimicrobiana de los extractos de acetato de etilo.

CONCENTRACIONES POR DUPLICADO (mg/mL)								
BACTERIAS	14		10		5		2.5	
<i>E. coli</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
SARM (ATCC 29213)	+	+	+	+	+	+	+	+
5. SARM X1	+	+	+	+	+	+	+	+
6. SARM X8	+	+	+	+	+	+	+	+
7. SARM X18	+	+	+	+	+	+	+	+
8. SARM X19	+	+	+	+	+	+	+	+

La más alta concentración probada fue a 14 mg/ml por el poco rendimiento obtenido de extracto de acetato de etilo. Esta concentración fue suficiente ya que inhibió los ocho, microorganismos utilizados: Gram negativos y Gram positivos.

CONCLUSIÓN

El extracto que mostró la CMI más baja frente a las bacterias Gram positivas y negativas fue el extracto de acetato de etilo, posiblemente, debido a la presencia de alcaloides puesto que solo contenía este la presencia de alcaloides también se encontró en el extracto metanólico y etanólico. El extracto etanólico fue el que presentó más metabolitos secundarios en el tamizaje fitoquímico lo cual puede representar otras actividades farmacológicas, además de la antimicrobiana.

BIBLIOGRAFÍA

- Estrada L. E. (2005). "Herbolaria para la Diabetes". En: "Escuela para Diabéticos". Memorias del V Congreso Latinoamericano de medicina Natural y Tradicional. SOLAMENAT. Universidad Autónoma de Chapingo
- Jorgensen, J.H., Turnidge, J.D., Washington, J.A., (1999). "Antibacterial susceptibility tests: Dilution and disk diffusion methods". In: Annual of Clinical Microbiology, 7th ed. Washington, DC, ASM Press, pp. 1526-1530.
- Little, Elbert L., Jr.; Wadsworth, Frank H. (1987). Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agric. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p

- Noriega C. R, Ortiz A. O, Esquivel G E., Guerrero C.M., Manzo A.S., Salgado G.R., Cortés R.C., Boldogh I, Saavedra M.A. (2012) Hypolipidemic activity of *Eryngium carlinae* on streptozotocin-induced diabetic rats. *Biochem. Res. Int.* 2012:1-5.
- Núñez M. E. (1982). *Plantas medicinales de Puerto Rico*. Río Piedras, PR: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 498 p.
- Soejarto D.D., Fonga H.H.S, Tana G.T., Zhang H.J., Ma C.Y., Franzblau S.G. (2005) Ethnobotany/ethnopharmacology and mass bioprospecting: Issues on intellectual property and benefit sharing. *J. Ethnopharmacol.* 100 (1-2):5-22.

DOS VARIEDADES DE TRITICALE CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y RIEGO POR GOTEO

Cirilo Vázquez Vázquez^{1*}, María Gabriela Cervantes Vázquez¹, Héctor Idilio Trejo Escareño¹, Miguel Ángel Gallegos Robles¹, Isauraivon Ramírez Quiroz¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35. Ejido Venecia, Durango. México. C.P. 35000. Teléfono +52 (871) 7118918.

*Autor de correspondencia: cirvaz60@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En la región lagunera se localiza en una de las cuencas lecheras más importantes del país, cuenta con más de 550,000 cabezas de ganado vacuno, de las cuales 280, 000 están en línea de ordeña con una producción de leche cerca de los seis millones de litros diarios (SAGARPA 2011). En esta región se producen cerca de 1, 200, 000 de Mg de estiércol bovino anualmente lo cual permite plantear la posibilidad de su utilización en la agricultura (Trejo *et al.*, 2013). Un uso del estiércol en la Agricultura Orgánica es utilizarlo como abono mediante la solarización. Vázquez *et al.*, (2010) menciona que la solarización es un método utilizado con éxito en los suelos agrícolas para la desinfección.

En general las regiones áridas y semiáridas tienen el problema de una carencia de forrajes, por carecer principalmente de agua suficiente para su producción, Beddington (2010) señala que la agricultura es la actividad primaria con mayor uso del agua a nivel mundial, y se estima que el uso alcance un 70% del suministro total. En los últimos años en la región laguna se han utilizado 1900 millones de m³ de agua, de los cuales más de 90% se destinó para el riego de cultivos agrícolas, y el 62% de agua de origen subterráneo (Morales, 2012).

Por ello se proponen alternativas a los forrajes que en la actualidad se producen en éstas regiones y ha surgido la producción del Triticale que es un cultivo de invierno el cual reúne un alto potencial de biomasa (10.59 Mg ha⁻¹ de materia seca), con un valor nutritivo adecuado de 16% de Proteína Cruda), muy tolerante a los factores adversos del medio ambiente como lo son las bajas temperaturas, por lo cual se puede producir una buena cantidad de forraje durante los meses con temperaturas bajas (Diciembre, Enero, Febrero), con producciones que van desde las 35 a 52.5 t ha⁻¹ (Murillo, 2001), además cuenta con una mayor tolerancia que todos los cultivos tradicionales a deficiencias de agua, nutrientes y una adecuada resistencia a plagas y enfermedades. (Béjar *et al.*, 2007). El objetivo fue determinar la mejor dosis de estiércol solarizado en la calidad del suelo, rendimiento y calidad de las dos variedades de triticale (*X Triticosecale Wittmack*).

MATERIALES Y METODOS

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (CAE-FAZ-UJED).

Los factores en estudio fueron el cultivo de dos variedades de Triticale (AN-31 B y AN-105) y dosis de estiércol solarizado.

Factor A: A1= Variedad AN-31B, Densidad de siembra: de 120 kg ha⁻¹. A2= Variedad AN-105.

Densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹. La densidad de siembra no es un factor de estudio.

Factor B dosis de estiércol: t ha⁻¹, B1: 0 t ha⁻¹ testigo, B2: 20 t ha⁻¹, B3: 40 t ha⁻¹, B4: 80 t ha⁻¹, B5: 120-80-00 N P K (Fertilizante químico MAP Y UREA).

El diseño experimental que se utilizó fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 2 m de ancho por 4 de largo.

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad y rastreo, procediendo a aplicar el estiércol y un segundo paso de rastra con el fin de incorporar el estiércol solarizado y por último se colocó la tubería y cintilla necesaria para el sistema de riego.

Aplicación del estiércol: La aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra por medio de boteo.

Siembra: La siembra se realizó a mano durante el ciclo otoño-invierno 2015.

Para el tratamiento de fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 120-80-00.

Se instaló la cintilla a una distancia de 75 cm, con un calibre de 8 000 (0.2 mm), con emisiones cada 15 cm.

Se realizó un muestreo de suelo al final, esto se llevó a cabo con una pala extrayendo un kg de suelo en dos profundidades; 0-5, 15-30 cm con el objetivo de determinar las características químicas mediante análisis de laboratorio.

Un día a la semana se tomaron lecturas de la temperatura del suelo en 2 profundidades: 0-15 y 15-30 cm y se midió la altura de las plantas.

Se evaluaron las características químicas de: nitratos, amonio, fosforo, C.E., p.H, M.O., calcio, magnesio, cloro. Las variables a evaluar en la planta fueron: peso verde y peso seco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza para Conductividad eléctrica, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos de estiércol solarizado y profundidad. El análisis de varianza para pH se observa en el Cuadro 1 el cual muestra significancia estadística para

tratamiento de estiércol solarizado y variedad, de igual manera se encontró significancia estadística en la variable Ca para tratamiento de estiércol solarizado y profundidad.

En el Cuadro 1 se observa la comparación de medias para CE, pH y Ca en donde se muestra que para CE los valores más elevados son para el tratamiento 3 y 4 con valores de 1.99 y 1.90 respectivamente, estos valores son óptimos para el crecimiento de cultivos ya que el valor máximo para un suelo clasificado como agrícola su valor de CE sería igual a 4. Esto indica que el cultivo se desarrolló bajo condiciones óptimas de salinidad por lo cual no afectó su potencial de rendimiento.

En el valor de este parámetro al inicio del establecimiento del trabajo de investigación fue de 2.3 lo cual indica que este cultivo extrae un valor considerable de sales. Argentel (2010) reporta que la tolerancia a la salinidad de triticales en los estadios tempranos y finales del desarrollo se obtuvo una amplia variabilidad en la respuesta al estrés en las dos fases fenológicas.

Con respecto al pH se observa que el valor más alto está en el tratamiento 3 seguido del tratamiento 4 sus valores son de 8.5 a 8.19 siendo estadísticamente iguales entre si y diferentes a los demás tratamientos estos valores de pH son normales en los suelos de la región ya que son suelos alcalinos, esto concuerda con lo publicado en el 2006 por Santamaría *et al.* donde indica que los suelos de la Comarca Lagunera se encuentran en un pH de 7.2 y 8.3

Cuadro 1. Comparación de media para CE, pH y Ca en el cultivo del triticales con tratamientos de estiércol solarizado.

Tratamientos	C.E. dS m ⁻¹	pH	Ca meq L ⁻¹
1 (Testigo)	1.72 c	7.29 c	10.33 a
2 (20 t ha ⁻¹)	1.84 b	7.30 c	9.84 b
3 (40 t ha ⁻¹)	1.90 a	8.25 a	9.70 b
4 (80 t ha ⁻¹)	1.99 a	8.19 a	10.36 a
5 (120-80-00)	1.48 d	8.01 b	9.33 c
DMS=	0.1266	0.117	0.2365

En lo referente al Mg se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para tratamientos de estiércol solarizado. De igual forma se muestra significancia estadística para HCO₃ al igual que Cl en los tratamientos de estiércol solarizado Cuadro 2.

Realizando la comparación de medias para la variable Mg en el suelo se observa que el valor más alto fue para el tratamiento 4 (80 t ha⁻¹) con 7.16 meq L⁻¹ seguido del tratamiento 3 con un

valor de 7.07 siendo estadísticamente iguales entre si lo cual indica que las concentraciones más altas están los tratamientos con mayor estiércol solarizado de igual manera ocurre para HCO_3 donde el tratamiento 4 es el de mayor concentración con un valor de 10.28 meq L^{-1} , sin embargo esta tendencia difiere para Cl ya que el tratamiento de mayor concentración fue para el tratamiento 2 con un valor de 11.04 meq L^{-1} Cuadro 2. Esto concuerda con lo publicado por López *et al.* en el 2001 trabajaron diferentes estiércoles y dosis de estiércol solarizado, concluyendo que los estiércoles de ganado bovino, caprino y composta aumentan las características químicas del suelo debido a que los abonos orgánicos liberan nutrientes durante su mineralización.

Cuadro 2. Valores medios de Mg, HCO_3 y Cl, en el cultivo del triticale bajo tratamientos de estiércol solarizado, 2016.

Tratamientos	Mg meq L^{-1}	HCO_3 meq L^{-1}	Cl meq L^{-1}
1 (Testigo)	5.06 c	8.54 d	8.95 c
2 (20 t ha^{-1})	6.63 b	9.09b	11.04 a
3 (40 t ha^{-1})	7.07 a	9.07 b	10.68 b
4 80 (t ha^{-1})	7.16 a	10.28 a	10.81 b
5 (120-80-00)	4.61 d	8.18 c	8.46 d
DMS	0.2082	0.2462	0.2257

Los análisis de varianza para MO, NO_3 , NH_4 y P_2O_5 muestran significancia estadística Cuadro 3, realizando la comparación de medias para MO observamos que la mayor concentración es para el tratamiento que tiene el valor más alto de estiércol solarizado el tratamiento 4 (80 ton ha^{-1}) el porcentaje de MO es de 2.27 siendo estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos, con respecto a NO_3 , NH_4 y P_2O_5 mostraron tendencias similares es decir el tratamiento 4 es el más elevado con valores de 9.21, 9.18 y 28.90 ppm respectivamente esto sugiere que a mayor aplicación de estiércol solarizado en el suelo habrá mayor incremento de estos parámetros evaluados, por lo cual se mejora la calidad del suelo, sin embargo siempre hay que realizar los análisis correspondientes para evitar niveles de toxicidad. Esto concuerda con lo publicado en el 2011 por Vázquez *et al.* en un experimento con Chile y dosis de estiércol encontraron que la MO y nitratos aumentó significativamente con una dosis de 80 t ha^{-1} respecto a los de menor cantidad de estiércol y de fertilizante químico.

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables de suelo de MO, NO₃, NH₄ Y P₂O₅ para el cultivo de triticale con diferentes niveles de estiércol solarizado, 2016.

Tratamientos	MO (%)	NO ₃ ppm	NH ₄ ppm	P ₂ O ₅ ppm
1 (Testigo)	1.71 c	4.93 b	4.98 b	12.90 d
2(20 t ha ⁻¹)	1.89 b	6.01 b	6.06 b	17.70 c
3(40 t ha ⁻¹)	1.98 b	5.69 b	5.66 b	24,02 b
4(80 t ha ⁻¹)	2.27 a	9.21 a	9.18 a	28.90 a
5(120-80-00)	1.70 c	5.44 b	5.28 b	26.90 a
DMS	0.1772	1.5885	1.4953	4.3486

Los análisis de varianza para forraje verde y seco muestran significancia estadística entre los tratamientos de estiércol solarizado (Cuadro 4).

Realizando la comparación de medias encontramos que el mayor rendimiento de forraje verde fue para el tratamiento 4 con un valor de 36 t ha⁻¹ siendo estadísticamente diferente a los tratamientos 2,3,5 y 1 existiendo significancia estadística para cada tratamiento de estiércol evaluado. El valor de 36 t ha⁻¹ concuerda con lo dicho por Murillo en el 2001, quien trabajo líneas de triticale invernal, obteniendo rendimientos de 35 hasta 52.5 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Comparación de valores medios de forraje verde y seco con diferentes dosis de estiércol solarizado

Tratamientos	Forraje verde t ha ⁻¹	Forraje seco t ha ⁻¹
1 (Testigo)	13 e	2.71 b
2 (20 t ha ⁻¹)	34 b	3.21 a
3 (40 t ha ⁻¹)	31 c	3.28 a
4 (80 t ha ⁻¹)	36 a	3.52 a
5 (120-80-00)	30 d	3.33 a
DMS	0.6501	0.4731

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento en forraje verde y seco en ambas variedades de triticale fue el tratamiento 4 con un rendimiento de 36 t ha⁻¹ en forraje verde y 3.52 en forraje seco.

Las variables evaluadas de suelo el tratamiento 4 es el que mejora las cualidades químicas del suelo, es el que tiene el mayor contenido de MO, nitratos, amonio, Ca, sus valores de CE no

son mayores a 2 por lo tanto pudiéramos sugerir que este tratamiento de abono orgánico pudiera ser utilizado de manera comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Argentel C L., C. R. C. López, E. Gómez, C. I. Fonseca, C. L. M. González, Dr. R. D. López. 2010. Evaluation of salinity tolerance in the early and late growing stages of Triticales (X *Triticum secale*). *Cultrop* v.31 n.1 La Habana ene.-mar. 2010
- Beddington, J. 2010. Food security: contributions from science to a new greener revolution. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 61-67
- Béjar, H.M., K. Ammar y C. Salaces. 2007. Triticale una Alternativa para el Norte de México. CIMMYT, El Batán México.
- López M. J.D; Días E. A., Martínez R. E., Valdez C. R.D., 2001, Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz, *Terra Latinoamericana*. Vol. 19, Núm. 4, pp. 293-299.
- Morales Fabián Zenona. 2012. Uso eficiente del agua de riego nitrogenado en la producción de avena y triticale forrajero. Tesis de Maestría. p 1-2
- Murillo A.B.; Escobar H.A., Fraga M.H., Pargas L.R., 2001, *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 24(2). Pp. 145-153.
- SAGARPA .2011. Delegación en la Región Lagunera. Subdelegación de Ganadería. Suplemento de Economía, Comarca Lagunera. Publicación anual. 25-30 pp.
- Santamaría Jesús César, Sánchez R.G.D., Chávez G.J.F., Wong C.J.A., Romero P.J.I. 2006. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro técnico Numero 2, primera edición. Página 44.
- Trejo E. H.I., Salazar S.E., López M.J.D., Vázquez V.C.; 2013., Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz., *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.*, Vol. 4., Núm. 5., FAZ-UJED.
- Vázquez V.C.; García H. J.L; Salazar S. E.; López M. J.D; Valdez C. R.D.; Orona C. I.; Gallegos R. M.A.; Preciado R. P. 2011, Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño. *Rev. Chapingo, Ser. Horti* vol.17 spe.
- Vázquez V.C.; Salazar S. E.; Fortis H. M.; Reyes O.M.I.; Zúñiga T.R; Antonio G. J. 2010, uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, p. 7.

IMPORTANCIA DE LA DETERMINACIÓN DE ENTEROCOCOS EN QUESO DE BOVINO

Esteban Méndez Maricela^{1*}, Camacho Luis Abelardo², González Castillo María P.^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango (IPN-CIIDIR Unidad Durango). Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II, Durango, Dgo. México. Becarios IPN- COFFA* mestebanmendez@hotmail.com ²CIAN-FAMEN, UJED. Av. Universidad S/N. Col. Centro Durango. Dgo. México.

INTRODUCCIÓN

Los enterococos son microorganismos ubicuos, habitantes normales del tracto gastrointestinal de humanos y animales, tiene la capacidad de tolerar condiciones ambientales adversas ocupan una gran variedad de nichos conformando parte de la flora del suelo, aguas naturales y plantas (Baldassarri *et al.*, 2004; Varman *et al.*, 2006). Su presencia en alimentos puede resultar perjudicial debido a que son responsables del deterioro de alimentos y bebidas (Foulquié *et al.*, 2006; Sarantinopoulos *et al.*, 2001) o potencialmente beneficiosa como en el caso de quesos que requieren de su actividad metabólica para lograr características sensoriales particulares (Centeno *et al.*, 1999; Giraffa, 2003).

Como la mayoría de las bacterias ácido lácticas, algunas cepas de enterococos son aplicadas en el proceso de fermentación de alimentos con el propósito de mejorar la calidad sensorial y como probióticos en alimentos y suplementos dietarios (Giraffa, 2003). Por otra parte son considerados como importantes patógenos nosocomiales y están dentro de los organismos más prevalentes en infecciones hospitalarias (Semedo *et al.*, 2003, Eaton *et al.*, 2001).

Se ha observado que cepas de enterococos aisladas de alimentos o del medio ambiente poseen factores de virulencia que se creían restringidos a las cepas aisladas de humanos o a ambientes relacionados con actividades humanas. Es frecuente aislar en alimentos, especialmente productos lácteos, enterococos que poseen características vinculadas con patologías humanas o animales (Semedo *et al.*, 2003, Eaton *et al.*, 2001) dentro de los factores de virulencia encontrados en este género se encuentran la presencia de hemolisinas, las sustancias de agregación, bacteriocinas, proteasas y aglutininas. Además, los carbohidratos de la pared celular o los sitios de unión de la fibronectina, que favorecen la adherencia a los tejidos del huésped, pueden incrementar la patogenicidad de la bacteria (Quiñones *et al.*,2008) por lo anterior es necesario conocer si las productos lácteos como el queso presentan cepas de enterococcus y una vez determinadas la presencia de esta bacteria se determinará si presentan factores de virulencia para contar en el futuro con la posibilidad de realizar estudios que

permitan afirmar o rechazar la hipótesis de una eventual transferencia de factores de virulencia, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de enterococcus en muestras de queso que se comercializan en el estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en la Ciudad de Victoria de Durango, Dgo., México, durante el periodo de agosto- diciembre de 2016. Se colectaron muestras de quesos artesanales en el mercado de abastos. En la Tabla 1 se presentan las muestras de queso de leche de bovino que se comercializan en el mercado de abastos, las muestras se colocaron en una hielera con hielo para su transporte al laboratorio y se analizaron el mismo día que se realizó el muestreo.

Tabla 1. Muestras de queso elaborado con leche bovino que se analizaron

Tipo de queso	Identificación
Queso tipo añejo	22 de octubre de 2016
Queso tipo asadero	22 de octubre de 2016
Queso tipo Cheddar	5 de noviembre de 2016
2 Quesos tipo Chihuahua	21 de noviembre de 2016
Queso tipo Manchego	12 de noviembre de 2016
2 Quesos menonita	21 de noviembre de 2016
Requesón	12 de noviembre de 2016

Análisis de muestras

Se pesaron 10 g de muestra de queso en una balanza analítica, colocándolos en un vaso de licuadora estéril, se añadieron 90 mL de agua peptonada tamponada, se homogenizo la muestra en la licuadora durante 60 segundos. De la solución anterior se tomaron 5 mL con una pipeta estéril para evitar contaminación y se traspasaron a un tubo con 15 mL de caldo azida glucosa. Se incubaron por 24h a 42°C. Luego del tiempo de incubación, se sembró por la técnica de estría cruzada en una placa de agar bilis esculina, se incubaron durante 24 h a 42°C. Después del tiempo de incubación se observaron las colonias sospechosas de acuerdo a la morfología colonial típica de *Enterococcus sp* que es de color café oscuro con una halo de color negro en el medio de cultivo agar bilis esculina. Se sembraron estas colonias sospechosas en tubos con agar soya tripticaseina y se incubaron por 24 h a 35°C. (Shirley., 2003). A partir de este crecimiento bacteriano se realizaron las pruebas bioquímicas de oxidasa, catalasa, prueba de crecimiento en caldo infusión cerebro corazón con NaCl al 6.5 % a 35 y 42 ° C, utilización de carbohidratos como lactosa, sacarosa, manitol, movilidad e hidrolisis de argina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de queso se sembraron en caldo azida glucosa, este es un medio de cultivo con enriquecimiento selectivo que favorece el crecimiento de enterococcus e inhibe a otro tipo de microorganismos, posteriormente el cultivo se sembró en agar bilis esculina, permitiendo el desarrollo de bacterias con morfología colonial típica de *Enterococcus* sp, (Figura 1). a estas colonias se realizó la tinción de Gram, observando cocos Gram positivos que corresponde a la de enterococos, a cada una de las colonias aisladas se realizó las pruebas bioquímicas mencionadas en la Tabla 2 y en la Figura 2 se observan los resultados de las pruebas bioquímicas realizadas.

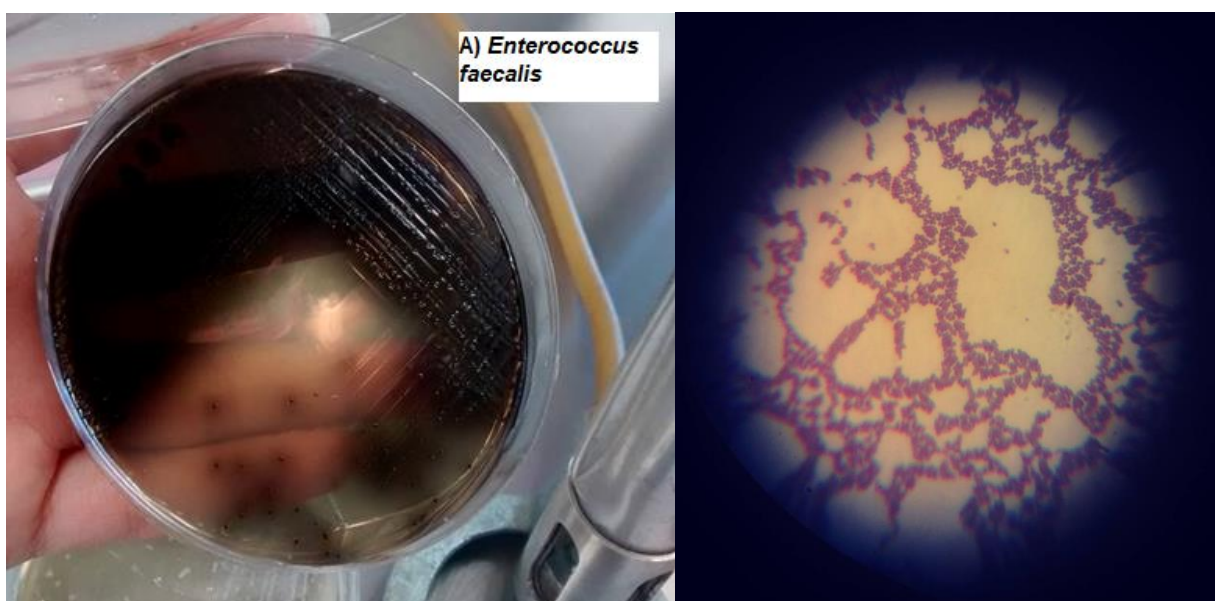


Figura 1. Morfología colonial en Agar bilis esculina y tinción de Gram, se observan colonias de color café con un halo negro y en la tinción cocos Gram positivo.

En el 60 % de las muestras analizadas se detectó la presencia de *Enterococcus* sp, esta reportado que todas las cepas de enterococos tienen la capacidad de crecer en NaCl al 6.5 % y la temperatura de incubación de 42-45 ° C (Quiñones *et al.*, 2008) tiene también un efecto selectivo para algunos *Enterococcus* y de acuerdo a los resultados de las pruebas bioquímicas la cepa aislada corresponde a *Enterococcus faecalis* (MacFaddin, 1985)

El método de aislamiento de la cepa de *Enterococcus* a partir de las muestras de queso se basó en el método que señala Shirley y col. (2013) donde se aisló el microorganismo de costales de tomates, hojas y suelo, menciona que el género *Enterococcus* tienen poco potencial patogénico en el huésped normal; sin embargo, en el anciano y en el paciente inmunocomprometido, estos microorganismos constituyen patógenos oportunistas. Las infecciones ocurren cuando las

defensas del huésped descienden por una enfermedad y por el uso de dispositivos invasivos. Dentro de los factores de virulencia encontrados en este género se encuentran la presencia de hemolisinas, las sustancias de agregación, bacteriocinas, proteasas y aglutininas. Además, los carbohidratos de la pared celular o los sitios de unión de la fibronectina, que favorecen la adherencia a los tejidos del huésped, pueden incrementar la patogenicidad.

Tabla 2. Resultados de la determinación de enterococos en muestras de queso analizadas.

Tipo de queso analizado	Morfología colonial típica	Gram + o -	Pruebas bioquímicas										Presencia o Ausencia en 10 g
			C	O	M	S	L	1	2	AR	MV		
Añejo	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Asadero	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Cheddar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausencia	
Chihuahua	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Chihuahua	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Manchego	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Menonita	-	-	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Ausencia	
Menonita	-	Coco (+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausencia	
Requesón	+	Coco (+)	-	-	A	A	A	+	+	+	-	Presencia	
Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausencia	

C: catalasa, O: oxidasa, M: manitol, S: sacarosa, L: lactosa, 1: NaCl al 6.5 % a 35°C, 2: NaCl al 6.5% a 42°C, AR: hidrólisis de arginina, MV: movilidad. Prueba positiva: (+), prueba negativa: (-), A: ácido.

La presencia de *E. faecalis* y *E. faecium* es usada frecuentemente para indicar contaminación de origen fecal. *E. faecalis* es considerado como un indicador de contaminación fecal de fuentes humanas, mientras que *E. faecium* y otras especies indican contaminación de otras fuentes (Corry *et al.*, 1999).

Los productos de consumo pueden contener *Enterococcus* proceden de una contaminación fecal directa o indirecta. En los productos semiconservados, procesados por calor pero no

estériles, enterococcus, junto con microorganismos esporulados, son con frecuencia los únicos microorganismos sobrevivientes. Los productos mantenidos en el rango de temperatura entre 10-45 °C pueden contener cifras muy altas de estos microorganismos (APHA ,1992).

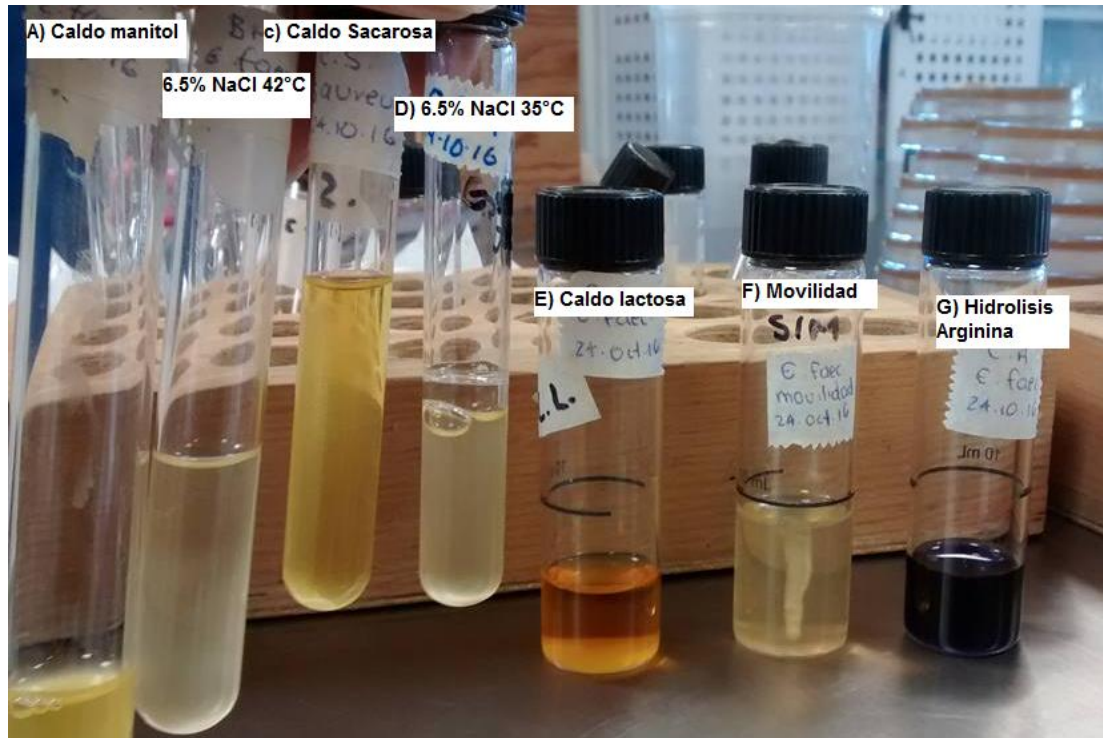


Figura 2. Pruebas bioquímicas para la determinación de *Enterococcus faecalis*.

Con las cepas aisladas se realizarán estudios que permitan conocer los factores de virulencia que presentan estas cepas de *Enterococcus faecalis*.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio nos muestran que el 60% de las muestras analizadas tuvieron presencia de *E. faecalis* y estos son aislados en forma frecuente de alimentos y en especial de productos lácteos fermentados. Resulta indispensable la búsqueda de estos agentes en los procesos de control de calidad de los alimentos, ya que pueden constituir un vehículo de transmisión de estos gérmenes patógenos. La profundización en estos aspectos permitiría prevenir la diseminación de las enfermedades provocadas por estos peligrosos microorganismos y mejorar la calidad de vida del hombre.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Microbiological examination of water. En: Greenberg AE, ed. Standard method for the examination of water and wastewater. 18 ed. Washington D.C.: APHA, AWWA, WEF; 1992. pp. 9-73
- Baldassarri R, Creti R, Arciola R, Montanaro L, Venditti M, Di Rosa R. Analysis of virulence factors in cases of enterococcal endocarditis. *Clin Microbiol Infect* 2004; 10:1006-08.
- Centeno J. A, Menéndez S., Hermida M.A., Rodriguez J.L. Effects of the addition of *Enterococcus faecalis* in Cebreiro cheese manufacture. *Int J Food Microbiol* 1999; 48: 97-101.
- Corry J.E.L., Curtis G.D.W., Baird R.M. Handbook of culture media for food microbiology. Amsterdam: Elsevier; 1999. pp. 51-60.
- Eaton T.J., Gasson M.J. Molecular screening of *Enterococcus* virulence determinants and potential for genetic exchange between food and medical isolates. *Appl Environ Microbiol* 2001; 67: 1628-35.
- Foulquié M., Sarantinopoulos P., Tsakalidou E., De Vuyst L. The role and application of enterococci in food and health. *Int J Food Microbiol* 2006; 106: 1-24.
- Giraffa G. Functionality of enterococci in dairy products. *Int J Food Microbiol* 2003; 88: 215-22.
- MacFaddin. (1985). Media for isolation-cultivation-identification-maintenance of medical bacteria, Volume 1. Baltimore Md.
- Quinones P. D, Marrero D., Falero B., Tamargo I., Llop A., Kobayashi N, et al. Susceptibilidad antimicrobiana y factores de virulencia en especies de *Enterococcus* causantes de infecciones pediátricas en Cuba. *Rev Cubana Med Trop.* 2008. 60(2)
- Sarantinopoulos P., Andrighetto C., Georgalaki M.D., Rea, Lombardi A., Cogan T.M. Biochemical properties of enterococci relevant to their technological performance. *Int Dairy J* 2001; 11: 621-47.
- Semedo T. strains and clinical and food isolated to examine hemolytic activity and occurrence of the *cyl* operon in enterococci. *J Clin Microbiol* 2003; 41: 2569-76.
- Semedo T, Santos M.A, López M.F., Figueiredo Marques J.J., Barreto Crespo M.T., Tenreiro R. Virulence factors in food, clinical and referent enterococci: A common trait in the genus? *Syst Appl Microbiol* 2003; 26: 13-22.
- Shirley A. Diversity, distribution and antibiotic resistance of *Enterococcus* spp. Recovered from tomatoes, leaves, water and soil on U.S. Mid-Atlantic farms. *Food Microbiology*.2003.
- Varman M., Chatterjee A., Abuhammour W., Johnson W. Enterococcal infection. 2006. Creighton University Medical Center.

RESPUESTA DE PLANTAS DE FRIJOL CULTIVADAS BAJO ESTRÉS HÍDRICO A LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Daniel Cabrera-Rodarte¹, Ma. Magdalena Villa-Castorena², Ernesto Alonso Catalán-Valencia², Marco Antonio Inzunza-Ibarra², Ignacio Orona-Castillo³

¹Estudiante de maestría, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Dgo, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México. 35140. villa.magdalena@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola de México, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. Se siembra aproximadamente dos millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 650 kg por ha. Se cultiva en todo el país, tanto en condiciones de riego como temporal donde la ocurrencia no definida de la precipitación impone estrés hídrico durante alguna etapa de su crecimiento. En la actualidad el frijol, continúa siendo la leguminosa de mayor importancia para la dieta de la población de bajos recursos, así como por la cantidad de jornales que se ocupan en su producción (López, 2009; Muñoz 2010).

El agua es el factor más importante entre los que restringen la productividad de los cultivos (Hsiao *et al.*, 2009; Kirkham, 2005). En México, la falta de precipitación ha ocasionado que el 50% de los municipios actualmente estén afectados por la sequía y se calcula que 1.4 millones de ha sufrieron por esta condición. En 2011, se perdieron 3.2 millones de toneladas de maíz, 600 mil de frijol y 60 mil cabezas de ganado (Romero, 2012). Ante esa situación, es necesario desarrollar e implementar estrategias que ayuden a incrementar el aprovechamiento y eficiencia en el uso del agua, reducir los efectos de la sequía en las plantas y desarrollar técnicas para obtener la producción de alimentos que necesita el país.

Una alternativa rápida y de bajo costo es la activación de los mecanismos de tolerancia al déficit hídrico en plantas mediante la aplicación exógena de sustancias químicas relacionadas con la respuesta de las plantas a los estreses abióticos como la sequía. Dentro de esas sustancias se encuentran los solutos orgánicos compatibles como, los fertilizantes químicos y antioxidantes. El presente estudio se planteó con el fin de evaluar la respuesta de la aplicación foliar de glicina betaína, KNO₃, Ca(NO₃) y ácido salicílico en la tolerancia a la sequía de plantas de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un invernadero en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Gómez Palacio, Durango. El invernadero estuvo cubierto en sus lados de policarbonato de doble pared y el techo con plástico y malla sombra 50:50. El control de la temperatura se hizo mediante extractores, pared húmeda y sensores de temperatura.

Se evaluó la aplicación foliar de cuatro sustancias químicas: ácido salicílico, glicina betaína, KNO_3 , y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a tres concentraciones cada una. Además, se contó con tres testigos, uno de ellos consistió en usar semilla tratada, otro sin tratamiento a la semilla; ambos no tuvieron aplicación foliar de las sustancias probadas y se manejaron bajo condiciones de estrés hídrico. El tercer testigo consistió en usar semilla sin tratamiento, sin aplicación foliar de las sustancias evaluadas y manejado sin restricción de humedad. Los tratamientos resultantes se describen en el Cuadro 1. Se hicieron tres aplicaciones de las sustancias probadas durante el desarrollo del cultivo con intervalos de 20 días, iniciando la primera a los 20 días después de la emergencia.

Cuadro 1. Tratamientos de aplicación foliar probados en el estudio de frijol

TRT.	Sustancia	Concentración
T1	Ácido salicílico	0.025 mM
T2	Ácido salicílico	0.05 mM
T3	Ácido salicílico	0.1 mM
T4	Glicinabetaína	10 mM
T5	Glicinabetaína	25 mM
T6	Glicinabetaína	50 mM
T7	Nitrato de potasio (fertilizante)	0.50 g L ⁻¹
T8	Nitrato de potasio (fertilizante)	1.0 g L ⁻¹
T9	Nitrato de potasio (fertilizante)	1.5 g L ⁻¹
T10	Nitrato de calcio (fertilizante)	0.5 g L ⁻¹
T11	Nitrato de calcio (fertilizante)	1.0 g L ⁻¹
T12	Nitrato de calcio (fertilizante)	1.5 g L ⁻¹
T13	Testigo1 semilla tratada, con déficit hídrico	sin aplicar
T14	Testigo2 semilla sin tratar, con déficit hídrico	sin aplicar

T15 Testigo3, semilla sin tratar, sin déficit hídrico

Las semillas se trataron antes de la siembra con glicinbetaína 50mM y tiempo de inmersión de 12 h. Lo anterior se hizo acorde a resultados obtenidos de los estudios previos de preacondicionamiento de semillas, donde se evaluaron diferentes sustancias osmóticas. Después del tratamiento de las semillas, se secaron a temperatura ambiente y se sembraron en macetas de plástico de 20 L de volumen llenas con una mezcla de turba con perlita y vermiculita (70, 15 y 15%,v:v:v). Se colocaron dos semillas por macetas y después de la emergencia se dejó sólo una planta. Las plantas se regaron cuando el sustrato tenía del 25 al 30% de la capacidad máxima de retención de humedad con el fin de establecer una condición de estrés hídrico. El testigo sin restricción de humedad se regó cuando la capacidad máxima de retención de humedad del sustrato fue de 65%. Para lo anterior se pesaron las macetas cada tercer día. Las plantas se empezaron a fertilizar cuando tuvieron cuatro hojas verdaderas con una solución nutrimental equilibrada de 15 meq L⁻¹ de aniones y cationes.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con siete repeticiones, la parcela experimental consistió de tres macetas por tratamiento. A los 52 días después de la siembra se midió el área foliar (AF), el peso seco de la raíz (PSR), peso seco de la hoja, tallos y ramas, y órganos fructíferos. La suma del peso seco de las tres últimas variables proporcionó el peso seco del vástago. Esas mediciones se hicieron en cada tratamiento y en las cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza usando el programa SAS (SAS, Institute, 1999) según el modelo lineal general y la separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área foliar (AF). Los resultados del análisis de varianza indicaron diferencia significativa entre tratamientos a un $P=0.05$. Los tratamientos T13 y T15 mostraron la mayor cantidad de AF con respecto al resto de los tratamientos. Indicando que el tratamiento de la semilla en la etapa pregerminativa (T13) favoreció la producción de AF, aun cuando estuvo sometido a estrés hídrico produciendo un AF similar al testigo T15 sin tratamiento a la semilla y sin restricción de humedad. El tratamiento T13 superó en un 24% al AF producido en los tratamientos T6, T7, T9, T11 y Tas, los cuales no fueron estadísticamente diferentes entre ellos. En seguida, el T13 produjo un 43% más AF que el promedio de los tratamientos T3, T5, T8 y T10. El testigo T14 y T4 mostraron la menor AF con un promedio entre ellos de 4278 cm².

Peso seco de hojas (PSH). La aplicación foliar de las sustancias químicas evaluadas afectaron de manera significativa al crecimiento de las hojas a un $P = 0.03$. Las hojas con mayor peso se

produjeron en el testigo T15, el cual no tuvo restricción de humedad. Los tratamientos T2, T9, y T13 mostraron similar PSH entre ellos con un promedio de 25.54 g por planta, en seguida los tratamientos T6, T7, T11 y T12 produjeron un PSH promedio de 22.56 g por planta. Los tratamientos T1, T3, T5 y T8, tuvieron un PSH promedio de 20.70; los T4 y T10 presentaron un AF promedio de 190.7 g por planta y finalmente el T14, testigo sin tratamiento a la semilla y sin aplicación foliar con la menor PSH.

Cuadro 2. Datos de, peso seco de raíz, hojas, tallos y órganos fructíferos

TRT.	AF (cm ²) [†]	PSH1 [†]	PSTal [†]	PSOF [†]	PSR [†]
		(g)	(g)	(g)	(g)
T1	5886 ab	20.60 bcd	14.71 ab	4.33 ab	2.59
T2	6646 ab	25.38 ab	14.69 ab	2.15 cd	1.77
T3	5280 bc	20.20 bcd	12.40 c	0.96 cd	1.74
T4	4594 c	18.75 cd	12.46 c	0.65 d	1.52
T5	5328 bc	20.83 bcd	12.31 c	1.40 cd	3.39
T6	5667 ab	22.30 bc	13.58 bc	1.09 cd	2.34
T7	6083 ab	24.08 bc	15.08 ab	6.07 a	2.87
T8	5272 bc	21.18 bcd	12.69 c	3.11 bc	2.70
T9	6474 ab	25.13 ab	15.15 ab	2.08 cd	2.53
T10	4774 bc	19.38 cd	13.58 bc	1.00 cd	1.99
T11	5657 ab	21.58 bc	14.28 bc	2.47 bc	2.55
T12	5836 ab	22.28 bc	14.76 ab	3.00 bc	2.07
T13	7340 a	26.10 ab	18.36 a	0.93 cd	3.03
T14	3962 c	16.23 d	11.34 c	5.77 ab	1.86
T15	7202 a	26.38 a	15.94 ab	0.75 cd	2.52

[†] Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $P = 0.05$) dentro de columnas.

Peso seco del tallo (PSTal). El efecto de los tratamientos en esta variable fue significativa a un $P = 0.01$. El tratamiento T13 promovió los tallos más pesados con respecto al resto de los tratamientos. Él tuvo un 22% más de PSTal que el promedio de los tratamientos T1, T2, T7, T9,

T12 y T15, los cuales no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Un 33% que el promedio de los tratamientos T6, T10, y T11, los cuales fueron estadísticamente similares entre ellos. Los tratamientos con tallos de menor peso fueron los T3, T4, T5, T8 y T14, con un promedio de 12.24 g por planta, el cual representa un 67% del tratamiento T13.

Peso seco de órganos fructíferos (PSOF). Esta variable fue afectada de manera significativa $P = 0.008$ por los tratamientos evaluados. El tratamiento T7 promovió la mayor cantidad de órganos fructíferos (flores y vainas), en segundo lugar, los tratamientos T1 y T14 con un promedio entre ellos de 5.05 g por planta, en seguida los T8, T11 y T12, con un promedio entre ellos de 2.86 g por planta. Siguió en forma descendente los T2, T3, T5, T6, T9, T10, T13 y T15, con un promedio de 1.26 g por planta; finalmente el T4.

Peso seco de la raíz (PSR). Los tratamientos evaluados no afectaron al crecimiento de la raíz a un $P = 0.05$. El valor promedio de todos los tratamientos fue de 2.36 g por planta.

CONCLUSIONES

Hasta el momento de la evaluación de los resultados presentados, 52 días después de la emergencia, la aplicación foliar de las sustancias evaluadas mostraron poco impacto en área foliar, peso seco de hojas, peso seco del tallo. En la variable peso seco de órganos fructíferos la aplicación foliar de nitrato de potasio a una concentración de 0.5 g L^{-1} mostró el más alto valor. El crecimiento de la raíz no fue afectado por los tratamientos evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

- Hsiao, T.C., L. Heng, P. Steduto, B. Rojas-Lara, D. Raes, y E. Fereres. 2009. —Aqua Crop-- The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. *Agronomy Journal* 101 (3): 448-459.
- Kirkham, M.B. 2005. *Principles of soil and plant water relations*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, the Netherlands.
- López, R.M. 2009. *Tecnologías de producción del cultivo del frijol*. Secretaría de desarrollo agropecuario. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria. Metepec, Estado de México. SEDAGRO. Vol. 6. pp8.
- Muñoz Saldaña, R. 2010. Frijol, rica fuente de proteínas. *CONABIO. Biodiversitas*, Vol. 89: 7-11.
- Romero Polanco E., 2012. Sequía afecta a más de dos millones de mexicanos. *Teorema Ambiental. Revista Técnico Ambiental. Boletín electrónico del 30 de enero del 2012*. Web consultada el 30 abril 2013: <http://www.teorema.com.mx/cambioclimatico/sequia-afecta-a-mas-de-dos-millones-de-mexicanos/>.

EFFECTO A LARGO PLAZO DE LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOSTA EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMARCA LAGUNERA

Claudia Lizeth Gámez-Puentes², Antonio Zea-Ruiz³, Ana Janeth Guerra-Rivera⁴, José Luis González-Barrios¹, Erika Nava-Reyna^{1*}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Canal Sacramento Km. 6.5, Zona Industrial 4ta Etapa, Gómez Palacio, Durango, C.P. 35140. ²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Artículo 123 s/n, Col. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, C.P. 35015. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L. Periférico Raúl López Sánchez C. P. 27054. ⁴Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n Fraccionamiento Filadelfia. Gómez Palacio, Durango, C.P. 35010. *E-mail: nava.erika@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La aplicación de materia orgánica exógena es considerada como una herramienta para el mantenimiento y mejoramiento de la calidad del suelo, la biodiversidad y suministro de nutrientes, así como para prevenir la compactación y erosión del suelo (EC 834/2007). Estos efectos benéficos de las enmiendas orgánicas se deben principalmente al refuerzo del contenido de materia orgánica del suelo (SOM) que juega un papel importante en su estructura y es responsable de diferentes reacciones como la resistencia a la erosión, penetración del agua y desarrollo de las raíces (IPCC, 2001). Las enmiendas orgánicas como la vermicomposta, contienen sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento (como vitaminas, hormonas y enzimas) y posee gran capacidad de intercambio catiónico, así como un alto contenido de ácidos húmicos y una gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y el drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Rodríguez-Dimas, 2007). También pueden tener efectos significativos en las propiedades microbiológicas y químicas del suelo al estimular el crecimiento y actividad microbiana, que han sido indirectamente responsables del mejoramiento y del crecimiento de los cultivos, así como de la bio-recuperación de los suelos contaminados (Mogollon *et al.*, 2016). Además, se ha demostrado que el empleo de sustratos orgánicos puede incrementar el contenido de lignina y azúcares en el suelo, lo que favorece también el secuestro de carbono (Ngo *et al.*, 2012).

Cabe destacar que las enzimas extracelulares bacterianas y fúngicas juegan un papel imprescindible en la degradación de la SOM, por lo que la estimación de distintas enzimas refleja directamente la contribución microbiana al ciclo de nutrientes. Consecuentemente, cambios en la actividad de enzimas que participan en la degradación de los principales componentes de la SOM se han ligado a cambios en las tasas de descomposición y el

almacenamiento de C en el suelo (Jensen *et al.*, 2012), al estar influenciadas por las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y bioquímicas del suelo. Por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre la dirección del metabolismo de la microbiota para degradar fuentes específicas para obtener C, N, P, entre otros (Huang *et al.*, 2012). Enzimas como la β -glucosidasa participan en la depolimerización de celulosa, hemicelulosas y almidón (Barton y Northrup, 2011), componentes principales de los tejidos vegetales. De igual forma, las enzimas galactosidasas son parte de las glucosidasas que representan un indicador para evaluar la biodisponibilidad del C, y cuya actividad responde a cambios en el manejo del suelo más rápidamente que otros indicadores de calidad del suelo (Eivazi y Tabatabau, 1988). La enzima N-acetilglucosaminidasa está involucrada en la hidrólisis de la N-acetil glucosamina de la quitina en hongos y el peptidoglicano en bacterias, y aquellos ligados al cambio microbiano e interacciones con los ciclos de C y N en el suelo. Estas enzimas son responsables de la liberación de C y N, elementos importantes en la nutrición de las plantas (Henríquez, 2014).

Es por lo anterior, que el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto a largo plazo de la incorporación de un vermicomposta sobre la actividad de algunas de las principales enzimas dentro del ciclo del carbono en un suelo agrícola arenarcilloso del norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo. Las muestras fueron tomadas en el predio “El Fenix” (N 25°38’47.8”; W 103°19’11.6”) al final del ciclo agrícola de maíz forrajero (*Zea mays*), uno de los principales cultivos de la Comarca Lagunera. En este predio se ha aplicado 150 l/ha de lombricomposta por más de 10 años. Las muestras se extrajeron con un muestreo aleatorio al azar simple 12 núcleos de la rizósfera del suelo de cada sitio de muestreo (3 profundidades, 20, 40 y 60 cm, en 4 áreas del predio), homogenizando manualmente las muestras pertenecientes a la misma profundidad. Se tomaron también muestras de suelos no cultivados cercanos (con una distancia no menor de 65 m) como testigo. Las muestras se colocaron en bolsas estériles a 4°C hasta que fueron procesadas en el laboratorio. Las muestras fueron tamizadas por 1 mm y secadas al aire hasta perder su humedad para realizar las diversas determinaciones.

Análisis de las propiedades del suelo. El contenido carbono total (TC) fue determinado por combustión seca utilizando un analizador elemental LECO (Yuan *et al.*, 2012). El contenido de carbono orgánico del suelo (SOC) y SOM fue determinado por el método de Walkley y Black (1934).

Actividad β -galactosidasa, β -glucosidasa y β -glucosaminidasa. Se analizaron las actividades microbianas utilizando 0.2 g de suelo secado al aire con el sustrato adecuado para cada una, incubando por 1 h a 37°C a su pH óptimo (Tabatabai, 1994) con la solución del sustrato adecuado (p-nitrofenil β -D-galactósido (pH 6), p-nitrofenil β -D-glucósido (pH 6) y p-nitrofenil-N-acetil- β -D-glucosaminida (pH 5.5), respectivamente) y buffer MUB para las dos primeras enzimas y buffer acetatos para la última. Las mezclas de reacción se centrifugaron a 1500 x g por 3 min y se determinó colorimétricamente la cantidad de p-nitrofenol liberado por las glicosidasas a 410 nm. La actividad enzimática fue expresada como p-nitrofenil β -D-glucopiranosido g-1 h-1. Se realizó un análisis ANOVA factorial para determinar el efecto de la aplicación de vermicomposta y la profundidad del muestreo sobre la actividad enzimática. Además, se realizaron pruebas de t-student independientes para observar diferencias en las actividades enzimáticas entre suelos cultivados y no cultivados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de TC fue mayor en suelos cultivados y disminuyó conforme a la profundidad del muestreo (Tabla 1). Por su parte, los suelos de zonas áridas cultivados presentaron valores de SOC de 18 t ha⁻¹ con una profundidad de 0-20 cm, 30 t ha⁻¹ de 20-40 cm y 15 t ha⁻¹ de 40-60 cm (Figura 1), los cuales se encuentran dentro del rango reportado para suelos de zonas áridas, que va desde 2.1 a 72 t ha⁻¹, como lo reportó Montaña *et al.* (2016). Además, a una profundidad de 20-40 cm la cantidad de SOC fue similar a lo reportado Vela *et al.* (2011) en suelos cultivados con maíz forrajero de 32.9 t ha⁻¹. Por otro lado, encontramos una baja concentración de SOC en suelos no cultivados, teniendo un rango de 13 a 3 t ha⁻¹ utilizando las mismas profundidades, lo que indica que la aplicación de la vermicomposta promueve la acumulación de SOC a largo plazo, como lo reportaron otros autores (Dong *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2015), lo que resulta particularmente relevante ya que sugiere que la aplicación de fertilizantes orgánicos es una de las prácticas agrícolas claves para secuestrar el CO₂ en la agricultura.

Tabla 1. Contenido de carbono total en suelo cultivado con adición de vermicomposta por más de 10 años, y un suelo no cultivado como control.

Profundidad	Carbono total, %	
	Suelo no cultivado	Suelo cultivado
0-20 cm	1.75 ± 0.08	2.27 ± 0.25
20-40 cm	1.63 ± 0.04	2.02 ± 0.40
40-60 cm	1.56 ± 0.14	1.70 ± 0.20

Los resultados de la determinación de SOM se encuentran en la Fig. 1. Fitzpatrick (1996) señaló que la mayoría de los suelos contienen 1.6% de SOM, llegando ser menor al 1% en suelos muy áridos. En el municipio de Torreón, Fortis *et al.* (2009) demostraron que los valores pasaron de 0.91% a 0.94% con la adición de biocomposta, por lo que los valores de SOM obtenidos superaron el rango mencionados por este autor. Al igual que SOC los valores son superiores en suelos cultivados, que en suelos no cultivados.

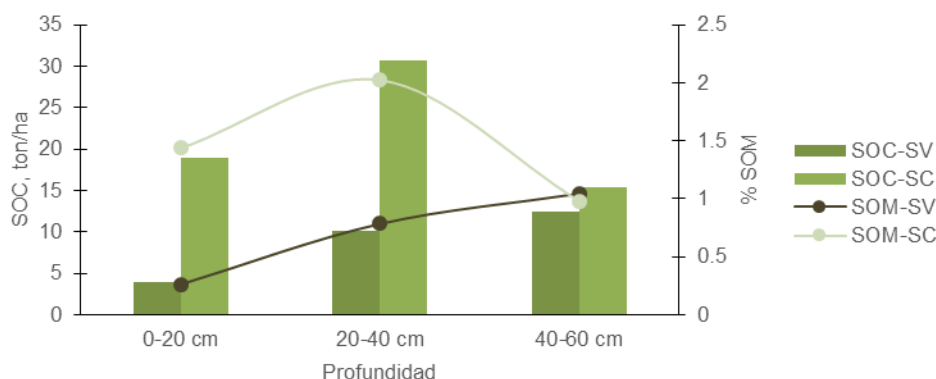


Figura 1. Contenido de carbono orgánico y materia orgánica de suelos cultivado (SOC-SC y SOM-SC, respectivamente) y no cultivados (SOC-SV y SOM-SV, respectivamente).

De manera individual, tanto la aplicación de lombricomposta como la profundidad de la muestra afectan la actividad β -glucosidasa ($F = 133.589$, g.l. = 1,12; $P = 0.000$; $F = 133.183$, g.l. = 2,12, $P = 0.000$, respectivamente). Se observó además que existe interacción entre ambas variables con respecto a la actividad enzimática ($F = 38.385$, g.l. = 2,12, $P = 0.000$). La mayor actividad β -glucosidasa se presentó en las muestras de 0-20 cm y 20-40 cm, no existiendo diferencia significativa entre ambas profundidades, pero si en relación con la de 40-60 cm, tanto en suelos cultivados como en el testigo. Además, los suelos cultivados presentaron actividades enzimáticas significativamente mayores que los suelos no cultivados en las dos primeras profundidades (Figura 2). La actividad β -glucosidasa, se encuentra implicada en la degradación de la materia orgánica que ocurre en el vermicompostaje, por ende, los valores de la profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm son superiores, a diferencia de 40-60 cm, ya que las β -glucosidasas catalizan la hidrólisis de glucosidos unidos por los enlaces tipo β , que es el paso final en la descomposición de diferentes compuestos orgánicos (Fernández, 2011), por lo tanto, no solo la enzima representa la SOM, si no también es un bioindicador del estado de contaminación del suelo (Calderón, 2009).

Por su parte, la actividad β -galactosidasa también difirió significativamente entre el suelo cultivado y el suelo testigo, así como por la profundidad de muestreo ($F = 512.550$, g.l. = 1,12, $P = 0.000$; $F = 502.556$, g.l. = 2,12, $P = 0.000$, respectivamente) y la interacción entre los dos

factores ($F = 476.391$, g.l. 2,12, $P = 0.000$), teniendo la mayor actividad en las de 0-20 cm, seguidas por las de 20-40 cm y por último las de 40-60 cm. Tanto en las muestras tomada 0-20 cm como de 40-60 cm se mostraron diferencias significativas sobre la actividad β -galactosidasa por la aplicación de vermicomposta a largo plazo, a diferencia de las muestras de 20-40 cm (Figura 2). Las enzimas β - galactosidasas solo se encuentra en la superficie del suelo (Pérez, 1994), disminuyendo con la profundidad. La mayor actividad β - galactosidasa se presentó en suelos no cultivados, a pesar de que se ha reportado una correlación entre el SOC y la actividad de esta enzima, lo cual pudo deberse a la presencia de metales pesados en los suelos cultivados, ya que el predio aplica ácido sulfúrico residual de procesos metalúrgicos para disminuir la salinidad de los suelos de cultivo (Eivazi y Tabatabai, 1990); sin embargo, es necesario realizar estudios profundos sobre el contenido de metales pesados en los suelos analizados.

La aplicación a largo plazo de vermicomposta también afectó la actividad β -N-acetil-glucosaminidasa, la cual fue también influenciada por las distintas profundidades de muestreo ($F = 20.457$, g.l. 1,12, $P = 0.001$; $F = 11.569$, g.l. = 2,12, $P = 0.002$, respectivamente) (Fig. 2). Así mismo, existió una interacción entre ambas variables ($F = 5.850$, g.l. = 2,12, $P = 0.017$), no existiendo diferencia en la actividad β -N-acetil-glucosaminidasa a una profundidad de 0-20 y 20-40 cm, pero sí con respecto a 40-60 cm. Al igual que en la actividad β -glucosidasa, la actividad β -N-acetil-glucosaminidasa no mostró diferencia significativa a una profundidad de 40-60 cm. Esta enzima está involucrada en la degradación de la quitina, un indicador de la población fúngica dentro de la vermicomposta. Existen estudios que demuestran un incremento en el contenido de quitina en las primeras semanas de vermicompostaje, alcanzando un equilibrio posterior (Pramanik y Chung, 2011). Además, la quitina representa una fracción de la SOM que contiene C y N recalcitrante, por lo que esta enzima cataliza su hidrólisis en amino-azúcares en suelos, que constituyen de 5-12 % de N orgánico y el 3% del SOC (Stevenson, 1982; Joergensen y Meyer 1990) en la superficies de suelos húmedos. Esta hidrólisis es importante en los ciclos del C y N porque la hidrólisis de la quitina en amino-azúcares es una de las principales fuentes de N minerabilizable en el suelo. Es por lo anterior, que niveles más altos de actividad N-acetil- β -glucosaminidasa se presentaron en los suelos tratados con lombricomposta.

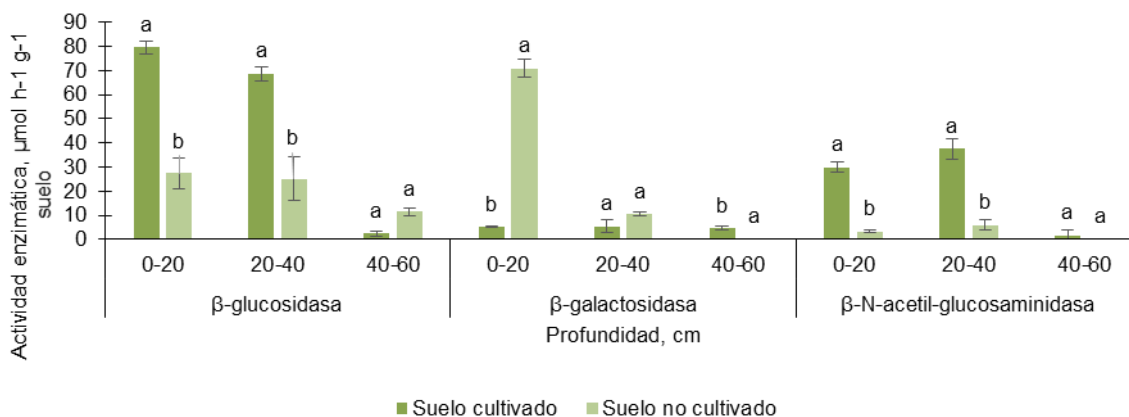


Figura 2. Efecto de la administración de vermicomposta en actividades enzimáticas del suelo relacionadas con el ciclo del carbono a diferentes profundidades de muestreo. Los valores en las columnas que presentan diferentes letras difieren significativamente entre tratamientos ($P \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba de t-student al 95% de confianza.

CONCLUSIÓN

La aplicación a largo plazo de vermicomposta incrementa la actividad de las enzimas glucolíticas implicadas en la degradación de la materia orgánica, así como el contenido de materia orgánica y carbono orgánico del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto “Mecanismos de secuestro de carbono en suelos agrícolas bajo diferentes prácticas de manejo” financiado por Fondos Fiscales del INIFAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Barton LL, Northup DE. (2011). *Microbial Ecology*. Wiley-Blackwell, USA.
- Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91.
- Dong WY, Zhang XY, Wang HM, Dai X, Sun X, Qiu W, Yang F. 2012. Effect of different fertilizer application on the soil fertility of paddy soils in red soil region of Southern China. *PLoS One* 7, 1–9.
- Eivazi F, Tabatabai MA. 1988. Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biol Biochem.* 20(5), 601-606.
- Eivazi F, Tabatabai MA. 1990. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(7), 891-897.
- Fernández MJ. 2011. Aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valorización agronómica de residuos y detritos de cultivos de invernadero (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral) Universidad de Granada. España.
- Fitzpatrick EA. 1996. *Introducción a la ciencia de los suelos*. Editorial Trillas. México, D. F.
- Fortis H, Leos JA, Orona I, García JL, Salazar SE, Preciado RP. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera En: *Libro de Agricultura Orgánica*. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México. 104-127.

- Henríquez C, Uribe L, Valenciano A, Nogales R. 2014. Actividad enzimática del suelo-Deshidrogenasa, - β Glucosidasa, Fosfatasa y Ureasa-bajo diferentes cultivos. *Agronomía Costarricense*, 38(1).
- Huang L, Gao X, Liu M, Du G, Guo J, Ntakirutimana T. 2012. Correlation among soil microorganisms, soil enzyme activities, and removal rates of pollutants in three constructed wetlands purifying micro-polluted river water. *Ecol Eng.* 46, 98-106.
- IPCC. 2001. Climate change 2000 the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T et al., (eds.)], Cambridge University Press. 881.
- Jensen ES, Peoples MB, Boddey RM, Gresshoff PM, Hauggaard-Nielsen H, Alves BJ, Morrison MJ. 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron Sustain Dev.*, 32(2), 329-364.
- Joergensen RG, Meyer B. 1990. Chemical change in organic matter decomposing in and on a forest Rendzina under beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of Soil Science*, 41: 17-27.
- Mogollón JP, Martínez A, Torres D. 2016. Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28(1), 29-38.
- Montaño NM, Ayala F, Bullock SH, Briones O, García F, García R, Maya Y, Perroni Y, Siabe C, Tapia Y, Troyo E, Yépez E. 2016. Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: Síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana*, (34): 39-59.
- Ngo PT, Rumpel C, Doan TT, Jouquet P. 2012. The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. *Soil Biol Biochem.* 50, 214-220.
- Pramanik P, Chung YR. 2011. Changes in fungal population of fly ash and vinasse mixture during vermicomposting by *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*: Documentation of cellulase isozymes in vermicompost. *Waste Manag.* 31(6), 1169-1175.
- Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Favela-Chávez E, Figueroa-Viramontes, de Paul-Álvarez V, Palomo-Gil A, Márquez-Hernández C, Moreno-Reséndez A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Rev Chapingo Ser Hortic.* 13(2), 185-192.
- Stevenson FJ. 1982. Organic forms of soil nitrogen. En: Nitrogen in agricultural soils. Stevenson FJ(ed). American Society of Agronomy, Madison, USA. 101-104 pp
- Vela CG, López BJ, Rodríguez GML. 2011. Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas.* 77: 18-30.
- Yang ZC, Zhao N, Huang F, Lv YZ. 2015. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain. *Soil Till Res.* 146, 47-52.

INFLUENCIA DE OBRAS HIDROAGRÍCOLAS EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES EN EL RÍO NAZAS, DURANGO

Cardoza Martínez Gabriel Fernando*¹, Alonzo Rojo Fernando¹ y Valenzuela García Ana Alejandra¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad S/N Fraccionamiento Filadelfia, C.P. 35010, Gómez Palacio, Dgo. *Email: biólogo_gabriel@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En México están descritas cerca de 2,600 especies de peces, de las cuales aproximadamente 500 se distribuyen en aguas continentales (Espinosa *et al.*, 1998; Miller *et al.*, 2005). Actualmente se reconoce a los peces de agua dulce como organismos indicadores del estado de integridad biológica de los ecosistemas, expresando a través de su estructura las posibles alteraciones al ecosistema original en una región determinada. Estos cambios principalmente se deben a actividades antropogénicas (Karr, 1981). En el norte-centro de México, existen condiciones de aislamiento de cuerpos de agua que en la historia evolutiva generaron condiciones idóneas para la especialización de grupos biológicos asociados a sistemas de humedales. Específicamente la cuenca hidrológica Nazas-Aguanaval la cual hace miles de años era afluente tributario del Río Grande, y actualmente pertenece a una cuenca endorreica, ha generado condiciones climatológicas, de heterogeneidad espacial, aislamiento genético, entre otros factores, que han permitido la generación de especies dulceacuícolas endémicas y con características únicas (Contreras-Balderas *et al.*, 2005; Miller *et al.*, 2005).

Sin embargo esta riqueza biológica ha sido poco estudiada y por lo tanto poco priorizada en las planeaciones de desarrollo regional desde que los primeros colonizadores habitaron las zonas aledañas al Río Nazas. Históricamente las diferentes regiones que comprenden la cuenca Nazas-Aguanaval han sido destinadas a actividades principalmente agrícolas, por tal motivo el Río Nazas, que representa la principal fuente de suministro de agua para la Comarca Lagunera, ha sufrido interrupciones en su flujo desde la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco en 1946 y 1968 respectivamente (Villanueva *et al.*, 2006). El objetivo principal de la construcción de estas obras de gran dimensión fue el de captar un gran volumen de agua para posteriormente regularlo de acuerdo a los ciclos agrícolas establecidos. Aunado a lo anterior, en la última mitad del siglo pasado, se construyeron represas como parte de las obras para facilitar la conducción del agua hacia los campos agrícolas (Castañón, 2006). Las afectaciones de estas obras en las comunidades biológicas asociadas al ecosistema ripario en la cuenca han sido poco evaluadas, sin embargo existen evidencias de los efectos negativos

que la disminución de la velocidad de corriente ocasiona sobre la diversidad y abundancia de los peces del Nazas (López, 2012). De igual forma está documentado el detrimento de la estructura de las comunidades de peces en regiones de México y Norteamérica a causa de alteraciones del flujo natural de los ríos.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de las presas y represas en la estructura de la comunidad de peces a lo largo de la parte media y baja del Río Nazas. Los resultados generados permitirán una planeación integral de los recursos naturales regionales a futuro, tomando en cuenta el valor de las especies sensibles y endémicas asociadas a los sistemas de humedales, las cuales son más vulnerables a cambios mínimos en las condiciones biofísicas de los afluentes al no tener posibilidad de migrar a otros ecosistemas riparios inmediatos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la influencia de las obras hidroagrícolas en la estructura de la comunidad de peces en la parte media y baja del Río Nazas, se realizó un análisis recopilatorio de las últimas investigaciones realizadas por el Laboratorio de Ictiología, Acuicultura y Pesquerías de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango sobre la ictiofauna en este sitio. El análisis comprendió registros desde 2009 a 2012 en 11 estaciones de muestreo a lo largo del cauce del Río (Palacios, 2009; López, 2012). Con los registros de presencia y ausencia de especies de peces, además de su abundancia, se realizó un análisis para determinar diferentes parámetros de la estructura de la comunidad: riqueza específica, diversidad, dominancia, proporción de especies e individuos nativos y proporción de individuos de la familia Ciprinidae. Lo anterior se realizó con el software PAST 3.14 (Moreno, 2001).

De forma complementaria, se realizó un recorrido a lo largo de la parte media y baja del Río Nazas, para localizar y georreferenciar las presas y represas presentes en el cauce del Río, las cuales se representaron en una imagen tipo vector de puntos y se obtuvo la distancia de cada uno de los sitios de muestreo a la presa y represa más cercana. Lo anterior se realizó a través de la plataforma del programa Arcmap 10.1 (Phillips *et al.*, 2006). Posteriormente se aplicó un análisis de correlación múltiple entre los parámetros de la estructura de la comunidad (variables dependientes) y las distancias a presas y represas (variables independientes). Las variables explicativas con mayor grado de significancia se seleccionaron y se utilizaron para realizar un análisis de regresión, posteriormente se generó un modelo predictivo de cada atributo de la

comunidad con mayor influencia de presas y represas. Las pruebas anteriores se corrieron en los paquetes estadísticos SPSS ver 18 y el Programa PAST 3.14 (Palaoro *et al.*, 2013; Schnier *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis recopilatorio se enlistaron 16 especies de peces, ocho categorizadas como especies nativas del Nazas y ocho como especies introducidas. Los parámetros principales de la estructura de la comunidad se muestran en la Tabla 1. La distribución espacial de los sitios de muestreo, ubicación del Río Nazas para la parte de Durango, así como la localización de las presas y represas a lo largo del cauce se representan en la Figura 1.

Tabla 1. Parámetros de la estructura de la comunidad de peces para los distintos sitios de muestreo

ESTACIÓN	Número de Especies	Índice Diversidad Menhinick	Índice Dominancia Berger-Parker	Número individuos Nativos	Número individuos Ciprínidos
Presa Lázaro Cárdenas	10	1.179	0.6528	8	13
San Francisco de Asís	8	0.9238	0.28	70	56
El Paraíso	6	1.309	0.4762	17	17
San Rafael	8	1.016	0.2742	49	54
Rodeo	14	0.6128	0.6513	84	117
Amoles	8	0.4981	0.7209	217	230
Nazas	12	0.7811	0.5339	103	227
Presa Francisco Zarco	3	0.2165	0.9531	0	0
Cañón de Fernández	3	0.2143	0.7908	0	0
Puentes Cuates	5	0.2692	0.8493	0	0
Canal Sacramento	4	0.8	0.32	0	0

Se registraron un total de 31 obras hidroagrícolas a lo largo del cauce de la parte media y baja del Río Nazas, abarcando desde la Presa Lázaro Cárdenas, en el municipio de Indé, hasta los límites de la zona metropolitana de la Laguna en el Valle de León Guzmán en el municipio de Lerdo, Dgo.

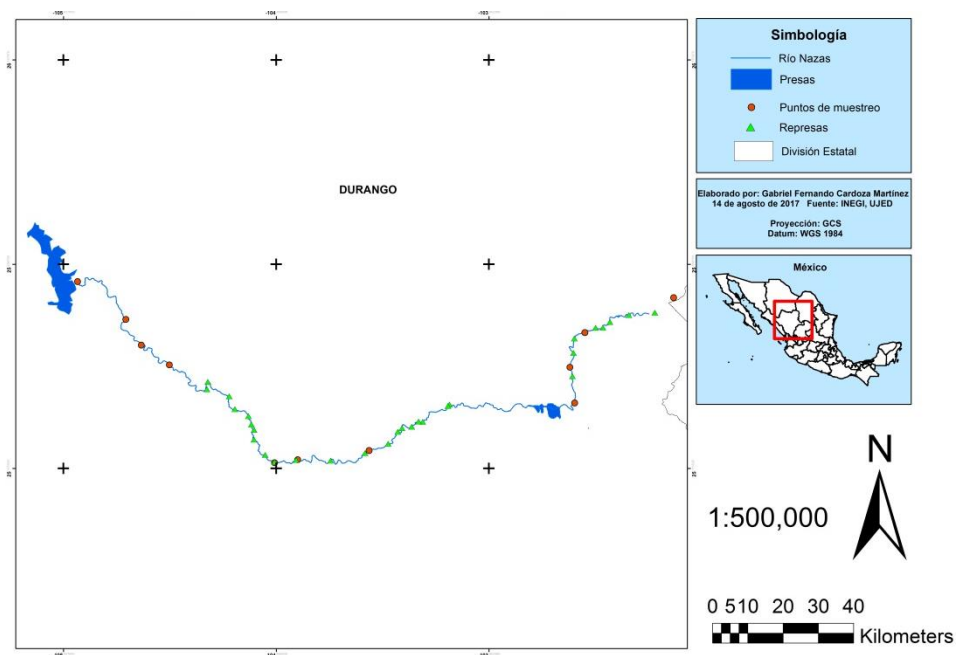


Figura 1. Ubicación de las obras hidroagrícolas y sitios de muestreo en la parte media y baja del Río, Nazas

El análisis de asociación de variables por medio de la prueba de correlación de Pearson mostró asociación funcional significativa en cuatro combinaciones de variables (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de correlación entre los parámetros de la estructura de la comunidad de peces y dos variables hidroagrícolas

Atributo	Distancia a represas		Distancia a presas	
	r	p	r	p
Índice Diver. Menhinik	0.634	0.036*	-0.18	0.95
Índice Domin. Berger-Parker	-0.654	0.029*	-0.17	0.61
Número ind. Nativos	-0.149	0.66	0.73	0.01**
Núm. Ind. Ciprínidos	-0.249	0.46	0.88	0.00**

* Correlación significativa al 0.05 ** Correlación significativa al 0.01

A través del análisis de estimación curvilínea se generaron los modelos predictivos de cada atributo de la estructura de la comunidad de peces analizado. Los valores de explicación de la variabilidad de estos atributos (R^2) por parte de las variables hidroagrícolas fluctuaron entre el 40 al 85% (Tabla 3).

particular para el Río Nazas. Lo anterior permitirá identificar las principales causas en el detrimento de los atributos positivos del ensamble de peces y se podrán aplicar medidas y proyectos de remediación integrales para la Cuenca.

CONCLUSIONES

La presencia de obras hidroagrícolas a lo largo del cauce del Río Nazas tiene una influencia significativa sobre algunos atributos de la comunidad de peces: diversidad, dominancia, individuos nativos y ciprínidos. Los atributos considerados positivos para la comunidad íctica: diversidad, individuos nativos y ciprínidos, son afectados negativamente en sitios cercanos a presas y represas, mientras que la dominancia, atributo considerado como negativo, es afectada positivamente por la presencia de presas. Se generaron modelos de regresión para predecir los valores de los diferentes atributos de la comunidad de peces analizados, en base a las variables hidroagrícolas. La presencia de presas y represas explica del 40 al 85% de la variabilidad de los atributos de la comunidad de peces medidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Castañón, C. 2006. Una perspectiva hidráulica de la historia regional: economía y revolución en el agua de La Laguna", *Buenaval*, 3, pp. 7-31.
- Contreras-Balderas, S., M.L. Lozano-Vilano and M.E. García-Ramírez. 2005. Historical changes in the index of biological integrity for the lower Río Nazas, Durango, México. *American Fisheries Society Symposium*, 45: 225-237.
- Espinosa, P.H., P. Fuentes, M.T. Gaspar-Dillanes y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. Capítulo 6. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. Diversidad Biológica en México. Instituto de Biología, UNAM. 227-249 p.
- Karr, R.J. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6):21-27.
- López, I. 2012. *Distribución y abundancia de la ictiofauna en la parte media y baja del río Nazas, Durango*. Tesis Profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. 53 p.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol.1. Zaragoza. 84 p.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.T. Norris. 2005. *Freshwater fishes of México*. The University of Chicago Press. 601 p.
- Palacios, O.A. 2009. *Diversidad de la ictiofauna en el Río Nazas, Dgo.*, México. Tesis Profesional de Licenciatura. Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. 73 p.
- Palaoro, A., M. Dalosto, G. Costa and S. Santos. 2013. Niche conservatism and the potential for the crayfish *Procambarus clarkia* to invade South America. *Freshwater Biology* (58): 1379-1391.
- Phillips, S., R. Anderson y R. Schapire. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Schnier, S., X. Cai and Y. Cao. 2016. Importance of natural and anthropogenic environmental factors to fish communities of the Fox River in Illinois. *Environmental Management* (57): 389-411.
- Villanueva, J., J. Cerano, B.H. Luckman, J. Estrada, D.W. Stahle, I. Sánchez, M.D. Therrel y R. Morán. 2006. Precipitación y flujo histórico de la cuenca Nazas-Aguanaval e impacto en la Agricultura. Folleto Científico No. 19. INIFAP. CENID. RASPA. Gómez Palacio, Durango, México. 44 p.

FOTOSÍNTESIS Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA DE LA ALFALFA EN LA COMARCA LAGUNERA

**Edmundo Castellanos Pérez¹, Ana I. Maraña Santacruz¹, Esmirna P. Campos de la Cerda¹,
Ulises N. Gutiérrez Guzmán¹, Amaury Esquivel Romo¹**

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.
ecastellmx@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera de México por lo que forrajes de buena calidad nutricional deben ser considerados. Los forrajes principales en la región lagunera son maíz, sorgo y alfalfa (Reta *et al.*, 2010). La alfalfa es uno de los forrajes más importantes del mundo, y esta planta es particularmente importante por su alta calidad nutricional (Abid *et al.*, 2016). El contenido de proteína cruda de la alfalfa es arriba del 22% y es el forraje que menos fertilizante y plaguicidas necesita (Terrazas *et al.*, 2012). Sin embargo, aunque la alfalfa es importante nutricionalmente, su desventaja es el bajo uso eficiente del agua, ya que presenta una tasa de evapotranspiración elevada con respecto a la materia seca producida (Nuñez *et al.*, 1999; Terrazas *et al.*, 2012).

El objetivo de este estudio fue observar la fotosíntesis neta y la relación de $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de CO_2 fijados por $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de H_2O transpirada en la alfalfa a diferentes horas del día.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango en el Mpio. de Gómez Palacio, Durango. El área está localizada en las coordenadas 25 46' LN y 103 21' LO. El clima es árido con precipitación promedio de 200 mm que ocurren principalmente en verano. Los muestreos fueron en un cultivo de alfalfa de la variedad cropland 7211 sembrada en Marzo de 2017 y regada superficialmente. Los muestreos fueron el 8, 10 y 11 de Agosto de 2017. Los horarios de muestreo fueron de las 8 a las 9 horas, a las 11 horas, y de las 13 a las 15 horas. Cada día se localizaron cinco macollos de plantas de alfalfa y se marcó en cada uno de ellos una rama con hojas en la cual se tomaron las lecturas con el medidor de fotosíntesis CI-340 Cid, Inc. El 8 de agosto se tomaron lecturas a las 11 horas y entre las 13 a las 15 horas. El 10 y 11 de Agosto las lecturas fueron entre las 8 y 9 horas, a las 11 horas, y entre las 13 y 15 horas. Después del último muestreo de cada día, el de las 13-15 horas, las hojas fueron cortadas y fueron llevadas al laboratorio para medir el área foliar con un medidor de área LI-COR LI-3100. Se descargó la

información en excel desde el sistema de fotosíntesis CI-340 y se introdujo el área foliar de las hojas de alfalfa que fueron usadas para el registro de intercambio de gases en el campo para obtener la tasa fotosíntesis neta, la transpiración, y el uso eficiente del agua, además de la radiación fotosintéticamente activa, la temperatura del aire y temperatura de la hoja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró la menor fotosíntesis neta de las hojas de alfalfa entre las 8-9 horas del día. También la menor transpiración fue registrada a estas horas debido a la menor temperatura del aire. La mayor fotosíntesis neta en esta planta forrajera fue encontrada a las 11 horas y la mayor transpiración entre las 13 y 15 horas (Cuadro 1). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue menor a las 8-9 horas, lo que pudiera explicar la cantidad menor de fotosíntesis neta encontrada. La RFA fue muy similar a las 11 horas con la registrada entre las 13 y 15 horas. La temperatura del aire de las 13-15 horas fue más alta que la temperatura de las 11 horas, y ésta más alta que la de las 8-9 horas. También la temperatura de la hoja se incrementó conforme avanzaron las horas del día, siendo la temperatura más baja a las 8-9 horas y la más alta a las 13-15, pero siempre fue menor que la temperatura del aire (Cuadro 2) lo cual es debido al efecto de transpiración ya que una de las funciones de la cubierta vegetal, evaporando el agua de ésta a la atmósfera, es ser un estabilizador de la temperatura foliar ante la demanda evapotranspirativa del ambiente (Castellanos *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Fotosíntesis neta (Fn), transpiración y eficiencia del uso del agua en la fijación de CO₂ de la alfalfa en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.

	Fotosíntesis neta (Fn) μmol m ⁻² s ⁻¹	Transpiración (Tr) mmol m ⁻² s ⁻¹	Eficiencia Fn/Tr μmol/ mmol	n
8-9 hs	24.57 ± 10.79	3.07 ± 0.99	8.15 ± 2.76	18
11 hs	28.07 ± 1.42 ¹	5.72 ± 0.31 ²	5.36 ± 0.39 ²	¹ 30, ² 29
13-15 hs	25.38 ± 1.43	5.87 ± 0.34	4.71 ± 0.30	38

Cuadro 2. Radiación fotosintéticamente activa, temperatura del aire, y temperatura de la hoja al momento de medir la fotosíntesis y la transpiración de la alfalfa en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.

	Radiación fotosintéticamente activa $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Temperatura del aire $^{\circ}\text{C}$	Temperatura de la hoja $^{\circ}\text{C}$	n
8-9 hs	251.95 \pm 19.42	29.10 \pm 0.37	26.19 \pm 0.41	18
11 hs	336.89 \pm 16.73	37.36 \pm 0.24	34.95 \pm 0.22	30
13-15 hs	339.23 \pm 16.93	38.87 \pm 0.46	36.10 \pm 0.49	38

La eficiencia en el uso del agua (F_n/tr) fue mayor en las primeras horas del día y la menor eficiencia entre las 13-15 horas (Cuadro 1). Considerando toda la información de los tres períodos de horarios, se relacionó la fotosíntesis neta y la eficiencia en el uso del agua con la RFA, temperatura del aire (T_{aire}) y la temperatura de la hoja (T_{hoja}), sólo se encontró el modelo $F_n/Tr = 17.66401 - 0.33059 * T_{\text{aire}}$ con $R^2 = 0.31$. Al igual que lo reportado en un cultivo de alfalfa en este mismo sitio (Castellanos y Muñoz, 2002) pero en un muestreo de invierno midiendo la fluorescencia clorofílica (F_v/F_m), la cual es un estimador de la actividad fotosintética, se encontró un efecto de las altas y bajas temperaturas en la disminución de F_v/F_m pero no fue posible encontrar efecto con la RFA. Aunque no se encontró fotoinhibición en este trabajo, como lo fue reportado por Castellanos y Muñoz (2002) y Castellanos *et al.* (2005) pero en alfalfa en invierno, más estudios son necesarios, ya que diversos factores son los que estresan a las plantas para que recurran a la fotoinhibición reversible (Aro *et al.*, 1993; Rintamäki *et al.*, 1997) como una estrategia para soportar el estrés hídrico, la radiación solar alta, las temperaturas extremas, entre otros factores estresantes (Castellanos, 2001; Lovelock y Winter, 1996), aunque en este estudio la alfalfa en vez de fotoinhibición presentó menos eficiencia en el uso del agua a las 13-15 horas.

CONCLUSIONES

La tasa fotosintética más alta en la alfalfa fue registrada a las 11 horas del día, el uso más eficiente del agua fue entre las 8-9 horas, y el uso menos eficiente del agua fue entre las 13-15 horas.

BIBLIOGRAFIA

- Abid, M., M. Haddad, A. B. Khaled, E. Mansour, K. Bachar, B. Lacheheb, A. Ferchichi. 2016. Water relations and gas exchange in alfalfa leaves under drought conditions in southern Tunisian oases. *Pol. J. Environ. Stud.* 25: 917-924.
- Aro E.M., I. Virgin, and B. Anderson. 1993. Photoinhibition of photosystem II. Inactivation, protein damage and turnover. *Biochimica et Biophysica Acta* 1143: 113-134.
- Castellanos P.E., P. L. Andrade C., J.S. Serrato C. y S. Berumen P. 2013. Diferencia entre temperatura foliar de la alfalfa y del aire influenciada por el déficit de presión de vapor en la Comarca Lagunera. *Agrofaz* 13:33-38.
- Castellanos P.E., J.J. Martínez R., C.M. Valencia C., J.J. Quiñones V., y M. López L. 2005. Fotoinhibición de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) creciendo con gramíneas en el invierno de la Comarca Lagunera, México. *Phyton. International Journal of Experimental Botany* 2005:39-45.
- Castellanos P. E. y O. Muñoz E. 2002. Fluorescencia clorofílica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en invierno en la Comarca Lagunera. *Revista Agrofaz*. Vol. 2 No. 1. pp: 51-55.
- Castellanos P. G. 2001. Estimación de la productividad del matorral micrófilo en Pasaje, Dgo. Tesis Licenciatura. URUZA. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Lovelock C.E., and K. Winter. 1996. Oxygen-dependent electron transport from photoinhibition in leaves of tropical tree species. *Planta* 198:580-587.
- Núñez H.G., J. Santamaría C., R. Faz C. 1999. Resultados de investigación de forrajes de alta calidad nutritiva con condiciones limitantes de riego en la Región Lagunera. V Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo-LALA 99. Gómez Palacio Dgo. 11, 12 y 13 de Noviembre, 1999. pp. 104-117.
- Reta, S.D., U. Figueroa V., R. Faz C., G. Núñez H. 2010. Sistemas de producción de forraje para incrementar la productividad del agua. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 33(4): 83-87.
- Rintamäki E., M. Salomen, U.M. Suoranta, I. Carlberg, B. Anderson, and E.M. Aro. 1997. Phosphorylation of light-harvesting complex II and photosystem II core proteins shows different irradiance-dependent regulation *in vivo*. *The Journal of Biological Chemistry* 48:30476-30482.
- Terrazas P. J.G., R. Mendoza S., A. Durón T., E. Echávez V. 2012. Rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de Delicias, Chihuahua. Publicación especial No. 19. CIRNOC-INIFAP. Campo Experimental Delicias. Cd. Delicias, Chihuahua.

EVALUACION HIDRAULICA DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO PARA LA PRODUCCION DE HIGUERA EN ALTA POBLACION EN EL ESTADO DE DURANGO

**Miguel Rivera González¹, Gerardo Delgado Ramírez ¹, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos¹,
Hilario Macías Rodríguez¹**

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA-INIFAP). Km 6.5 margen derecha canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140.
E-mail: rivera.miguel@inifap.gob.mx

INTRODUCCION

La higuera es uno de los cultivos que menos se han estudiado en México. Su cultivo por lo general se ha realizado bajo condiciones de traspatio. Recientemente en la Región Lagunera conformada por municipios del estado de Durango y Coahuila este cultivo ha tomado importancia ya que a partir del año 2012 se establecieron pequeñas huertas (de 1 a 2 hectáreas) en altas poblaciones y regadas mediante riego por goteo. A la fecha se han realizado varios estudios a nivel internacional para determinar sus necesidades hídricas bajo diferentes escenarios de manejo, por ejemplo, utilizando acolchado plástico (Rodríguez y Valdez, 1999) y altas poblaciones (De Sousa, 2013 y Rivera *et al* 2016). Recientemente Rivera *et al* (2016) determinaron las necesidades hídricas de la higuera y los coeficientes del cultivo (Kc) para los diferentes meses del año, en huertas de higuera establecidas en altas poblaciones (2000 p ha⁻¹) y riego por goteo. También reportan que se puede aumentar la producción con una reducción del 25 % del agua evapotranspirada, aplicando una cantidad de agua equivalente al 75% de la evapotranspiración real (ET_r). Sin embargo, el hecho de tecnificar el riego, no garantiza de manera directa, que se alcancen altas eficiencias, si estos sistemas no operan adecuadamente bajo las premisas de su diseño. Por lo tanto, la evaluación hidráulica de estos sistemas de riego debe ser un procedimiento rutinario con la finalidad de detectar fallas de manera oportuna para su solución.

La uniformidad de aplicación del agua de un sistema presurizado, es afectada por la distribución de la presión del agua en las tuberías y por las propiedades hidráulicas de los emisores usados. Las propiedades hidráulicas incluyen los efectos por diseño del emisor, calidad del agua, temperatura del agua y otros factores como taponamiento y edad (Smajstrla *et al*, 1998 y Burt,1999). Es importante conocer la uniformidad de aplicación del agua a través del tiempo, donde el valor inicial de uniformidad al instalarse un sistema servirá de base para tomar medidas preventivas en años subsecuentes (Zazueta 1992 y Martínez 1999).

Para la obtención de los parámetros que definen el comportamiento hidráulico de un sistema de riego localizado, se realizan evaluaciones de laboratorio y campo que en la actualidad además

de determinar el coeficiente de uniformidad de riego, se establecen otros parámetros que miden el grado de obstrucción o taponamiento de los goteros y ayudan a definir las causas que lo provocan, (Martin *et al* 2004).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar una evaluación hidráulica de los sistemas de riego por goteo utilizados para la producción de higuera, en dos municipios del Estado de Durango.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar la evaluación hidráulica de los sistemas de riego por goteo para la producción de higuera, se seleccionaron 4 huertas distribuidas en dos municipios del estado de Durango, las cuales fueron las siguientes: huerta la luz y granja Ana ubicadas en el ejido la Luz y la pequeña propiedad granja Ana respectivamente ambas del municipio de Gómez Palacio Durango y las huertas Carlos real y Monterreycillo ubicada en el ejido Carlos real y Monterreycillo respectivamente, ambas del municipio de Lerdo Durango. La evaluación hidráulica consistió en determinar la variación de los gastos de los emisores o goteros funcionando a una presión de operación determinada por la capacidad de la bomba de cada equipo de bombeo.

La evaluación en campo consistió en evaluar los gastos de los emisores de acuerdo a el procedimiento descrito por Román *et al* (2008) el cual se describe a continuación:

- Primero se verifica la presión de operación al centro de la sección de riego
- Se registra la presión del gotero más cercano a dicho punto y el más alejado (diferencial de presión).
- Se selecciona la primera y última línea de riego. Se afora el primero y ultimo gotero. Posteriormente se aforan 11 goteros igualmente espaciado entre ellos en cada línea regante, para hacer un total de 26 goteros en la dos regantes.
- Utilizando el mismo procedimiento, se seleccionan otras dos líneas intermedias para aforar 12 goteros en cada una (24 goteros de las dos líneas). En total el número de goteros aforados es de 50.
- Para realizar el aforo, se utiliza una probeta de 100 ml. Y un cronometro. Se registra el volumen (ml) captado en un tiempo de 36 segundos.

Una vez que se concluye el aforo de los goteros, con la información recabada se calcula el coeficiente de variación del gasto del emisor (CV) y el coeficiente de uniformidad de

distribución del agua de riego (CU), utilizando las ecuaciones 1 y 2 respectivamente (López *et al* / 1992) las cuales se describen a continuación:

$$CV = \left[\frac{\sum (X_i - X_{med})^2}{n} \right]^{0.5} / X_{med} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

CV= coeficiente de variación (%)

X_i = gasto aforado de los goteros ($L h^{-1}$)

X_{med} = gasto promedio de todos los goteros aforados ($L h^{-1}$)

N = número de goteros aforados

$$CU = (X_{25} / X_{med}) * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

CU= coeficiente de uniformidad (%)

X_{25} = gasto promedio del 25% (12 goteros) de los valores con menor aforo ($L h^{-1}$)

X_{med} = gasto promedio de todos los goteros aforados (50 goteros)

Para clasificar la CU se utilizó la clasificación propuesta por Zazueta, 1992 (Cuadro 1)

Cuadro 1.- Clasificación de coeficientes de uniformidad (CU) en goteo

Coeficiente de uniformidad (%)	Clasificación
> 90	Excelente
80-90	Buena
70-80	Regular
70-60	Pobre
< 60	Inaceptable

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentas las características de los sistemas de riego al momento de la evaluación hidráulica. El gotero que más se usa es el gotero ajustable modelo AJS color rojo el cual proporciona un gasto de 0-70 $L h^{-1}$. El gasto 0 se obtiene al cerrar completamente la tapa del gotero. Conforme se gira la tapa en sentido contrario a las manecillas del reloj. (un cuarto de

vuelta, media vuelta o una vuelta completa) el gasto que emite el gotero va aumentando. Con la finalidad de homogenizar la información de la evaluación hidráulica, este tipo de goteo ajustable modelo AJS fue operado a un cuarto de vuelta. En los tres sistemas de riego que cuentan con este emisor. Únicamente un sistema de riego cuenta con el gotero autocompensado color negro. La presión de operación de los sistemas de riego evaluados vario en un rango de 7 a 36 PSI y una longitud de la regante de 100 a 200 m, presentando la mayor longitud de la regante el sistema de riego de la huerta granja Anna.

Cuadro 2.- Características de los sistemas de riego por goteo al momento de la evaluación hidráulica

Huerta	Tipo de gotero y modelo	Presión de operación (PSI)	Rango de gasto aforado (Lh^{-1})	Longitud de la regante (m)
Monterreycillo	Ajustable AJS	12	8.2 - 19.5	92
La luz	Autocompensado	36	5.5 - 21.2	100
Granja Ana	Ajustable AJS	24	3.3 - 29.4	200
Carlos real	Ajustable AJS	7	6 - 39.6	100

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la evaluación hidráulica para cada uno de los sistemas de riego. De acuerdo a los valores del coeficiente de uniformidad de riego (CU) únicamente el sistema de riego por goteo de la huerta Monterreycillo es clasificado con una uniformidad de emisión regular y pobre para el sistema de riego de la huerta la Luz y con una uniformidad de riego inaceptable los sistemas de riego de las huertas Granja Anna y Carlos real. Para el caso del sistema de riego de la huerta Granja Ana los principales problemas de la baja uniformidad de emisión de los goteros se debe a problemas de taponamiento y a longitud excesiva de las líneas regantes (200m), la cual influye en una mayor variación y pérdida de presión en la regante por lo tanto una mayor variación del gasto de los emisores. Los problemas de taponamiento de los emisores se deben principalmente a la precipitación de carbonatos de calcio en las salidas de agua de los emisores esto coincide por lo reportado por Boman (1995). También se ha encontrado que la uniformidad de emisión disminuye conforme aumenta la antigüedad de los sistemas de riego y que un porcentaje pequeño de emisores obstruidos o tapados, puede reducir la uniformidad de emisión.

Cuadro 3.- Coeficiente de variación del gasto (CV) y coeficiente de uniformidad (CU) de riego o emisión, para cada uno de los sistemas de riego por goteo evaluados.

Huerta	CV (%)	CU (%)	Clasificación en base a la CU
Monterreycillo	25.9	71.9	Regular
La luz	39.6	66.2	Pobre
Granja Ana	50.8	23.7	Inaceptable
Carlos real	57.6	23.4	Inaceptable

CONCLUSIONES

Las bajas uniformidades de riego (CU) encontradas en la evaluación hidráulica de estos sistemas de riego por goteo, se deben principalmente a problemas de diseño (longitud excesiva de las regantes, goteros operados a altas presiones y taponamiento de los emisores ocasionados por la falta o baja eficiencia de los sistemas de filtrado y calidad del agua de riego. Por lo que las medidas correctivas a implementar para mejora sus uniformidades de riego serán específicas para cada sistema de riego según sus características particulares.

BIBLIOGRAFIA

- Boman B.J. 1995. Effects of orifice size on micro sprinkler clogging rates . Appl . Eng. In Agric. 11(6) pag. 839-843
- Burt, C. M. and S. W. Styles. 1999. Riego por Goteo y por Microaspersión para Arboles, Vides y Cultivos Transitorios. ITRC. Cal. Poly. San Luis Obispo, CA. 93407. p.15-30.
- De Sousa.A., I.P. 2013. Irrigation Management on the fig tree (*Ficus carica* L.) using the soil water balance. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science. Institute de Agronomy Departament Soils. Universidad Federal Rural. Rio de Janeiro.
- López J. R., J.M. Hernández A., A. Pérez R. y J.F. González H. 1992. Riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa España. Pag. 217-230
- Martin E.; J. Martínez; M.D. Fernández; M. Alcalde y J. Roldan 2004. Comportamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo subterráneo y superficial utilizando agua residual depurada" *Riegos y Drenaje*, 21: 21-27
- Martínez, R. E. 1999. Evaluación de un Sistema de Riego Localizado (Microirrigación). Memorias del IX Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, Sinaloa. p-199-206.
- Rivera G., M., Delgado R. G., Macías R. H. y Muñoz V. J.A. 2016. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de higuera en riego por goteo y alta población. AGROFAZ VOL. 16 N° 2. Pag. 105-111
- Rodríguez J. y Valdez G. 1999. Riego de la Higuera. Comunidad Valenciana España
- Román L.,A., Inzunza I. M.A., Catalán V. E.A, Sánchez C. I., Villa C. M. M. y Contreras de la R. F. 2008. Riego por goteo y su automatización. CENID-RASPA, INIFAP. Libro técnico N°3
- Smajstrla, A. G., B. J. Boman, D. Z. Haman, D. J. Pitts and F. S. Zazueta. 1998. Field Evaluation of Microirrigation Water Application Uniformity. University of Florida. 13 pp.
- Zazueta, F. S. 1992. Microirrigación. ICFA. International Inc. Gainesville, Fl. 32606. USA. p-26-31.

DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE AGUA DE RIEGO EN FRIJOL

Prado Serrano Saúl¹, Servín Palestina Miguel^{2*}, Herrera Mayra², Medina García Guillermo²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Teziutlán, Pue.

²Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac..

*servin.miguel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa, que usa datos simples y básicos, para la descripción e interpretación de las plantas que crecen bajo ambiente natural, seminatural o controlado, el crecimiento es un aumento constante en el tamaño de un organismo, acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular (Taiz y Zeiger 2006). Mohr (1995) define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes. Hay dos metodologías para efectuar el análisis de crecimiento, a) Análisis tradicional o clásico (Gardner *et ál.* 2003) y b) análisis funcional o dinámico (Flórez *et ál.* 2006). La fotosíntesis tiene que ver con la forma cómo las plantas transforman la energía solar en energía química liberando al mismo tiempo oxígeno y agua para almacenar la energía en forma de carbohidratos. La respiración se refiere al proceso mediante el cual las plantas toman oxígeno y desprenden dióxido de carbono. Ambos procesos son inversos. En base a esto la acumulación de biomasa tiene una estrecha relación en entre la materia seca y el grano producido. No obstante, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de crecimiento y productividad en el uso de agua en las variedades de frijol Dalia y Victoria sometidas a dos niveles de humedad, esto permitirá dar una recomendación de una aplicación óptima de agua para estas variedades y así ayudar a los productores de frijol a mejorar sus técnicas de producción y hacer más eficiente el uso del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero localizado en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC-INIFAP), ubicado a 22° 54' latitud Norte y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm. La temperatura media anual es de 14.6 °C, con acumulación promedio de frío de noviembre a febrero de ~ 600 unidades frío (UF). La precipitación media anual es de 416 mm, de los cuales el 75 % ocurre durante el verano (junio a septiembre) y el resto durante el invierno. El experimento se estableció el 16 de agosto del 2016 donde se sembró frijol variedad

Victoria (V1) y Dalia (V2), con una densidad de siembra de 131, 500 plantas por ha, los tratamientos establecidos fueron dos niveles de tensión de agua en el suelo 100=10-20 cbar 50=50-60 cbar, en combinación con su etapa de desarrollo. E1 = De siembra hasta inicio de floración y E2= De floración hasta madurez fisiológica. La tensión se midió usando sensores de humedad marca watermark previamente calibrados para la zona de estudio, colocados a 30 cm de profundidad por duplicado para cada tratamiento. T1= 10-20 y 10-20, T2=10-20 y 50-60, T3= 50-60 y 10-20 y T4=50-60 y 50-60 cbar de lectura del sensor para E1 y E2 respectivamente para ambas variedades. El riego se aplicó cuando llegó a su límite máximo y se recuperó la humedad hasta su límite más bajo para cada tratamiento. El agua se aplicó con un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6 mil con separación entre emisores de 20 cm y un gasto por emisor de 1.02 lph a una separación entre líneas regantes de 76 cm. Donde en cada parcela experimental se instaló un medidor volumétrico de ½” de diámetro para corroborar el volumen aplicado. Previo al inicio de riego se realizó un muestreo gravimétrico y se recuperó la humedad al 100% y 50% de humedad aprovechable para los tratamientos 100 y 50 respectivamente La unidad experimental fue de 3 surcos de 0.76 m de ancho por 6 m de largo. La parcela útil fue el surco central con 2.5 m de largo; donde se realizaron 5 muestreos a los 17, 39, 58, 81 y 104 DDS, donde se tomaron dos plantas para determinar área foliar (AF) y biomasa aérea seca (BIO). Se realizó un análisis de crecimiento con la metodología descrita por Gardner *et al.* (2003). La cosecha de grano se realizó manualmente. Las variables calculadas fueron: materia seca aérea (MS; gr/planta), Índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), relación de materia seca con grano maduro (RMG; %) y productividad de agua de riego (PA; kg m⁻³).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con ese manejo de riego las láminas acumuladas que se aplicaron fueron: 100-100 = 198.5-183.6 mm 100-50 = 198.5 – 61.2 mm 50-100=102.9-183.6 mm y 50-50=102.9-91.8 mm para E1 y E2 respectivamente. En la Figura 1 se puede observar la acumulación de materia seca e IAF para todos los tratamientos de las dos variedades donde se puede deducir que la generación de MS es mayor para los tratamientos donde se aplica más agua en la etapa 1 para ambas variedades. Para los tratamientos a los que se les aplicó menos agua en la etapa 1 se observó una disminución MS, es decir, la acumulación de materia seca está definida por la aportación de agua en la etapa vegetativa tal como lo menciona Servín en (2015). Según Madueño *et al.* (2006), indican que en las plantas de frijol el estrés hídrico o falta de agua provoca una reducción en el área foliar, variable muy correlacionada con la acumulación de MS

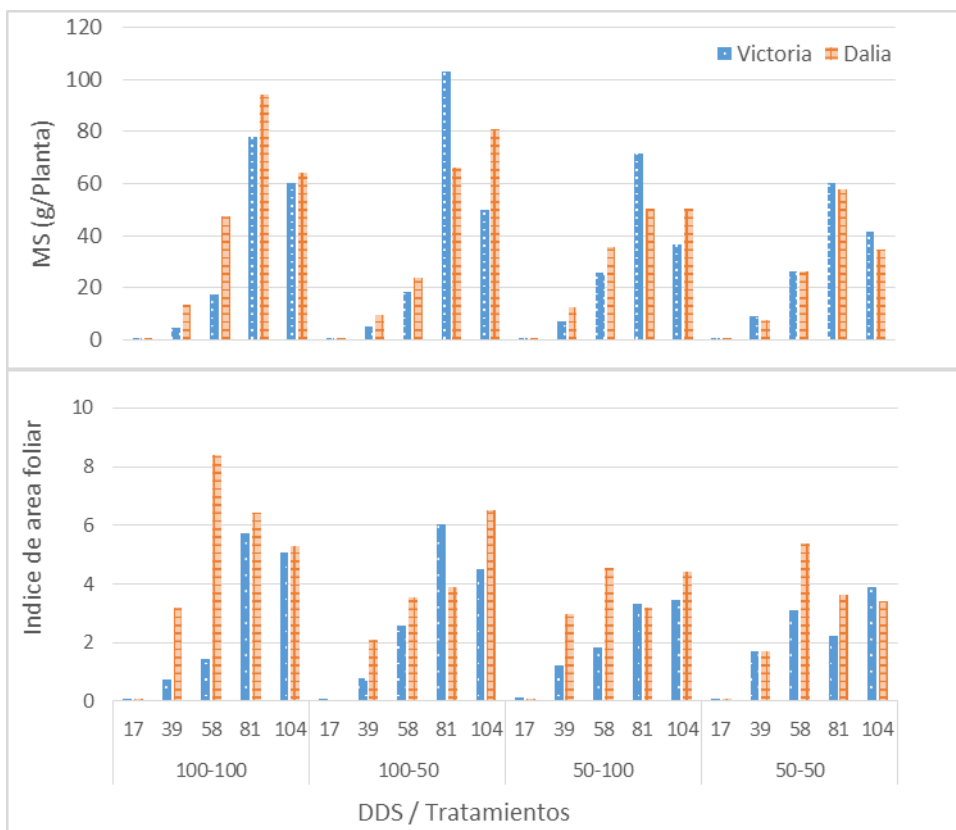


Figura 1. Acumulación de materia seca e Índice de área foliar para dos variedades de frijol sometidas a estrés hídrico en Zacatecas, México

Los resultados obtenidos muestran que en todos los tratamientos a los 81 DDS se presentó la mayor acumulación de MS estos resultados coinciden con Gardner *et al* (1990) quien menciona que este parámetro no es constante con el tiempo y muestra una tendencia a disminuir a través de los días (Figura 1).

En la Figura 2 se observa que los tratamientos con mayor aportación de agua en la etapa 2 es decir 100% son los que mostraron mayor relación de grano con la ms, de igual manera se puede observar que la variedad victoria es más susceptible a estrés en etapa reproductiva con respecto a dalia y la capacidad de adaptación es mejor cuando inician su etapa vegetativa y reproductiva bajo estrés hídrico

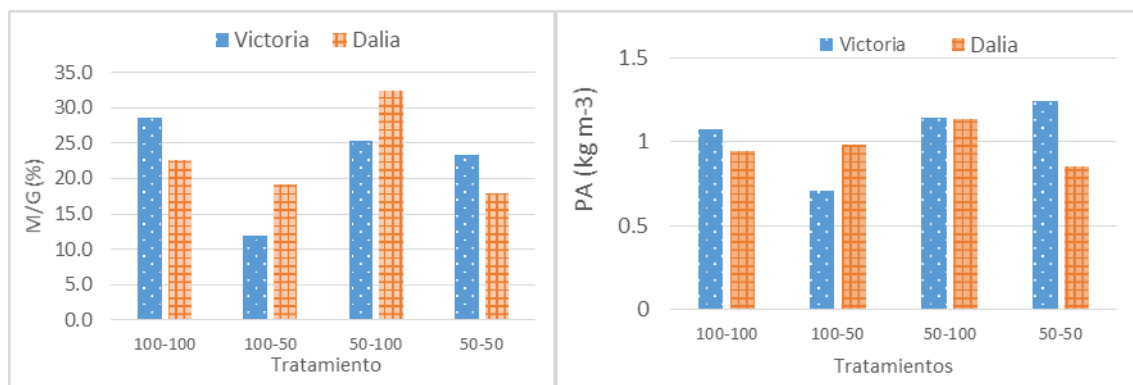


Figura 2.- Relación grano materia seca

Figura 3 Productividad en el uso de agua

En la Figura 3 la productividad de agua de riego en el cultivo de frijol, es decir, la capacidad de transformar grano con respecto a el agua aplicada donde se observa que en ambas variedades al aplicar menos agua en etapa vegetativa y mayor cantidad de agua en etapa reproductiva la productividad es un poco mayor, para la variedad victoria se observa mayor productividad por lo que se puede deducir que tiene mayor capacidad de adaptación al estrés hídrico desde la plantación

CONCLUSIONES

En la variedad Dalia la producción de grano es mayor cuando se estresa el cultivo en la etapa vegetativa y se aporta a mayor cantidad de agua en la etapa reproductiva; en cambio la variedad Victoria presenta una mayor respuesta de productividad cuando se somete a estrés hídrico desde inicio de la siembra hasta madurez fisiológica.

La transformación del agua en grano es mayor en los tratamientos que recibieron una lámina de agua menor en la etapa vegetativa, en la etapa reproductiva cuando se incrementó la lámina se obtuvo mayores rendimientos de grano siendo superior la variedad Victoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Flórez, V., D. Miranda, B. Chaves, L. Chaparro, C. Cárdenas y A. Farías. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández, D. Miranda, B. Chaves y J.M. Guzmán (eds.). Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gardner, .P, Pearce, B. & Mitchell, L. (2003). Physiology of crop plants. Blackwell publishing company. Iowa, 326 pp.
- Gardner, M., Snee, M., Hall, A., Powell, C., Downes S & Terrell, D. (1990). Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. Br Med J 300: 423-429
- Madueño, M. A., García, J. D., Martínez, J., & Rubio, C. (2006). Germinación y crecimiento de frijolillo *Rhynchosia minima* (L.) DC con diferentes potenciales osmóticos. Terra Latinoamericana, 24(2), 187-192.
- Mohr, L. B. (1995). Impact analysis for program evaluation (second ed.). Newbury Park, CA: Sage.

- Servín, P. M. (2015). Sistema para programar y calendarizar el riego en los cultivos en tiempo real. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, México.
- Steward, J. W. 1969. The Tailed Amphibians of Europe. London: Newton Abbot.
- Taiz, E. & Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal/Plant physiology (No. 581.1). Universitat Jaume I.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE GARBANZO EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA. VALLE DEL YAQUI, SONORA

**Alma Angélica Ortiz Avalos¹, Juan Manuel Cortés Jiménez¹
Gerardo Zazueta Encinas¹, Miguel Rivera Gonzalez²**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81224.

²Centro Interdisciplinario de Relación Agua, Suelo y Atmósfera, Km. 6.5 Margen Derecha Canal De Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35150, Tel. (0155) 38718700 Ext.80513

Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La producción de garbanzo en el noroeste de México se basa en la obtención de grano altamente diferenciado en tamaño, lo que ha dado fama mundial al garbanzo mexicano, reconocido como de tamaño extra grande (Godwa *et al.*, 2011; citado por Ortega *et al.*, 2016); esta región conformada por los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, es el área de mayor producción de garbanzo en todo México, comprendiendo el 80% de la producción de garbanzo a nivel nacional. De 2010 a 2016 se establecieron en esta región 84,403 ha con un rendimiento de 1.75 t ha⁻¹, y un valor de la producción de 1,512 millones de pesos (SIAP, 2017). En Sonora en el ciclo 2016-2017 se sembraron 22,140 hectáreas, reportándose la mayor superficie de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora con 9,993.27 hectáreas, seguido de Hermosillo con 9,810.25 hectáreas (CESAVESON, 2017). El Valle del Yaqui reportó para el ciclo 2016-2017 un aumento en la superficie de siembra de garbanzo de más del 200%, ya que en el ciclo anterior la superficie de siembra fue de 3,165.78 hectáreas (CESAVESON, 2017). En esta región, del 2010 a 2016, se ha reportado un rendimiento promedio de 2.14 t ha⁻¹ con un valor máximo y mínimo de 2.74 y 1.46 t ha⁻¹ respectivamente de garbanzo producido de forma convencional (SIAP, 2017). Estudios realizados en la variedad Blanco Sinaloa-92, reportaron un rendimiento promedio de 2.067 t ha⁻¹ en riego por goteo (Cota *et al.*, 2015; Fierros *et al.*, 2015 y Padilla *et al.*, 2015) y de 2.005 t ha⁻¹ en riego por gravedad (Valenzuela *et al.*, 2015). Como alternativa de venta del garbanzo, la empresa campo nuevo, situada en la ciudad de Hermosillo, Sonora lanzó al mercado el garbanzo tierno en su vaina (también llamado guasana o green fresh garbanzo pod), se comercializa como alimento fresco y su calidad se asocia con su color verde y turgencia. Mientras la semilla de garbanzo seco contiene 17 a 24% de proteína, las guasanas reportan 24 a 46% de proteína y 36% de carbohidratos, lo cual la convierte en un alimento muy apreciado para personas de hábitos vegetarianos (Padilla *et al.*, 2012). Otra alternativa de venta del garbanzo lo es el garbanzo orgánico, ya que las nuevas tendencias en

el consumo de alimentos y los cambiantes estilos de vida se han enfocado a buscar productos más saludables que además de su aporte nutricional tenga efecto benéfico para la salud (Aguilar y Vélez, 2013). En el Valle del Yaqui en un sistema sin uso de agroquímicos y en riego por gravedad, se ha evaluado la producción de esta leguminosa, reportando un rendimiento promedio de 1.913 t ha⁻¹ (Cortés y Ortiz, 2016a).

La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud de los agro ecosistemas y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo a través de prácticas que evitan el uso de productos de síntesis química, como los fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas, reguladores del crecimiento en plantas y animales, así como de organismos genéticamente modificados, aguas negras, edulcorantes y conservadores sintéticos en productos transformados. En síntesis, la agricultura orgánica, tiene por objetivo obtener alimentos sanos, libres de contaminación y de alta calidad nutritiva (Gómez *et al.*, 2005). En la agricultura orgánica no se permite el empleo de agroquímicos, por lo que para el combate de plagas y enfermedades se recomienda crear un ambiente en el que no puedan desarrollarse. En el caso de enfermedades, la estrategia más recomendada es el uso de variedades tolerantes (Cortés y Ortiz, 2016 b). Sin embargo a su vez en el CENEB-INIFAP, se experimenta con métodos de siembra que han tenido éxito para evitar la infección con falsa cenicilla en el cultivo de cártamo, los cuales consisten en sembrar en surcos alternos, dos si y uno no, o dos sembrados y dos sin sembrar. Estos métodos mostraron buenos resultados en garbanzo (Figura 1), este método permite tener mayor aireación y la entrada de los rayos solares evita excesos de humedad.



Figura 1. Izquierda: Siembra de dos surcos y dos sin sembrar. Una zanja regada y 3 sin regar.
Derecha: Siembra de dos surcos y uno sin sembrar. Una zanja regada y 2 sin regar
Fuente: Cortés y Ortiz, 2016b.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar dos métodos de siembra de garbanzo en un sistema de producción orgánica.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se desarrolló durante el ciclo O-I 2016/2017 en el Block-910 del Valle del Yaqui, Sonora, perteneciente al Campo Experimental Norman E. Borlaug CENEB-CIRNO-INIFAP, en una parcela localizada 109°55'31.07" Oeste y 27°22'06.41" Norte, a una altura de 38 msnm en un suelo de textura arcillosa. Se evaluó el rendimiento de garbanzo en siembra continua y siembra 2x1 dos surcos sembrados y uno sin sembrar, en un sistema de producción orgánica.

En el lote experimental se fertilizó con 9 ton ha⁻¹ de Nutripellet, el cual es un fertilizante orgánico certificado, elaborado a base de gallinaza cuenta con registro OMRI nad 5875 con vigencia al 01 de diciembre de 2016, contiene de 2 a 3% de nitrógeno y de 2.5 a 4.0% de fósforo como P₂O₅. El cultivo se estableció el 25 de noviembre de 2016, la cantidad de semilla por metro lineal fue constante en ambos tipos de siembra. En el sistema 2x1 solo se fertilizan los surcos sembrados, y se regó una de cada tres zanjas, con lo cual se redujo la cantidad de agua aplicada. Para ajustar los resultados del sistema 2x1, el rendimiento obtenido se multiplica por 2/3, ya que es el área total que se siembra al dejar un surco sin sembrar.

La siembra se realizó sobre humedad en surcos a 80 cm de separación, se aplicó un riego de presembrado el 4 de noviembre de 2016 y se aplicaron 2 riegos de auxilio a los 13 días para ayudar a la germinación de las plantas; el otro riego se aplicó a los 53 días después de la siembra. El control de maleza se llevó a cabo de manera mecánica y con deshierbes. Para el control de plagas se utilizaron trampas con atrayente alimenticio para su monitoreo. Una vez que se detectaron adultos en las trampas, fue necesario realizar 2 aplicaciones foliares de un repelente a base de extracto de ajo y jabón, el repelente cuenta con registro OMRI. Sin embargo, para el control de plagas y enfermedades se pueden utilizar preparados realizados por los productores, siempre y cuando sean con sustancias permitidas según la Ley de Productos Orgánicos (LPO, 2006) y documentar todo lo que se hace, de este modo se abaratan costos en la producción orgánica. El diseño experimental fue de bloques al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron en el programa MSTAT versión 2.1 (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University). El garbanzo cosechado en el ciclo 2016/2017 fue catalogado como "Garbanzo 100% Orgánico", esto lo avala el certificado No. 00175/2017 expedido por Agricert.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas entre la siembra continua y el sistema de siembra 2x1 surcos sembrados y surcos sin sembrar, en ambas variables evaluadas (Cuadro 1). Al ajustar a 2/3 la superficie de cosecha en el sistema 2x1, la siembra continua reporta 338 kg ha⁻¹ más que el sistema 2x1 en cuanto al rendimiento de grano. El rendimiento de paja reporta 468 kg ha⁻¹ a favor de la siembra continua (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables rendimiento de grano y paja en el cultivo de garbanzo en producción orgánica y dos tipos de siembra. CENEB-INIFAP O-I 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob.
Rendimiento de grano					
Repetición	3	0.06	0.020	1.09	0.4735
Tipo de siembra	1	0.23	0.228	12.35	0.0391
Error	3	0.06	0.018		
Total	7	0.34			
C.V. 8.29%					
Rendimiento de paja					
Repetición	3	0.17	0.058	3.04	0.1928
Tipo de siembra	1	0.44	0.438	22.83	0.0174
Error	3	0.06	0.019		
Total	7	0.67			
C.V. 10.8%					

Cuadro 2. Efecto del tipo de siembra sobre el rendimiento de grano y paja de garbanzo producido en un sistema orgánico. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2016/2017.

Tipo de Siembra	Rendimiento de garbanzo orgánico	
	Grano ton ha ⁻¹	Paja ton ha ⁻¹
Continua	1.808	1.515
2 x 1	1.470	1.047
Media	1.639	1.281
	DMS (0.05) = 0.306	DMS (0.05) = 0.312

En el ciclo O-I 2010/2011, se evaluaron en parcelas de validación del área de influencia del CENEB-INIFAP 20 líneas avanzadas de los programas de mejoramiento genético de garbanzo.

Las líneas se establecieron de acuerdo al paquete tecnológico para la producción de garbanzo del INIFAP, el cual incluye el uso de agroquímicos. Se obtuvo un rendimiento promedio de 1.847 ton ha⁻¹, con valor máximo y mínimo de 2.345 y 1.329 ton ha⁻¹ respectivamente (Padilla *et al.*, 2012). El SIAP (2017), reporta rendimiento promedio de garbanzo convencional de los últimos 7 años de 2.14 t ha⁻¹ con un valor máximo y mínimo de 2.74 y 1.46 t ha⁻¹ respectivamente. En un sistema libre de agroquímicos, esta leguminosa ha reportado un rendimiento de 1.913 t ha⁻¹ (Cortés y Ortiz, 2016a). Los rendimientos obtenidos en esta evaluación se reportan entre los intervalos señalados anteriormente, independientemente del método de siembra, lo cual indica que los dos métodos de siembra se pueden establecer en la producción orgánica de garbanzo. Para un análisis económico de los resultados, se debe considerar que en los surcos que no se siembra, es factible eliminar la totalidad de los insumos, incluido el fertilizante, los insecticidas y el riego.

Se debe considerar como prioritario el valor del agua en este esquema de manejo. El Valle del Yaqui está situado en una región semi-árida con una precipitación promedio anual de 280 mm (Jiménez, 1999). En esta región se requieren de cultivos rentables con bajo consumo de agua.

CONCLUSIONES

La siembra de garbanzo en producción orgánica es posible llevarse a cabo en el sistema de siembra continua o en siembra 2x1 surcos sembrados y surcos sin sembrar.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, R.V.G. y Vélez, R.J.F. 2013. Temas selectos de ingeniería de alimentos 7-2 (2013).25-34. Departamento de ingeniería química, alimentos y ambiental, Universidad de las Américas Puebla. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Aguilar-Raymundo-et-al-2013.pdf> Consultado (Abril 11, 2016).
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora (CESAVESON) 2017. Disponible en: <http://www.cesaveson.com/> Consultado (Agosto 04, 2017).
- Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2016 a. Efecto de la rotación de cultivos en la producción de garbanzo sin uso de agroquímicos. Memorias del IV Foro Internacional de Agricultura Orgánica. Junio 16-17, 2016. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. p 278-282.
- Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2016 b. Tecnología de producción de garbanzo orgánico. Memorias del IV Simposio Nacional de Garbanzo. Noviembre 9, 2016. Hermosillo, Sonora. p 25-37.
- Cota, B.C.I., Melgoza, V. C.M., Gutiérrez, P. E. y Navejas, J. 2015. Relación unidades calor y etapas fenológicas en la producción de garbanzo del Valle de Santo Domingo, B.C.S. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C. p 749-753.
- Fierros, L.G.A., Valenzuela, H.V, Ortega, M.P.F., Acosta, G.J.A. y Padilla, V.I. 2015. Reacción a *Fusarium spp.* de líneas avanzadas de garbanzo kabuli generadas en Sinaloa. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C. p 136-141.
- Gómez, C.M.A., Schwentesius, R.R., Meraz, A.M del R., Lobato, Gg. A.J., y Gómez, T.L. 2005. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México 2005. Situación Retos-Tendencias. Universidad Autónoma de Chapingo. 1ª Edición. 61 p.

- Jiménez G., E. 1999. El Campo experimental Valle del Yaqui: su importancia en la producción agrícola del sur de Sonora. Folleto informativo No. 1. 68 p.
- Ley de Productos Orgánicos (LPO). 2006. DOF 07-02-2006. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 2006.
- Ortega, M.P.F., Fierros L.G.A., Fu, C.A.A. y Martínez, D.G. 2010. Garbanzo. En: Guía técnica para el área de influencia de Campo Experimental Costa de Hermosillo. Guía técnica Núm 1. p 58-65.
- Padilla, V.I., Ortega, M.P.F., Salinas, P.R.A., Sánchez, S.E. y Castillo, T.N. 2012. Rendimiento de guasana y grano de garbanzo en condiciones de riego en el sur de Sonora. Memorias del Día del Agricultor 2012. Marzo, 2012. Publicación especial No. 19. Centro de Investigación Regional del Noroeste-INIFAP-CENEB. Cd. Obregón, Sonora, México. p 34-36.
- Padilla, V.I., Guerrero, A.B.Z, Ortega, M.P.F., Fierros, L.G.A., Acosta, G.J.A., Ortiz, E.J.E., Valenzuela, H.V., Gutiérrez, P.E. 2015. Respuesta del garbanzo *Ciceris arietinum* L. a la fecha de siembra en condiciones bióticas y abióticas adversas. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C. p 188-193.
- SIAP. 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Consultado (Agosto 03, 2017).
- Valenzuela, H.V., Velarde, F.S., Ortega, M.P.F., Fierros, L.G.A., Padilla, V.I, Gutiérrez, P.E., González, G.D., Pérez, M.J., López, G.J.A. y Ramírez, S.M. 2015. CUGA08-743 línea de garbanzo blanco de exportación candidata a variedad comercial para el estado de Sinaloa México. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C. p 801-806.

EVALUACIÓN DE TRIGO ORGÁNICO EN FECHA DE SIEMBRA TARDÍA Y DOS ROTACIONES DE CULTIVO

**Alma Angélica Ortiz Avalos¹, Juan Manuel Cortés Jiménez¹
Gerardo Zazueta Encinas¹, Miguel Rivera Gonzalez²**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81224.

²Centro Interdisciplinario de Relación Agua, Suelo y Atmósfera, Km. 6.5 Margen Derecha Canal De Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35150, Tel. (0155) 38718700 Ext.80513

Correo: ortiz.alma@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una seria amenaza para la seguridad alimentaria mundial, en buena parte debido a sus efectos sobre los suelos. Los cambios en los patrones de temperatura y de pluviosidad pueden tener un gran impacto en la materia orgánica y los procesos que tienen lugar en nuestros suelos, así como en las plantas y cultivos que crecen en ellos (FAO, 2015).

El cambio climático incluye aumentos significativos de la temperatura en regiones donde se cultiva trigo (Nelson et al., 2009; Martínez *et al.*, 2017). El aumento de temperatura en estas regiones traerá como consecuencia que los cultivos se sometan a un estrés térmico.

Cuando una planta está sometida a unas condiciones significativamente diferentes de las óptimas para la vida se dice que está sometida a estrés (Levitt 1980; Citado por Valladares *et al.*, 2004). Las plantas presentan diferentes tipos de estrés, hay estrés biótico causado por la acción de otros seres vivos como otras las plantas, plagas, enfermedades, virus, etc., y el abiótico causado por factores físicos o químicos, dentro de los físicos se tiene el estrés por déficit o exceso de agua, por temperaturas extremas, salinidad y radiación ultra violeta; en los químicos destacan la contaminación, toxinas, deficiencias nutricionales (Montouli, 2010).

El estrés por altas temperaturas en las plantas origina respuestas que afectan su fenología, fisiología, metabolismo y en algunos casos se modifica la expresión génica, ocasiona variaciones en los rendimientos y la calidad de industrialización de cultivos como el trigo (Martínez *et al.*, 2017). La temperatura es el factor más importante que induce el desarrollo de la planta de trigo a través de sus fases, desde la emergencia hasta la floración y la madurez (FAO, 2001). La influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas es ampliamente reconocida; la temperatura afecta los procesos de crecimiento como expansión foliar, tasa de asimilación neta, tasa de aparición de hojas y tasa relativa de crecimiento (Kirby, 1995). Las altas temperaturas favorecen mayor actividad metabólica de la planta y mayor velocidad de los procesos fisiológicos determinantes de su crecimiento y desarrollo; y a medida

que las temperaturas descienden, los ciclos fenológicos de las plantas se hacen más lentos (FAO, 2001; Félix *et al.*, 2009). En forma general, las temperaturas altas causan estrés térmico en trigo y se espera que tales temperaturas sigan aumentando en las diferentes regiones productoras en el mundo. Los principales daños al cultivo ocurren durante la etapa reproductiva, disminuyendo la cantidad de polen viable por consiguiente el número y peso de granos (Martínez *et al.*, 2017).

Con el fin de responder a los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria mundial y el cambio climático, la agricultura y las prácticas de manejo de la tierra deben someterse a transformaciones fundamentales. La mejora de las prácticas agrícolas y del manejo del suelo que aumenten el carbono orgánico del suelo-como la agroecología, la agricultura ecológica, la agricultura de conservación y la agrosilvicultura-aportan múltiples beneficios (FAO, 2015). Una importante contribución potencial de los sistemas manejados orgánicamente a la mitigación del cambio climático se identifica en el manejo cuidadoso de los nutrientes y, por lo tanto, en la reducción de las emisiones de N₂O de los suelos. En el lado de la adaptación, los sistemas de agricultura orgánica tienen un fuerte potencial para la construcción de sistemas de alimentos resistentes frente a las incertidumbres, a través de la diversificación agrícola y la construcción de la fertilidad del suelo con materia orgánica. Además, la agricultura orgánica ofrece alternativas a los insumos de producción intensivos en energía, como los fertilizantes sintéticos, que probablemente se verán limitados por el aumento de los precios de la energía (Scialabba y Müller, 2010). La contribución ambiental de la agricultura orgánica radica en ser una de las pocas actividades que permite contribuir a la mitigación del cambio climático, al almacenar carbono en los suelos, reducir el consumo de energía en las actividades agrícolas, cuidado del agua y del recurso suelo; además de ofrecer un espacio libre de agrotóxicos para productores y jornaleros, y brindar alimentos sanos para el autoconsumo y los consumidores nacionales e internacionales (Gómez *et al.*, 2016). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del trigo orgánico a una fecha de siembra de marzo y a dos rotaciones de cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó durante los meses marzo a junio de 2017 en el Campo experimental Norman E. Borlaug CENEB-INIFAP, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. En un lote de producción orgánica, se estableció trigo en terrenos provenientes de la siembra de garbanzo, a esta rotación se le denominó rotación Garbanzo-Trigo y en terrenos provenientes de descanso a esta otra rotación se le llamó Descanso-Trigo. Se sembró la variedad Baroyeca C2013, con una densidad de semilla de 56 kg ha⁻¹, se utilizó semilla sin

tratamiento con fungicida. La siembra se realizó en seco el 14 de marzo, en surcos a 80 cm de separación. En el Cuadro 1 y Figura 1 se reportan las variables climáticas observadas en el block 910 durante el desarrollo del cultivo.

Se aplicó el riego de germinación un día después de la siembra y se auxilió con 7 riegos. El primer y segundo riego de auxilio se aplicó el 7 y 28 de abril respectivamente; el tercero, cuarto, quinto, sexto y séptimo riego tuvieron su respectiva fecha de aplicación el 4, 11, 17, 23 y 29 de mayo. Los riegos se aplicaron a los 24, 45, 51, 58, 64, 70 y 76 días después de la siembra. La cosecha del cultivo se realizó el 14 de junio, a los 90 días después de la siembra. Se fertilizó con 9 t ha⁻¹ de Nutripellet, el cual es un fertilizante orgánico granulado formulado a base de gallinaza. De acuerdo con su ficha técnica, contiene de 2.5 a 4.0% de pentóxido de fósforo. Su registro OMRI es nad 5875, con vigencia al 01 de diciembre de 2016. El fertilizante se aplicó al voleo y se incorporó con rastra antes de la siembra del garbanzo, para la siembra de trigo ya no se aplicó ninguna fertilización. No se aplicaron insecticidas, fungicidas ni herbicidas, la maleza se controló con 2 cultivos mecánicos y 3 deshierbes manuales. No se observó presencia de pulgón ni de enfermedades. Las variables a evaluar fueron el rendimiento de grano y rendimiento de paja de trigo. El diseño estadístico fue de bloques al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Para la diferenciación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Los datos se analizaron en MSTAT (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University).

Cuadro 1. Temperatura máxima, mínima, precipitación y evapotranspiración del B-910.

Variable	Marzo*	Abril*	Mayo*
Temp. Media °C	20.5	22.0	24.0
Temp. Máxima °C	33.2	38.5	38.4
Temp. Mínima °C	10.6	12.8	14.8
Precipitación mm	0.20	0.00	0.00
Evapotranspiración mm	102	217	275

* Datos del 15 de marzo al 05 de junio de 2017. Fuente: REMAS, 2017

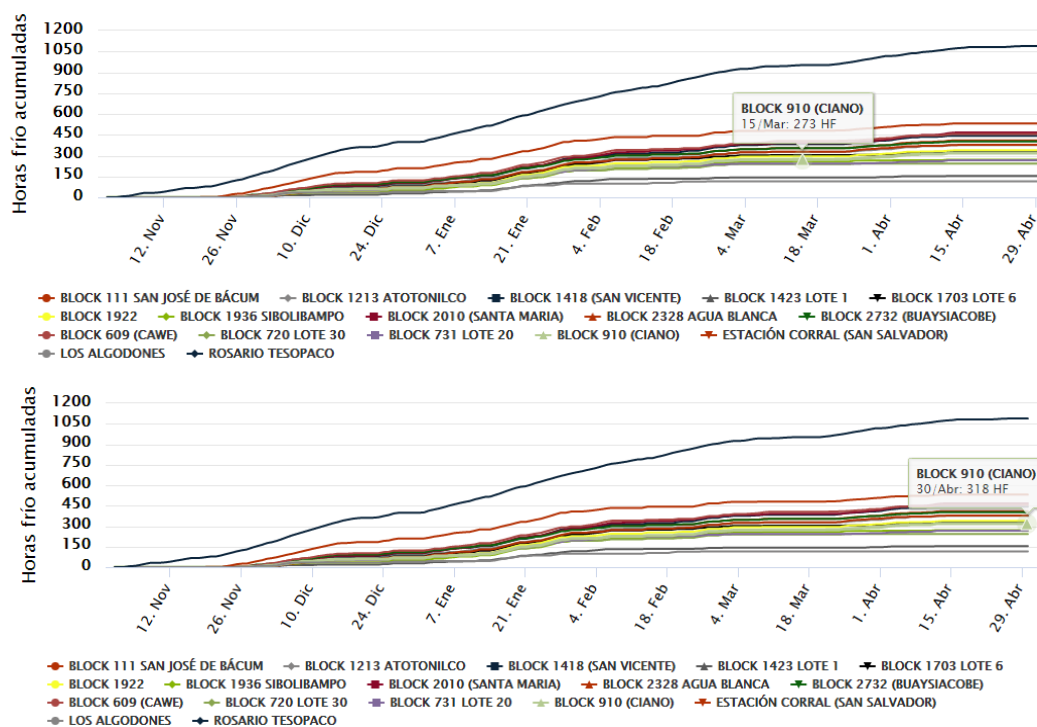


Figura 1. Horas frío producidas en el B-910 del 15 de marzo al 30 de abril de 2017.

REMAS, 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas entre las rotaciones de cultivo (Cuadro 2), el descanso de la tierra reportó tanto en el rendimiento de grano como el de paja un aumento del 43% en el rendimiento respecto a la rotación garbanzo-trigo (Cuadro 3).

Respecto a la rotación de cultivos, el descanso de la tierra ha resultado más favorable para el rendimiento de trigo que la rotación con abonos verdes durante el verano y su incorporación al suelo como materia orgánica; la rotación trigo-descanso-trigo, trigo-sesbania-trigo y trigo-clitoria-trigo reportaron un rendimiento respectivo de 6.187, 5.696 y 4.089 t ha⁻¹ (Cortés y Ortiz, 2013). En rotación trigo-algodón vs trigo-descanso de la tierra, también resultó más beneficioso el descanso de la tierra (Ortiz y Cortés, 2015).

El descanso del terreno incrementó el rendimiento en 874 kg ha⁻¹, sin embargo el valor promedio del rendimiento del Valle del Yaqui en el ciclo 2016/2017 fue de 6.3 t ha⁻¹. Un estudio reportó para el caso del Valle del Yaqui, siembra del 15 al 30 de noviembre se tiene una merma del rendimiento entre 0 y 6%; en la primera quincena de diciembre no se presentó disminución alguna; la segunda quincena de diciembre reportó pérdidas del 7 al 13% y cuando la fecha de siembra se realizó dentro de la primera quincena de enero las pérdidas en el rendimiento llegaron hasta el 28% (Félix *et al.*, 2009). La variedad de trigo Baroyeca C2013 llega a floración

a los 81 días de siembra, y a madurez a los 123 días, reporta un rendimiento promedio de 6.651 t ha⁻¹ (PIEAES, 2013). En esta evaluación, el ciclo de vida que tuvo Baroyeca C2013 desde su siembra a la cosecha fueron 90 días.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el rendimiento de grano y rendimiento de paja de trigo orgánico, sembrado en el mes de marzo de 2017 en dos rotaciones de cultivo. CENEB-INIFAP.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob.
Rendimiento de grano					
Repetición	3	0.10	0.033	0.27	0.8429
Rotación de Cultivo	1	1.53	1.528	12.51	0.0384
Error	3	0.37	0.122		
Total	7	1.99			
C.V. 14.21%					
Rendimiento de paja					
Repetición	3	0.40	0.134	1.41	0.3919
Rotación de Cultivo	1	4.46	4.461	47.00	0.0064
Error	3	0.28	0.095		
Total	7	5.15			
C.V. 7.26%					

Cuadro 3. Respuesta del trigo orgánico a dos rotaciones de cultivo y fecha de siembra de marzo de 2017. CENEB-INIFAP.

Rotación	Rendimiento de trigo orgánico sembrado en marzo	
	Grano ton ha ⁻¹	Paja ton ha ⁻¹
Garbanzo-Trigo	2.022 b	3.497 b
Descanso-Trigo	2.896 a	4.991 a
Media	2.459	4.244
	DMS (0.05) = 0.786	DMS (0.05) = 0.693

Para el estado de Sonora Félix *et al.* (2009) reportaron que el rango óptimo de temperatura en el desarrollo de plántula, amacollo, encañe, floración y llenado de grano se mueve en un intervalo de 6 a 20°C, 4 a 18°C, 8 a 22°C, 10 a 24°C y 12 a 26°C respectivamente. Para el caso de plántula, el cultivo puede sufrir daños severos al bajar la temperatura a -4°C y si llegase a

subir a 32°C; en la etapa de amacollamiento el daño severo se reflejaría a temperatura mínima de -5°C y máxima de 31°C; en encañe se presentarían daños con una temperatura mínima de -1°C y máxima de 31°C; la floración se vería dañada con temperaturas de 0°C como mínima y máxima de 31°C y la etapa de llenado de grano se verá afectada si se presentan temperaturas menores a 0°C y mayores de 32°C.

El trigo establecido en este experimento llegó a su madurez en el 65% del tiempo que lo hace cuando se establece en una fecha de siembra óptima. Las temperaturas observadas en el tiempo del desarrollo del cultivo, reportaron entre las temperaturas mínimas valores dentro de los rangos óptimos señalados anteriormente; sin embargo presentaron temperaturas máximas por arriba de 30°C en el 47% de los días en marzo y el 84% de los días en los meses de abril y mayo (Cuadro 1). Además la acumulación de horas frío correlaciona positivamente con el rendimiento de trigo, con 340 horas frío se obtiene un rendimiento de 4.63 t ha⁻¹ y por cada incremento de 100 horas frío el rendimiento se incrementa 330 kilogramos; esto se determinó con una confianza del 89% (Félix *et al.*, 2009). En el desarrollo del cultivo del 14 de marzo al 14 de junio, solo se reportó un total de 45 horas frío producidas (Figura 1), sin embargo, no se encontró ningún estudio que indique el pronóstico de rendimiento del cultivo de trigo con la producción únicamente de 45 horas frío.

La FAO (2001) reporta que los daños por aumento de temperatura es asociado comúnmente con el estrés hídrico, cultivos con suficiente agua pueden soportar temperaturas de hasta 40°C a medida que las plantas puedan transpirar libremente pueden soportar altas temperaturas. En un ciclo normal de cultivo de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora, se aplican de 3 a 4 riegos de auxilio, en este estudio se aplicaron un total de 7 riegos de auxilio para ayudar a contrarrestar los efectos del calor.

Para efectos de esta evaluación, se puede concluir que el trigo sembrado en el mes de marzo, con temperaturas máximas de hasta 38.5 °C y con tan solo 45 horas frío producidas reportó un rendimiento de 2.459 t ha⁻¹.

CONCLUSIONES

Se logró obtener un rendimiento de 2.459 t ha⁻¹ de un trigo sembrado el 15 de marzo en condiciones del Valle del Yaqui.

BIBLIOGRAFIA

- Cortés, J.J.M. y A.A. Ortiz, A. 2013. Manejo de la competencia intra específica, en la transición hacia la agricultura sostenible, en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XII Simposio Internacional y VII Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. Noviembre 11-16, 2013. Puebla, Puebla, México. 9:2743-2752.
- FAO. 2015. Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático. Los suelos juegan un papel clave en el ciclo del carbono. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4737s.pdf>. Consultado (junio 30, 2017).
- Félix, V.P., Ortiz, E.J.E., Fuentes, D.G., Quintana, Q.J.G. y Grageda, G.J. 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo. Áreas de producción del estado de Sonora. Folleto técnico No. 63. 40 p.
- Kirby, E.J.M. 1995. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop sci.* 35:11-14
- Martínez, L.A., Garatuza, P.J., Armendáriz, O.M., Yezpez, G.E.A., Arredondo, M.J.T. y González, A.J. 2017. Estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 57-67. Recuperado en 07 de agosto de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-9362017000100007&lng=es&tlng=es.
- Montoliu, V.A., 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis Doctoral. Universidad Jaume I. Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente. Castellón de la Plana. 196 p
- Nelson, G. C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M. and Lee, D. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>
- PIEAES, 2013. Características agronómicas, calidad y reacción a enfermedades de la nueva variedad de trigo cristalino Baroyeca oro C2013 comparada con el testigo Cirno C2008. Datos promedio de cuatro ciclos (2009-10 al 2012-13), cuatro fechas de siembra por año. Disponible en: http://www.pieaes.org.mx/variedades/baroyeca_oro_c2013.html Consultado (Agosto 07, 2017)
- Ortiz, A.A.A. y J.M. Cortés, J. 2015. Efecto del descanso de la tierra en la rotación trigo-trigo sin uso de agroquímicos, en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XVIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 29-30, 2014. Mexicali, B.C., México. p 892-896.
- REMAS. 2017. Red de estaciones meteorológicas automáticas de Sonora. Disponible en: <http://www.siafeson.com/remas/> Consultado (Agosto 06, 2017).
- Scialabba, N.El-Hage and Müller-Lindenlauf, M. 2010. Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 25(2); 158–169. doi:10.1017/S1742170510000116
- Valladares, F., Vilagros, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J.J., Corcuera, L., Siso, S. y Gil-Pelegrín, E. 2004. . Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

DESCRIPCIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARBONO ORGÁNICO EN PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN EL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL

Palmira Bueno Hurtado^{1*}, María del Rosario Jacobo Salcedo¹, Lourdes Lucía López Romero², Ignacio Sánchez Cohen¹, Omar Durán Guerra³

1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA), Km. 6.5 margen derecha canal Sacramento 35140 Gómez Palacio, Durango.

*E-mail: bueno.palmira@inifap.gob.mx 2 Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Unidad Durango, Calle CIMAV #110, Ejido Arroyo Seco, Durango, Dgo. México. C.P. 34147

3 Asistente de Investigación

INTRODUCCIÓN

El laboreo aumenta el volumen de oxígeno en el suelo e incrementa la temperatura de éste, lo que estimula la descomposición de la materia orgánica. La mayoría de las prácticas de cultivo corrompen la estructura del suelo, provocando la disminución de la materia orgánica del suelo y aumento de la erosión; los cultivos pueden causar entre el 30-50% de pérdidas de la materia orgánica del suelo por décadas (Boyle, 2002). La producción de materia orgánica en tierras de cultivo, depende del tipo de manejo de las tierras y, en particular, de si se retiran o dejan los rastrojos. Es importante señalar que en un sistema de producción en el cual no se utilicen los residuos de cosecha para proteger el suelo, existen posibilidades de que la energía erosiva de la lluvia y del flujo superficial cause una pérdida de suelo similar durante el tiempo en que transcurre la tormenta; mientras que con el uso de los residuos las posibilidades de reducir las pérdidas de suelo durante la tormenta se incrementa con el tiempo (Truman *et al.*, 2007).

Los factores edáficos que tienen mayor influencia sobre la evolución del carbono orgánico son la textura, la estructura, el pH y el potencial de oxidación (Eh). El pH incide sobre el carbono orgánico debido a que disminuye las tasas de descomposición en condiciones de acidez; en tanto que la estructura y la textura afectan la estabilización del carbono orgánico de diferentes formas, bien mediante la formación de agregados, la vinculación física con las partículas de arcilla y limo o por la transformación a compuestos de carbono resistentes a la degradación bioquímica. Los suelos con texturas arcillosas retienen más carbono orgánico que los arenosos. La erosión del suelo afecta la dinámica de C mediante el impacto en los siguientes procesos: (i) ruptura de agregados, (ii) remoción preferencial del C en escurrimiento de agua o tormentas de polvo, (iii) mineralización de la materia orgánica del suelo *in situ*, (iv) mineralización del COS desplazado, redistribuido y transportado en ríos y tormentas de polvo, (v) reagregación del suelo a través de la formación de los complejos órgano-mineral en los sitios de depósitos protegidos y (vi) entierros profundos de sedimentos de C en sitios de depósito, planicies inundadas y reservorios en el piso del océano (Lal, 2003).

Por lo mencionado en los tres párrafos anteriores se planteó el objetivo de cuantificar y describir de forma gráfica la pérdida de COS (Carbono Orgánico del Suelo) bajo distintos tratamientos de laboreo del suelo en una tierra agrícola cultivada con maíz, así como la incorporación de residuos, bajo la influencia de precipitación pluvial aplicada con un simulador de lluvia.

MATERIALES Y MÉTODOS

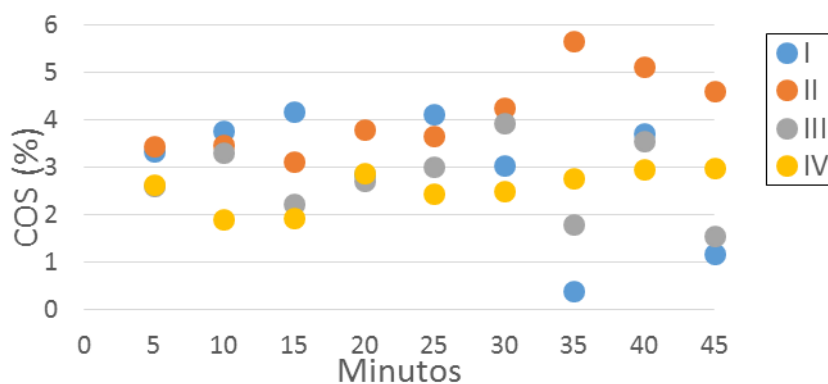
Se estableció una parcela experimental con maíz criollo de temporal en la localidad de Santo Domingo, la cual se ubica en el municipio de San Pedro del Gallo y parte del municipio de Hidalgo en el estado de Durango. La siembra se realizó los días 11 y 12 de septiembre y se sembró el 26 de septiembre del año 2015, para obtener una densidad de siembra de 68027 plantas por hectárea. Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, dando origen a un total de 16 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de 3 metros de ancho por 5 de largo. Los tratamientos que se establecieron fueron: T1: Testigo absoluto (suelo desnudo); T2= Labranza tradicional con residuos, que consistió en barbecho, paso de rastra y surcado además de la incorporación de residuos de cosecha de frijol; T3= Labranza tradicional, en el que solo se realizó barbecho, paso de rastra y surcado y T4= Labranza con siembra a espeque, que implicó no realizar movimiento del suelo, a excepción de la ejecución de un hueco para el depósito de la semilla con una vara de madera. Para determinar la pérdida de suelo se realizaron pruebas con un simulador de lluvia tipo Miller (Miller, 1987), en los días del 11 al 16 de noviembre del año 2015. El contenido antecedente de humedad del suelo varió entre el 8 y 10%, su textura es arena francosa. El Simulador trabajó con una planta de energía portátil de 5500 Watts, la cual genera una energía de 110 VAC, el agua se aplicó a las parcelas de escurrimiento mediante una boquilla de aspersión circular, la presión de cada boquilla fue controlada con el uso de 3 manómetros, uno por cada aspersor. El simulador trabajó a una intensidad promedio de 94.80 mm hr⁻¹. En cada unidad experimental se aisló una superficie de uno por tres metros con láminas galvanizada lisa, en la parte baja de cada parcela se colocó una estructura metálica para concentrar los escurrimientos superficiales que salen de cada una de ellas. La simulación de lluvia se llevó a cabo en cada una de las unidades experimentales, con una duración de 45 minutos, se colectaron muestras de sedimentos en botes plásticos con capacidad de 1 litro, cada 5 minutos; las muestras de sedimentos fueron filtradas para obtener solo las partículas de suelo, una vez seco, se determinó el contenido de carbono orgánico por el método de Walkley y Black.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que en ciertos eventos de simulación se obtuvo tan poco sedimento que no fue posible determinar el COS por medio del método empleado, no en todas las gráficas presentadas se encuentran las 4 repeticiones o los 45 minutos completos.

En el tratamiento testigo (suelo desnudo) el valor menor de COS se presentó en el minuto 35 de la simulación de lluvia, con 0.38 y el mayor se observó en el mismo minuto cuyo dato fue 4.27. Se puede detectar en la Figura 1, que los datos con más dispersión se presentaron precisamente en el minuto 35, mientras que los menos dispersos se registraron tanto en el minuto 5 como en el 20, con valores que van desde 2.6 hasta 3.44 y de 2.8 a 3.8, respectivamente. Por otro lado, en la repetición II se observa una tendencia gráfica constante desde el minuto 5 al 25, se incrementa a partir del minuto 30 y vuelve a descender hacia el periodo final de la simulación de lluvia. En cuanto a la repetición IV, los valores se mantienen entre el 2% y 3% de COS, pues los valores oscilaron desde el 1.9 y 2.9. En la repetición I, en general los datos se mantienen en un rango de 2.8% a 3.7%, a excepción de los minutos 35 y 45, donde los valores son 0.3 y 1.1, respectivamente. El anterior comportamiento es similar al de la repetición III, solo que en los primeros 30 minutos, pues el COS varía entre 1.9% y 3.9%, pero también presenta una baja en los valores en los minutos 35 y 45.

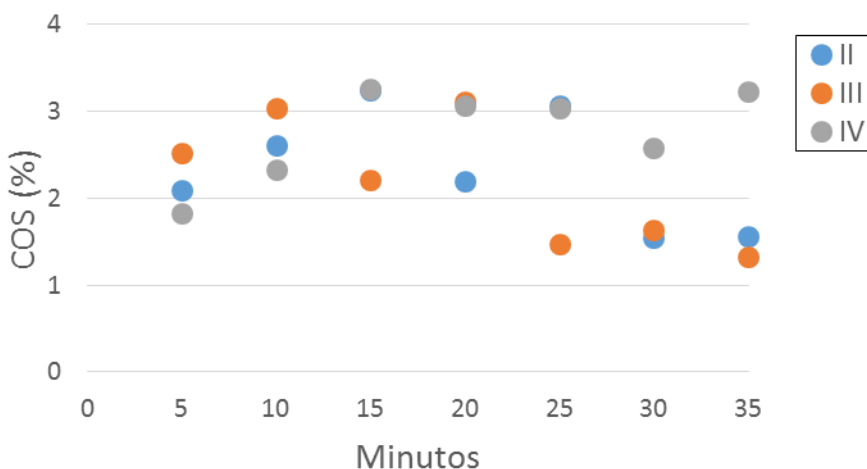
En la Figura 2 se pueden ver los resultados del tratamiento 2 (labranza tradicional con residuos), donde el menor COS se encontró en el minuto 35 de la simulación de lluvia, con 1.3%, mientras que el mayor se observó en el mismo minuto con 3.2%; nuevamente, igual que en el tratamiento testigo, los datos con mayor dispersión se presentaron precisamente en el minuto 35. Por otro lado, todas las repeticiones, presentaron tendencia al alza en los minutos 5 y 15, solo la repetición III comienza a descender desde ese minuto, mientras que las repeticiones II y IV, descienden a partir del minuto 20 hasta el 30.



Repetición/Minutos	5	10	15	20	25	30	35	40	45
I	3.34	3.77	4.18	2.86	4.11	3.04	0.38	3.72	1.17

II	3.44	3.47	3.13	3.81	3.65	4.27	5.67	5.13	4.61
III	2.6	3.3	2.24	2.72	3.02	3.94	1.79	3.54	1.55
IV	2.64	1.9	1.94	2.87	2.45	2.51	2.78	2.97	2.98

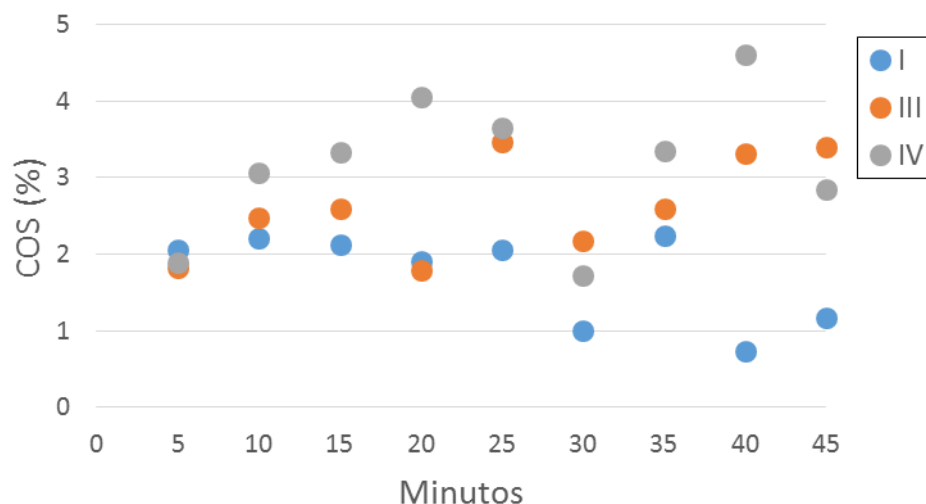
Figura 1. Descripción gráfica de los valores de pérdida temporal de COS (%) durante el evento de simulación de lluvia en el tratamiento 1 (suelo desnudo) y sus datos originales.



Repetición/Minutos	5	10	15	20	25	30	35
II	2.088	2.61	3.24	2.193	3.07	1.553	1.553
III	2.522	3.03	2.212	3.10	1.47	1.63	1.319
IV	1.824	2.33	3.25	3.07	3.04	2.573	3.23

Figura 2. Descripción gráfica de los valores de pérdida temporal de COS (%) durante el evento de simulación de lluvia en el tratamiento 2 (labranza tradicional con residuos) y sus datos originales.

Los resultados del tratamiento 3 (labranza tradicional) se observan en la Figura 3, donde el menor contenido de COS fue 0.74% en el minuto 40 y también en el mismo minuto se encontró el mayor valor con 4.61%. En los primeros 15 minutos de la simulación de lluvia, el COS se incrementa con el paso del tiempo en las repeticiones IV y III, mientras que en la repetición I, los datos muestran consistencia hasta el minuto 25 y disminuye en las últimas tomas de muestras.

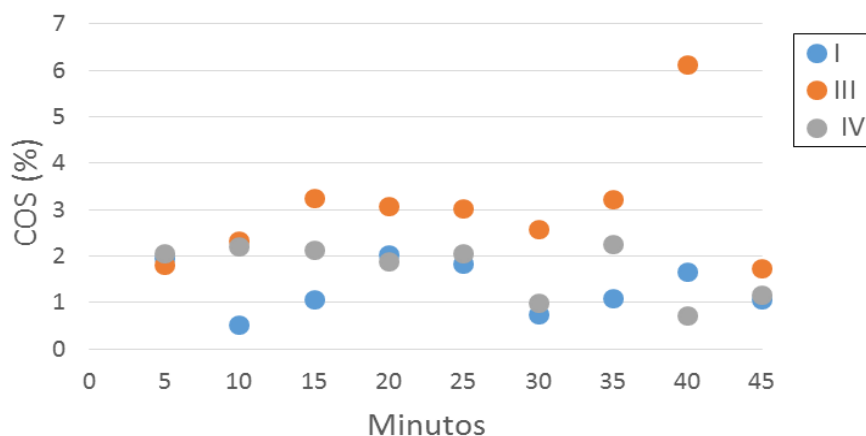


Repetición/Minutos	5	10	15	20	25	30	35	40	45
I	2.06	2.21	2.13	1.90	2.06	1.01	2.25	0.74	1.16
III	1.82	2.48	2.60	1.79	3.47	2.17	2.60	3.32	3.41
IV	1.89	3.07	3.34	4.05	3.65	1.72	3.35	4.61	2.84

Figura 3. Descripción gráfica de los valores de pérdida temporal de COS (%) durante el evento de simulación de lluvia en el tratamiento 3 (labranza tradicional) y sus datos originales.

La pérdida de COS en el tratamiento 4 se describe en la Figura 4, donde puede verse que el menor dato registrado se presentó en el minuto de muestreo 10 y en la repetición I con 0.5%, mientras que el mayor valor se observó en el minuto 40 con 6.1%. Las 3 repeticiones tienen un comportamiento ascendente en los primeros 15 minutos de la simulación de lluvia, luego se mantienen por los próximos 5 minutos y hacia el minuto 30 descienden.

En otro estudio realizado por Li y colaboradores (2016), los resultados mostraron que el CO en todos los eventos de lluvia fueron relativamente estables con valores que variaron desde 0.85 a 1.21 y 0.64 y 1.52 y valores medios de 0.98 y 1.01 para suelos franco arcillo limoso y franco limoso, respectivamente. Estos resultados sirven solo para observar la diferencia de COS que existe entre tratamientos de este experimento y lo que se podía esperar en el de nosotros, pues la textura de suelo en la parcela ubicada en la comunidad de Santo Domingo es arenosa.



Repetición/Minutos	5	10	15	20	25	30	35	40	45
I	1.96	0.54	1.08	2.04	1.84	0.75	1.10	1.68	1.08
III	1.82	2.33	3.25	3.07	3.04	2.57	3.23	6.14	1.75
IV	2.06	2.21	2.13	1.90	2.06	1.01	2.25	0.74	1.16

Figura 4. Descripción gráfica de los valores de pérdida temporal de COS (%) durante el evento de simulación de lluvia en el tratamiento 4 (siembra a espeque) y sus datos originales.

En otra investigación donde se evaluaron intensidades de lluvia y distintos niveles de laboreo en el suelo se obtuvo que el laboreo convencional así como la baja intensidad de lluvia pueden reducir la cantidad de pérdida de carbono orgánico en el corto plazo (Nie *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Se realizó una descripción gráfica y numérica de los resultados obtenidos de COS temporal en cada uno de los tratamientos de labranza e incorporación de residuos aplicados al cultivo de maíz de temporal bajo lluvia inducida. Se observaron valores entre 0.38% y 6.1% de COS, también, de manera general, en los minutos del 35 y 40 se notó mayor dispersión en los datos.

BIBLIOGRAFÍA

Boyle, M. 2002. Erosion's contribution to greenhouse gases. http://www.erosioncontrol.com/EC/Articles/Erosions_Contribution_to_Greenhouse_Gases_4384.aspx

Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International* 29:437-450

Li Z, Nie X, Chang X, Liu L, Sun L. 2016. Characteristics of Soil and Organic Carbon Loss Induced by Water Erosion on the Loess Plateau in China. *PLoS ONE* 11(4): e0154591. doi:10.1371/journal.pone.0154591

Miller, W. P. 1987. A selenoid-operated, variable intensity rainfall simulator. *Soil Sci. Am J.* 51: 832 – 834.

Nie X, Li Z, Huang J, Huang B, Zhang Y, et al. (2014) Soil Organic Carbon Loss and Selective Transportation under Field Simulated Rainfall Events. *PLoS ONE* 9(8): e105927. doi:10.1371/journal.pone.0105927

Truman, C.C. T.C. Strickland, T.L. Potter, D.H. Franklin, and D.D. Bosch, C.W. Bednarz. 2007. Variable Rainfall Intensity and Tillage Effects on Runoff, Sediment, and Carbon Losses from a Loamy Sand under Simulated Rainfall. *Journal Environment Quality* 36:1495-1502

ALOMETRÍA EN LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA RADICULAR EN MAÍZ FORRAJERO, HACIA UNA ESTIMACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO EN SUELO

***Vicenta Constante García, Erika Nava Reyna¹, José Luis González Barrios¹, Guillermo González Cervantes¹ y Arcadio Muñoz Villalobos¹**

¹INIFAP CENID-RASPA Km 6.5 margen derecha del canal Sacramento C.P. 35140 Gómez Palacio, Durango. *Email: constante.garcia@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se sabe que el CO₂ secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO₂ atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO₂ emitido por la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50 % del peso seco de la planta. Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, la agricultura se puede convertir en un mecanismo efectivo para mitigar el incremento del CO₂ atmosférico. De manera que, si estos residuos se descomponen naturalmente en el suelo, se convierte en un medio eficaz de inmovilización de CO₂ a largo plazo (Lal *et al.*, 1997).

Por lo que un primer paso consiste en conocer las cantidades de estos residuos y posteriormente estimar el carbono incorporado al suelo a partir de biomasa seca. Esto es, si la acumulación de C en el suelo es un proceso más lento que la acumulación de la biomasa, la estabilidad del C en el suelo es mayor. Por lo tanto, la capacidad del suelo para almacenar C es importante debido al material vegetal acumulado en descomposición, denominado C del humus.

En la agricultura una de las buenas prácticas de conservación de suelos consiste en dejar sobre el suelo la raíz, cuya determinación se vuelve de particular importancia, si se pretende estimar de forma rápida cuánto carbono aportan al suelo.

El presente trabajo tiene el objetivo de explorar la relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíz utilizando análisis de regresión, con la finalidad de evaluar metodologías que proporcionen estimaciones rápidas de las cantidades de carbono en función de la cantidad de biomasa seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el predio el Fénix, Gómez palacio, Dgo. (Figura.1) El área de muestreo se ubica dentro de las coordenadas longitud oeste $103^{\circ}29'37.5''$ y latitud Norte $24^{\circ}38'44.7''$ a una altitud de 1124 metros sobre el nivel del mar. El predio presenta un sistema de riego con válvula forrajera. El tipo de fertilización consisten en la combinada de fertilizantes agroquímicos y vermicomposta, la adopción de la fertilización orgánica se ha llevado a cabo por aproximadamente 7 años. El principal cultivo es el maíz forrajero *Zea mays* L. con un manejo de tipo intensivo.

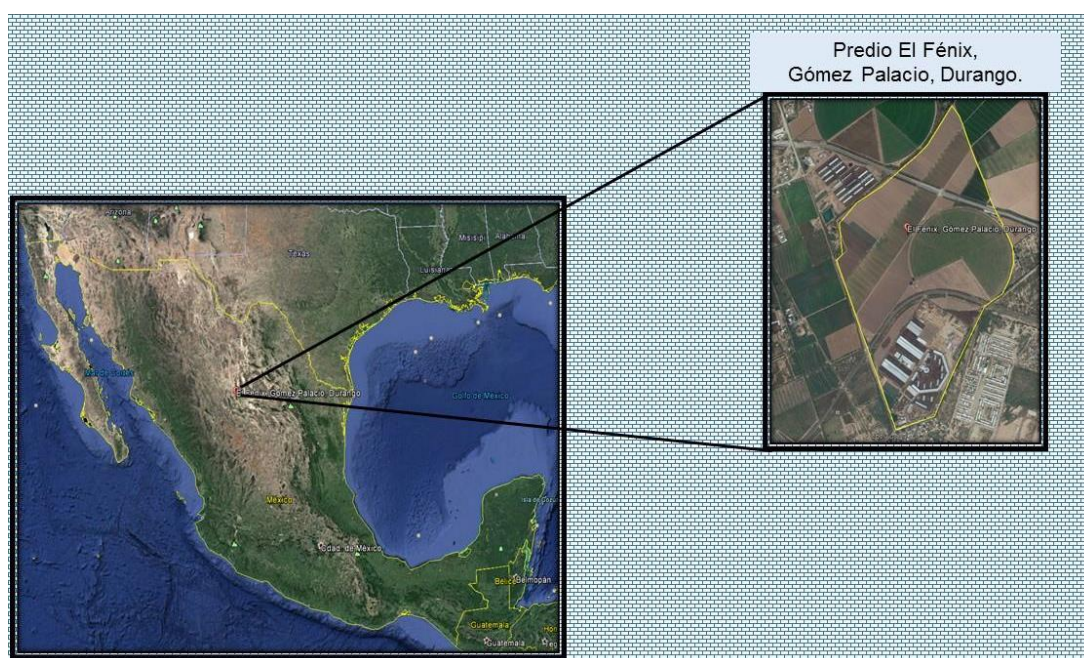


Figura 1. Ubicación del área de estudio, predio El Fénix, Gómez Palacio, Dgo.

Toma de muestra en campo

Se realizaron tres muestreos al azar e, en el primer muestreo se llevó a cabo el 16 abril, en el segundo muestreo se realizó el 30 mayo, y un tercer muestreo el 20 de julio del presente año 2017. En cada muestreo se procuró no coincidir con los días de riego, así como realizar en la toma de muestra mensualmente.

Determinación de biomasa aérea seca por componente (Raíz, Tallo y Fruto)

La determinación de la biomasa aérea seca total de las plantas se cortaron al ras del suelo por encima del primer nudo aéreo, en el mismo campo se separaron y cortaron las hojas, tallo, espiga; en cuanto a la raíz ésta fue desenterrada con cuidado, tratando de mantener su integridad.(Figura 2)

Cada componente de la planta fue etiquetado en campo (tallo, hoja, espiga, raíz y fruto), y una vez en laboratorio se procedió a eliminar la humedad a temperatura ambiente. El peso seco de cada parte de la planta se obtuvo en una estufa de secado exponiendo a una temperatura de 70° hasta obtener un peso estable, utilizando una balanza de dos decimales OHAUS (Figura 2). La biomasa aérea se definió como la suma del peso seco del tallo, hoja, fruto y espiga en su caso.

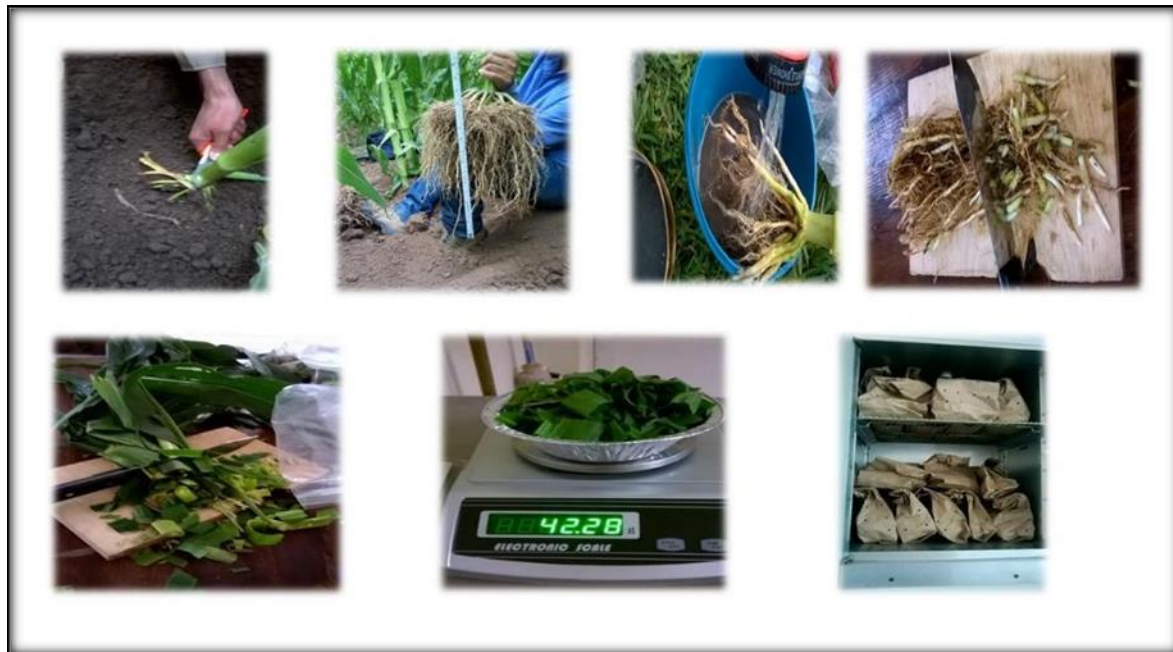


Figura 2. Metodología en campo y laboratorio

Generación del modelo

Los coeficientes de la regresión se obtuvieron al relacionar de la biomasa seca aérea (tallo, hoja, fruto y espiga) y la biomasa seca de la raíz. La generación de del modelo se realizó utilizando el programa R Studio R versión 3.4.0 (2017-04-21).

Para la construcción de los gráficos de forma serial se requirieron puntos muestrales a lo largo del ciclo de vida de la planta *Zea mays* en un total de 95 días, tomando en cuenta que el ciclo de la misma no llega a su madurez, debido al uso forrajero. Los datos obtenidos pertenecen al primer ciclo agrícola (primavera-invierno) determinado por el sistema de distritos de riego pertenecientes a la región lagunera, del estado de Durango.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de la biomasa o peso seco de 40 planta se obtuvieron para cada componente por separado. La biomasa se reporta en gramos de peso seco, en donde la mayor parte de esta se registra en las partes aéreas (tallo, hojas, raíz y fruto) con cifras que oscilan de un 89 a un 92 %, en tanto que la raíz representa aproximadamente un 10 % de la biomasa total de la planta. (Figura 3)

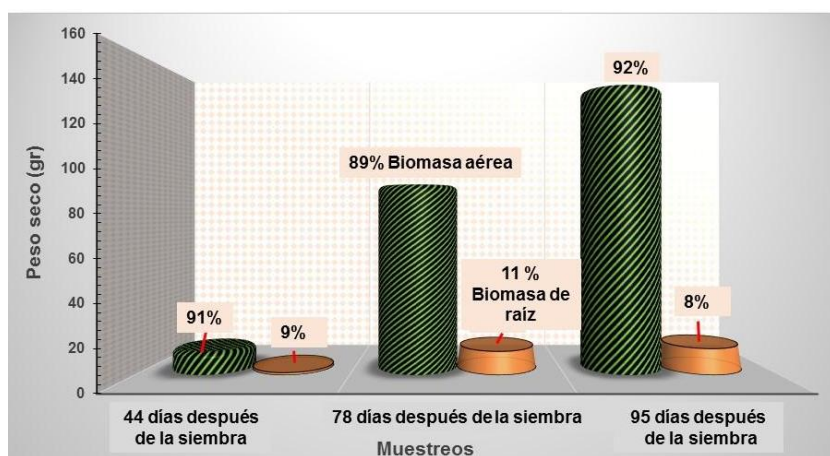


Figura 3. Porcentaje de biomasa seca en la parte aérea y la raíz en los muestreos

Una exploración de variables permitió ver con claridad que una ecuación lineal explica la relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíz; también se puede apreciar una buena asociación entre la biomasa de la raíz y el tallo (Figura 4).

De manera que la correlación entre los biomás de raíz y la biomasa aérea fue de 0.907, en tanto que la asociación del tallo resultó ser un poco más alta ($r=0.93$), sin embargo, para la generación de una ecuación, se decidió emplear la biomasa aérea, debido a que esta representa un promedio aproximado de un 90 % de biomasa total de las planta de maíz (Figura 4).

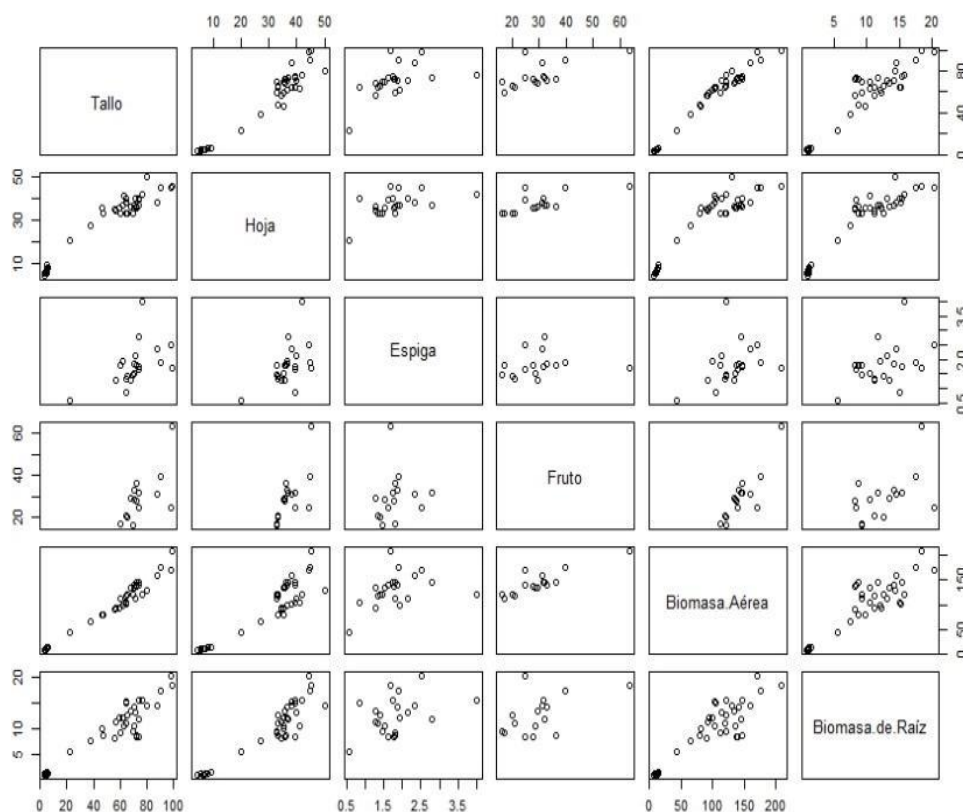


Figura 4. Relación entre las variables involucradas

Tomando en cuenta la asociación de la parte aérea y la raíz, así como la gráfica de dispersión se puede decir que el vástago puede explicar a través de un modelo lineal, un 80 % de la parte radicular en plantas de maíz. (Figura 5)

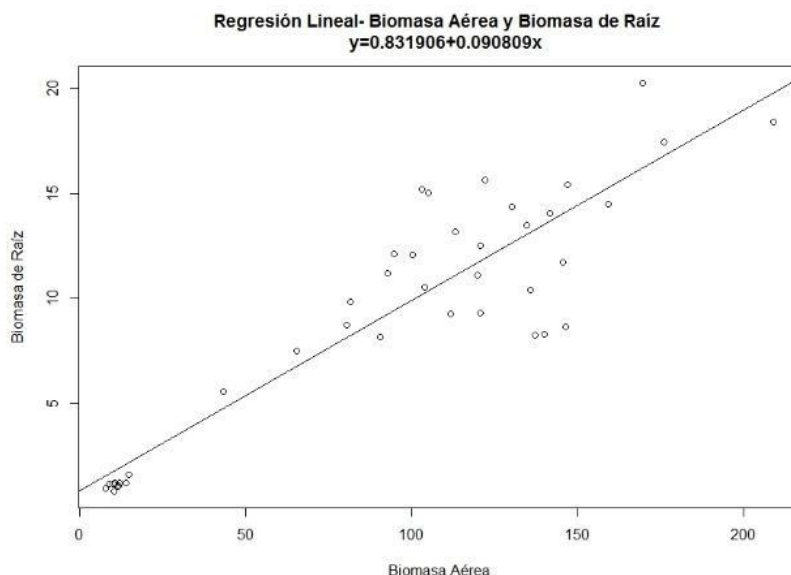


Figura 5. Relación lineal entre los Biomasa de la parte aérea y la Biomasa radicular

El modelo entre la biomasa de la raíz y la parte aire resultó ser altamente significativo (pv=0.0001) Cuadro 1.

Cuadro 1. Coeficientes estimados y grado de significancia del modelo

	Coeficientes	Error estándar	Valor t	Pr(> t)
Intercepto	0.831906	0.744368	1.118	0.271
Biomasa Aérea	0.090809	0.006814	13.326	6.7e-16 ***

Código de significancia: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 ' 0.1 ' ' 1

De acuerdo con Lincoln et al. (2006) la relación parte aérea y raíz, parece estar determinada por el vástago o parte aérea, es decir, que un brote crecerá tanto como para que el factor limitante sea la cantidad de agua incorporada por las raíces; por el contrario, las raíces crecerán hasta que su demanda de fotoasimilados iguale el aporte, manteniendo un equilibrio. Esta relación entre el vástago y la raíz, permite que estudios similar realizados al presente, puedan aplicar ecuación alométricas utilizando el peso seco de la parte aérea de las plantas y el sistema radicular (Benedetto et al., 2015). Así como utilizar la alometría como una herramienta de estimación del crecimiento de las plantas y sus componentes tales como de hojas, tallos o raíces (Li et al., 1996; Niklas, 2004; Niklas et al., 2008; John et al., 2013; Felleret al., 2015).

El presente estudio forma parte de una investigación más extensa cuyo objetivo radica en la determinación de carbono, tanto en plantas como el suelo, de manera que la asociación calculada entre la parte aérea de la planta y la raíz, permitirá estimar de manera más precisa la cantidad de carbono incorporado en cada ciclo.

CONCLUSIÓN

El presente trabajo deja en claro que el sistema radicular del maíz representa solo un 10 % respecto al total de la planta, sin embargo, este cobra importancia, tomando en cuenta que el aporte es constante, de manera que en cada ciclo agrícola, se incorpora esta cantidad de materia orgánica al suelo. Por otra parte, para el caso particular del predio El Fénix, la aportación de carbono se vuelve enriquecida con la fertilización de tipo orgánica, que actualmente forma parte del manejo y cuya práctica se ha llevado a cabo desde hace aproximadamente 7 años, lo que indica un aporte importante de carbono en general para los suelos del predio.

La asociación entre la biomasa aérea y el sistema radicular presenta una asociación de 0.90, lo que significa que se podrá estimar el 81 % del peso seco de la raíz, a partir del peso seco de la parte aérea (suma de tallo, hoja, fruto y espiga) específicamente en plantas de maíz pertenecientes al predio El Fénix, Gómez Palacio, Durango.

En este trabajo, también se deja en claro que el tallo puede ser utilizado como variable explicativa del sistema radicular, dado que presentó un valor de correlación alto.

NOTA. El presente estudio se llevó a cabo con fondos del proyecto: Mecanismos de secuestro de carbono en suelos agrícolas bajo diferentes prácticas de manejo. Recursos Fiscales del INIFAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Di Benedetto, A., Galmarini, C., Tognetti, J. 2015. Exogenous cytokinin promotes *Epipremun aureum* L. growth through enhanced dry weight assimilation rather than through changes in partitioning. *American Journal of Experimental Agriculture* 5 (5), 419-434.
- Feller, C., Favre, P., Janka, A., Zeeman, S.C., Gabriel, J.P., Reinhardt, D. 2015. Mathematical modeling of the dynamics of shoot-root interactions and resource partitioning in plant growth. *Plos One* 10 (7), 0127905.
- John, G.P., Scoffoni, C, Sack, L. 2013. Allometry of cells and tissues within leaves. *American Journal of Botany* 100 (10), 1936-1948.
- Lal R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil Tillage Res* 43:81-107
- Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger. 2006. *Fisiología Vegetal*, Volumen 2. Pag. 1135.
- Niklas, K.J. 2004. Plant allometry: is there a grand unifying theory? *Biological Review* 79 (4), 871-889.
- Niklas, K.J, De Mason, D.A., Cobb, E.D. 2008. Genetic effects on the biomass partitioning and growth of *Pisum* and *Lycopersicon*. *American Journal of Botany* 95 (4), 424-433.

MODIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE ASIGNACIÓN DE BIOMASA Y EFICIENCIA EN EL USO DE LA RADIACIÓN DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PASTO BANDERITA

Erickson Basave-Villalobos¹, Pablo A. Domínguez-Martínez¹, Celi G. Calixto Valencia², Rigoberto Caldera Galindo² y Sergio Rosales Mata¹

¹Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP.

²Prestador independiente de servicios profesionales. *Correo-e: basave.erickson@inifap.gob.mx*

INTRODUCCIÓN

En los pastizales de la región norte centro de México existen problemas de degradación de agostaderos en más del 65% de la superficie de los 9.9 millones de hectáreas que comprende este ecosistema (SEMARNAT, 2011), y, debido a ello, se han estado impulsado programas para rehabilitarlos.

Al respecto, el establecimiento de pastos nativos es una de las principales acciones realizadas en los programas de rehabilitación, dado que mucho de este material ha disminuido su cobertura, en gran medida por el sobrepastoreo y la invasión de pastos exóticos, y, por lo tanto, se han reducido los beneficios hidroecológicos que representan (Reyes-Gómez *et al.*, 2015).

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una de las especies que están siendo utilizadas para la rehabilitación de los agostaderos. Su adaptabilidad elevada y características agronómicas forrajeras le confieren ventaja en la preferencia de los productores (Beltrán López *et al.*, 2007).

Dado que el trasplante de planta producida en vivero garantiza mayores porcentajes de supervivencia en comparación con la siembra directa, las demandas por este material están aumentando (Domínguez-Martínez *et al.*, 2016); entonces, es preponderante que se genere conocimiento técnico para producir planta con la calidad necesaria para que se asegure un desempeño exitoso de ellas en campo o sitio de trasplante, puesto que ahí el desempeño está regulado por condiciones edafoclimáticas heterogéneas, y ello condiciona a que la planta con la mejor calidad sea aquella que disponga de las características morfológicas o fisiológicas más adecuadas para una aclimatación satisfactoria a la heterogeneidad de condiciones. Por lo tanto, técnicas de cultivo que permitan modificar las características morfológicas o fisiológicas, son requeridas para producir en vivero plantas con especificaciones de calidad conforme a las condiciones del sitio de trasplantes.

En el presente trabajo se analiza si a través del manejo de la radiación solar es posible modificar la morfología y la eficiencia en el uso de la radiación para formar biomasa en plántulas de pasto banderita durante su producción en vivero, a fin de definir una técnica de producción que tenga la ventaja de que previo al establecimiento en campo, puede diseñarse un tipo de planta con características morfológicas de calidad más adecuadas a las condiciones edafoclimáticas del sitio de trasplante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Durango, México (23°59'17.1"N, 104°37'35.7"O, 1880 msnm).

Para el ensayo se utilizaron plántulas de pasto banderita originadas a partir de semilla certificada de la variedad de Banderilla Diana liberada por el INIFAP. La siembra se realizó durante la tercera semana de febrero de 2017 en charolas de poliestireno expandido con 78 cavidades (165 mL cavidad⁻¹), llenadas con un sustrato compuesto por turba de musgo esfagno, corteza de pino y perlita en proporciones de 40, 40 y 20%, respectivamente, adicionado con fertilizante de liberación controlada Multicote 15-7-15+ME® en dosis de 4 g/L. En cada cavidad se depositaron 35 g de semillas a una profundidad de 0.5 cm, las cuales fueron cubiertas por una capa del mismo sustrato de 0.5 cm de grosor. Tras la siembra se aplicaron riegos periódicos a saturación hasta que la germinación se estabilizó. Después de eso, aproximadamente tres semanas después de la siembra, las plántulas fueron sometidas a diferentes niveles de radiación solar: Intemperie [100% de radiación fotosintéticamente activa (RFA)], 40% de RFA, 30% de RFA y 20% de RFA.

Los niveles de 40, 30 y 20% de RFA se definieron con la construcción de microtúneles forrados con películas plásticas de polietileno lechoso, a los cuales se les agregaron capas de la película conforme al grado de transmitancia de RFA requerido. Para ello, se midió la radiación fotosintéticamente activa (RFA) dentro del microtúnel y por fuera de él con un ceptómetro (Modelo SF-80, Decagon Pullman WA USA) y se empleó la fórmula $T = \text{RAF interna} / \text{RAF externa}$. En todas las condiciones se monitoreó diariamente el valor de temperatura (°C), humedad relativa (%) y radiación global (W/m²). Las primeras dos variables se midieron con un higrotermómetro digital (Modelo 445702, Extech Instruments) y la última con un piranómetro (Modelo SP Lite, Kipp&Zonen, Delf-Holanda). Los valores de radiación global se multiplicaron por una constante de 0.50 para determinar los valores de RFA, los cuales a su vez se multiplicaron por 4.15 para transformarlos a $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Terradas, 2001). Tras ello, se calculó el

valor promedio de RFA dentro de cada microtúnel, en función del porcentaje respectivo de transmitancia. En el cuadro 1 se presentan los valores de las variables climáticas monitoreadas:

Variable climática	Nivel de radiación fotosintéticamente activa (RFA)			
	Intemperie (100% de RFA)	40% de RFA	30% de RFA	20% de RFA
Temperatura máxima (°C)	28.1	45.3	44.4	45.1
Temperatura mínima (°C)	7.5	2.5	2.8	3.1
Humedad relativa máxima (%)	68.0	96.6	93.2	93.2
Humedad relativa mínima (%)	15.0	15.0	15.4	15
RFA promedio ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	1439.2	575.6	417.3	302.2

En cada nivel de radicación las plántulas crecieron durante 1.5 meses. En ese lapso las plántulas fueron regadas tres veces por semana a saturación y fueron fertilizadas complementariamente una vez por semana con un fertilizante hidrosoluble de propósito general 20-10-20 [20 N: 10 P₂O₅: 20 K₂O + microelementos] (Peters Professional®), en una concentración base de nitrógeno de 150 mg L⁻¹.

A los 2.5 meses de edad, a un conjunto de 30 plántulas por cada condición de RFA evaluada, se les analizó su morfología a través de patrones de asignación de biomasa a nivel de hojas tallo y raíz, por lo que se estimó la proporción de biomasa foliar (PBF; %), la proporción de biomasa de tallo (PBT; %) y la proporción de biomasa radical (PBR; %). También se calculó la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) mediante la fórmula: EUR=Rendimiento/RFA. Los datos de rendimiento correspondieron al peso seco de la biomasa total por plántula.

Finalmente, los datos fueron analizados a nivel de estadística descriptiva con medidas de centralización (medias) en el paquete estadístico infoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A intemperie de la biomasa total producida, las plántulas asignaron el 35% a biomasa foliar, 30% a biomasa de tallos y 35% a biomasa radical. En microtúneles el patrón de asignación de biomasa fue de la siguiente manera: con 40% de RFA, los porcentajes de biomasa asignada fueron de 47, 26 y 27% para follaje, tallo y raíz, respectivamente; en cambio, con 30% de RFA, las plántulas destinaron el 50% de biomasa a hojas, el 29% a tallos y el 21% a raíz, mientras que con 20% de RFA, del 100% de biomasa producida, 54% correspondió a follaje, 25% a tallos y 21% a raíces (Figuras 1 y 2). En cuanto a la eficiencia en el uso de la radiación, a intemperie se formaron 0.04 mg/ μmol de luz, la cual aumentó 125 % con 40% de RFA, 425% con 30% de RFA y 475% con 20% de RFA.

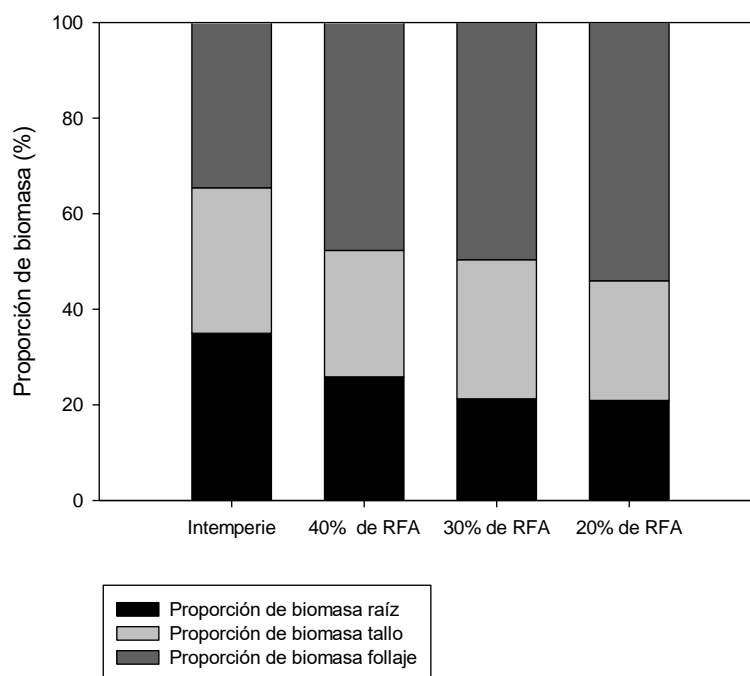


Figura 1. Patrones de asignación de biomasa de plántulas de pasto bandera producidas en diferentes niveles de radiación fotosintéticamente activa

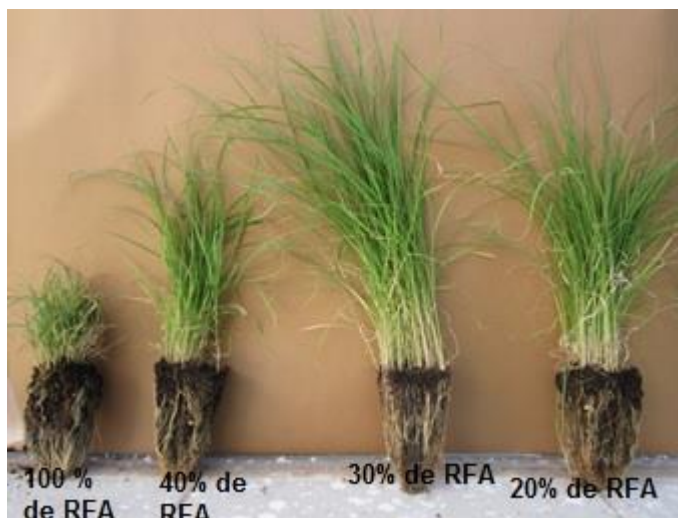


Figura 2. Diferencias morfológicas de plántulas de pasto banderita producidas en diferentes niveles de radiación fotosintéticamente activa.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los niveles de radiación modificaron la morfología y la eficiencia en el uso de la radiación de las plántulas de pasto banderita. Uno de los factores implicados en este efecto fue el microambiente generado en cada condición, específicamente a lo que concierne a temperatura y humedad. Tal y como se reporta ampliamente en la horticultura (Stamps, 2009), las condiciones microambientales de temperatura y humedad manipuladas por cada nivel de radiación tuvieron una influencia significativa en el crecimiento de las plantas. No obstante, la evidencia obtenida también sugiere una atribución del crecimiento y de las modificaciones morfológicas y fisiológicas de las plántulas, a la cantidad y calidad de irradiación solar que ellas recibieron en cada condición.

CONCLUSIONES

El manejo de la radiación solar permite modificar los patrones de asignación de biomasa de plantas de pasto banderita y su eficiencia en el uso de la radiación para producir biomasa. Con ello, se tiene la ventaja de que previo al establecimiento en campo, puede diseñarse un tipo de planta con características morfológicas de calidad más adecuadas a las condiciones edafoclimáticas del sitio de trasplante.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán-López, S., C. Loredó-Osti, T. Núñez-Quesada, L.A. González-Eguiarte, C. A. García-Díaz, J.A. Hernández-Alatorre, J. Urrutia-Morales y H.G. Gámez-Vázquez. 2007. Navajita cecilia y Banderilla diana pastos nativos sobresalientes para el altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 33. San Luis Potosí, S. L. P. México. 38 p.
- Domínguez-Martínez, P.A., E. Basave-Villalobos, M. Velázquez-Martínez, R. Jiménez-Ocampo y J.A. Sigala-Rodríguez. 2016. Producción en vivero de plántula de gramíneas nativas para el

establecimiento de semilleros. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico Núm. 82. ISBN 978-607-37-0697-1. 30 p.

Reyes-Gómez, V.M., O. Viramontes-Olivas, J. T. Arredondo-Moreno, E. Hubert Sannwald y A. Rangel-Rodríguez. 2016. Functional ecohydrological differences among native and exotic grasslands covers in sub-urban landscapes of Chihuahua city, Mexico. *Landscape and urban planning*, 139:54-62.

SEMARNAT. 2011. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), "Vegetación natural remanente,". http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/clave/2010/clave/indicadores/ibi_apps/indclave01.html.

Stamps, R.H., 2009. Use of Colored Shade Netting in Horticulture. *HortScience*, 44(2): 239-241.

ESTUDIO NUMÉRICO DEL EFECTO DEL DESGASTE EN CADENAS DE PLÁSTICO GRADO ALIMENTICIO

Martínez Reyes Ernesto¹, Swedowicz Wasik Dariusz Slawomir², García Hernández Raúl Vidal³ y Garibaldi Márquez Francisco⁴

^{1,3 y 4} Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga Aguascalientes. C.P. 20660.

martinez.ernesto@inifap.gob.mx

² Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. CENIDET. Interior Internado Palmira s/n, Col. Palmira. Cuernavaca, Morelos. C.P. 62490

INTRODUCCIÓN

El acero inoxidable es uno de los materiales más utilizados en las máquinas para procesar alimentos, no obstante el uso de los plásticos en diseños de ingeniería mecánica ofrece múltiples ventajas, entre las que se incluyen: menos operaciones de acabado, simplificación del ensamble, menor peso, reducción de ruido y, en ciertos casos, la no necesidad de lubricar algunas partes (Smith y Hashemi, 2006). Es por lo anterior que en las cadenas de rodillos que son una de las transmisiones más utilizadas en la transmisión de potencia se inició a incluir plásticos a mediados de 1980 (Domínguez y González, 2007). Las cadenas de plástico son de gran utilidad en aplicaciones donde se requiera limpieza, resistencia a la corrosión, baja conductividad eléctrica y bajo nivel de ruido (Tsubakimoto, 2013). Esto ha incentivado su uso en la industria alimenticia y farmacéutica, ya que cumple con los requisitos para ser usados en el proceso de alimentos como son; materiales lisos, no absorbentes y no tóxicos, e inerte a los alimentos, que no trasfieran olores ni sabores, que se puedan lavar y desinfectar (Codex, 2016).

Los mecanismos de desgaste más comunes en las cadenas con polímeros son: impacto con catarina, desgaste adhesivo, desgaste abrasivo y suavizamiento del polímero por la generación de calor. El impacto incrementa cuando disminuye el número de dientes e incrementa con el aumento de la tensión inicial o la velocidad. El desgaste adhesivo ocurre cuando existe fuerte adhesión en las asperezas de la interacción formando microsoldaduras. El desgaste abrasivo ocurre cuando entre las superficies en contacto existen partículas ya sea de un tercer material o del mismo de las piezas interactuando, especialmente para materiales con una gran diferencia de durezas como lo es polímero y acero (Kerremans *et al*, 2011).

Se han realizado estudios para determinar el efecto de la holgura en cadenas de metal en la respuesta dinámica del sistema, concluyendo que existe una relación entre las vibraciones de

impacto entre la cadena y la catarina y la holgura (Xu y Li, 2012). Sin embargo no se encontró información sobre los efectos del desgaste en las fuerzas de impacto en cadenas de material plástico y el manual que el fabricante pone a disposición del público para la selección de cadenas no contempla las cadenas de plástico. Solo menciona que para seleccionarlas, deben considerarse presiones entre el casquillo y perno (Tsubakimoto, 2013), por lo que el objetivo del presente trabajo es determinar numéricamente las fuerzas de impacto y ángulo de contacto en función del desgaste en la unión eslabón interno-perno. Información que será de importancia para diseño y mantenimiento de transmisiones que usen cadenas de plástico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelado numérico se realizó por medio del método del elemento finito mediante el software ABAQUS. Se utilizó una computadora con procesador Intel Core i5-4210U CPU @ 2.4 GHz y memoria RAM 8 GB. El presente trabajo consideró en su análisis una cadena de rodillos marca Tsubaki™ en su serie PC de paso 40 (12.7 mm de paso). Esta cadena se compone de tres piezas que son: eslabones externos, pernos y eslabones internos. Los pernos y eslabones externos están fabricados de acero inoxidable 304 mientras que los eslabones internos están hechos de poliacetal (polióxido de metileno grado alimenticio). Las dimensiones de la cadena se muestran en la figura 1 y en la Tabla 1.

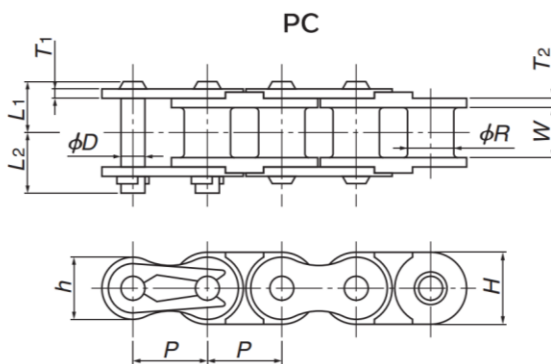


Figura 1. Dimensiones de la cadena de estudio (Tsubakimoto, 2013).

Tabla 1. Dimensiones de cadena de estudio, en mm, (Tsubakimoto, 2013).

TSUBAKI Número de cadena	Paso P	Diámetro rodillo R	Ancho interno eslabón interno W	Eslabón externo			Perno			Masa aprox. [kg/m]	Pasos por unidad [adim]	
				Espesor T1, T2	Altura H	Altura h	Diámetro D	L1+L2	L1			L2
RS40-PC-1	12.7	7.92	7.95	1.5	12.0	10.4	3.97	18.2	8.25	9.95	0.39	240

Las propiedades de los materiales se muestran en las tablas 2.

Tabla 2. Propiedades de los materiales de la cadena (Matweb, 2016)

	Poliacetal	Acero 304
Densidad [kg/m ³]	1450	8000
Módulo de Young [MPa]	3100	193000
Resistencia a la fluencia [MPa]	70	300
Razón de Poisson	0.35	0.29

Se modeló la mitad simétrica de la cadena y catarina, las condiciones de frontera del modelo se muestran en la Figura 2. Se estableció el plano de simetría (1), para aplicar una rotación a la catarina, se fijó un punto de referencia situado en el centro de la catarina (2), a este punto se le restringieron todos los grados de libertad excepto la rotación en z y se le aplicó una condición de acoplamiento que une el movimiento de una serie de nodos sobre una superficie al nodo de referencia (Simulia, 2010). Se establecieron condiciones de contacto para los rodillos con los dientes, para los pernos con los rodillos y los eslabones externos, se aplicó una presión instantánea y constante en el perno libre (3). Para la simulación se le aplicó una velocidad de rotación al punto de referencia (2) y se modeló el tiempo necesario para que se acoplara con el primer diente y justo antes de impactar con el segundo.

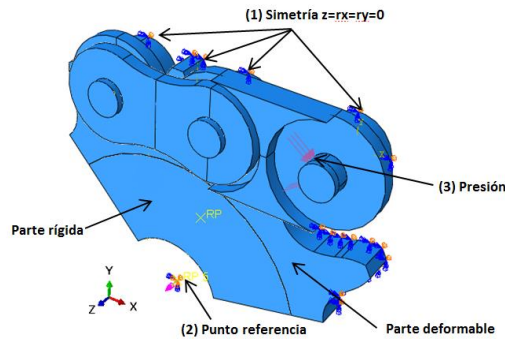


Figura 2. Condiciones de frontera del modelo numérico

En la discretización se utilizaron elementos cúbicos de 8 nodos, con integración reducida y control de efecto reloj de arena (C3D8R) y elementos tipo cuadriláteros lineales (R3D4). En la zona de contacto a analizar (acoplamiento diente rodillo) se utilizó una malla más fina de acuerdo a Liu y Quek (2003), que mencionan que la densidad de malla solo requiere ser fina en las áreas de importancia, quedando 0.2 mm de tamaño de elementos en la zona de contacto, 0.5 mm para el eslabón externo, 0.5 mm para el eslabón interno y 0.7 mm para la catarina. El cubo de la catarina se consideró rígido y se discretizó en 1516 elementos R3D4 y el resto en

118527 elementos C3D8R, que en su conjunto hicieron 137416 nodos. Se utilizaron las 440 N de tensión y $70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ de velocidad lineal, que son las máximas recomendadas por el fabricante (Tsubakimoto, 2013). Para estudiar los efectos de la holgura sobre el comportamiento de la transmisión cadena catarina, realizó un aumento al diámetro interno del eslabón interno de tal manera que cuando las partes entren en contacto a tensión, la longitud final de la cadena corresponda a la longitud de la cadena máxima sugerida por el fabricante (3 %), lo cual implica un incremento del diámetro del 7.35%, Figura 3.

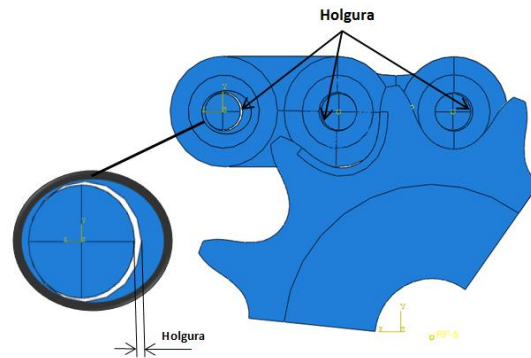


Figura 3. Modelo del desgaste en el eslabón interno

Las fuerzas de impacto se calcularon de manera indirecta mediante el monitoreo de la variación de la tensión en la sección transversal del eslabón externo para lo cual se realizó un corte transversal al eslabón externo en donde se midieron las fuerzas normales a la superficie, lo anterior con la finalidad de presentar datos que puedan ser comparados con extensómetros colocados en la misma posición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se acopla el eslabón interno de la cadena con el diente de la catarina estos tiene diferentes velocidades por lo que cuando entran en contacto existe un impacto, por las propiedades del acoplamiento pueden producirse repetidos impactos hasta que se establezca la unión. Los resultados de las fuerzas monitoreadas se muestran en la Figura 4.

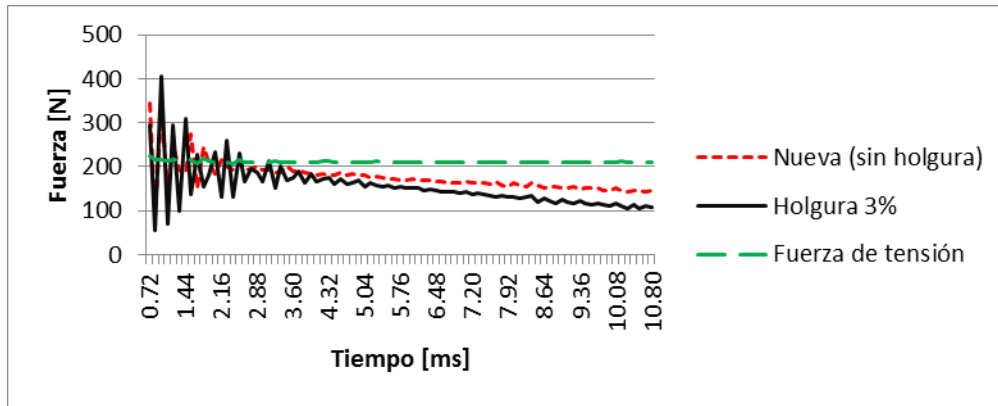


Figura 4. Fuerzas de impacto en el eslabón externo

En la Figura 4 se aprecia que la fuerza de tensión aplicada al perno (línea verde discontinua), se mantiene constante en función del tiempo. La fuerza para la cadena nueva (línea roja punteada) presenta picos de fuerza que se van estabilizando y va habiendo un decremento en la fuerza, esto debido a que parte de esa fuerza de tensión es absorbida por el diente que ha entrado en contacto. La fuerza para la cadena con desgaste (línea negra continua) presenta picos altos de fuerza y un decremento mayor.

El resultado de la holgura incide en la variación del ángulo de contacto, que es el ángulo entre una línea imaginaria que va de centro a centro de la curva inferior del diente y el punto de contacto del rodillo con el diente. El decremento en la fuerza en función de la rotación la describe mediante la fórmula (Wright, 2006):

$$P_n = f_0 \left[\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \Phi)} \right]^{n-1} \cdot \left[\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \Phi)} \right] \quad (1)$$

donde:

P_n – fuerza residual en el diente n

f_0 – tensión inicial

Φ – ángulo de presión

α – ángulo de paso

Usando la fórmula 1 se calculó que el primer diente absorbería el 38 % de la carga, lo cual representa una fuerza teórica de 134.28 N, no obstante de los resultados numéricos para la cadena nueva el primer diente tomó el 32% de la fuerza lo cual representa un 8% de diferencia

entre el resultado teórico y el numérico, esta diferencia puede ser causada por la deformación del eslabón interno, y que no considera la parte teórica.

En la figura 5 se muestra se muestra la posición del punto de contacto y la variación del ángulo de presión para diferentes condiciones de desgaste que producen holgura entre el perno y el eslabón interno, se nota que cuando no existe holgura el ángulo de presión es mayor y va disminuyendo conforme la holgura aumenta, esto explica que la fuerza de tensión mostrada en la Figura 4 decrece más cuando hay holgura.

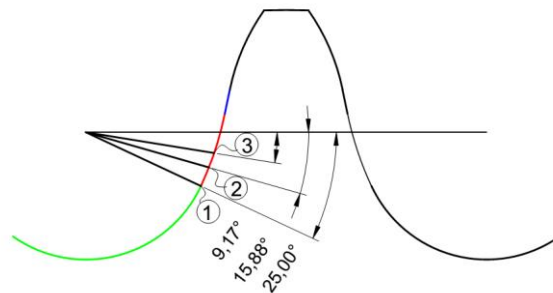


Figura 5. Variación del ángulo de contacto en función de la holgura 1) sin holgura, 2) 3% de holgura y 3) 6% de holgura.

Cuando la cadena presenta desgaste de sus elementos se generan fuerzas de impacto mayores que en la condición nueva, aun cuando la fuerza tiende a disminuir en función del tiempo, lo anterior puede explicarse debido a que al existir más holgura entre los elementos tengan movimientos menos limitados y por tanto impactos mayores. Además de que el ángulo de contacto disminuye, lo cual explica que la fuerza absorbida por el primer diente en caso de desgaste sea mayor, ya que al disminuir el ángulo la componente sobre la horizontal también se incrementa.

La norma ASME B.29.1 menciona como ángulo de contacto para una catarina de 12 dientes sea; máximo de 25° y mínimo de 11.67° (Wright, 2006). Los resultados numéricos determinaron que para una elongación del 3% el ángulo de presión que fue de 15.88° por lo que aún se encuentra dentro de los límites establecidos, incluso para una elongación mayor, el contacto entre el rodillo y el diente de la catarina aún se localizaría en la zona de trabajo.

CONCLUSIONES

Se obtuvo la fuerza de impacto generada en condición sin holgura y con holgura en la cadena de plástico presentándose fuerzas mayores con holgura, así como una absorción mayor del primer diente. Se presentó una diferencia entre resultados numéricos y teóricos del 8% para la fuerza absorbida por el primer diente en condición sin desgaste.

Se determinó el valor del ángulo de contacto en función de dos condiciones de holgura, así como el aumento en la fuerza que soporta el primer diente cuando existe elongación de la cadena. Para cuando la cadena incrementa un 3 % de su longitud por el desgaste entre el perno y el eslabón interno, aun no alcanza el ángulo de presión mínimo establecido en la norma ASM B29.1, por tanto se recomienda verificar de manera regular las condiciones de holgura de la cadena para evitar un fallos en el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Codex, A. C., 2016, "Código internacional recomendado de prácticas principios generales de higiene de los alimentos." Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, p. 85.
- Domínguez, M. E. G. y G. González, 2007, "Cadenas de rodillos. Tendencias de desarrollo y dimensionales según normas ISO.," *Ingeniería Mecánica*, vol. 10, no. 2, pp. 33–39.
- Kerremans, V., T. Rolly, P. De Baets, J. De Pauw, J. Sukumaran, y Y. P. Delgado, 2011, "Wear of Conveyor Chains With Polymer Rollers," pp. 378–387.
- Liu, G. R. y S. S. Quek, 2003, *The Finite Element Method: A Practical Course*, Primera ed. Oxford: Elsevier Science.
- MatWeb, L., "MATWEB, Material Property Data." [Online]. Disponible en: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=abc4415b0f8b490387e3c922237098da&ckck=1>. [Revisado: 22-Feb-2016].
- Simulia, 2010, *Analysis User's Manual Volume V: Prescribed Conditions, Constraints & Interactions*. Dassault Systèmes.
- Smith, W. F. y J. Hashemi, 2006, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, Cuarta Edi. McGraw-Hill.
- Tsubakimoto, C. C., 2013, "Tsubaki Drive Chains & Sprockets." TSUBAKIMOTO CHAIN CO, Japan, p. 210.
- Wright, J., 2006, *Standard Handbook of Chains Chains for Power Transmission*, Segunda ed. USA: CRC Press.
- Xu, L. y Y. Li, 2012, "Numerical Simulation on Dynamic Behavior of Intermittent Roller Chain Drives," *Mechanical Engineering and Green Manufacturing*, vol. 156, pp. 535–539.

EVALUACIÓN DE UNA “COLECTA BASE” DE 13 GRAMÍNEAS DURANTE TRES AÑOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ALTIPLANO ZACATECANO

Rubio A.F.A.^{1*}, Villanueva A.J.F.², Sánchez G.R.A.³ y Olvera L.I.⁴

^{1 y 3} Investigadores Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas; ² Investigador Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP Nayarit. ⁴ P.S.P. en el Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas

*rubio.francisco@inifap.gob.mx.

INTRODUCCIÓN

En el Estado de Zacatecas, con una superficie de 7.5 millones de hectáreas, la eliminación de la cubierta vegetal para ser dedicada a cultivos agrícolas, supera los 1.5 millones en los últimos 100 años, trayendo como consecuencia la pérdida de la diversidad vegetal y acentuando el avance de la desertificación. Echavarría *et al.* (2009), encontraron que la degradación de los suelos agrícolas en el Estado, afectan 960,463 ha en su nivel medio (82% de la superficie total) y 125,963 ha en su nivel alto (10.8% del total), gran parte de dicha superficie, se encuentra en la franja agrícola llamada “zona frijolera” antes conocida como “zona del Palmar”, ubicada al noroeste del Estado, antiguo bioma representativo de los mejores pastizales de la Entidad. La recuperación de estos ecosistemas a mediano y largo plazo es factible y podría ser alcanzado gradualmente mediante el establecimiento, conservación y manejo adecuado de especies forrajeras nativas con gran capacidad de arraigo y permanencia, bajo esquemas de manejo sustentables. Quero *et al.*, (2012) proponen las siguientes fases de organización, evaluación y manejo de las colectas de recursos genéticos, siendo la fase 1; la Colecta Base, la fase 2; Colecta Núcleo y fase 3; Colecta Elite. El presente trabajo se refiere a la medición de algunos atributos morfológicos y productivos en la primera fase. En base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue hacer una caracterización morfológicos y productiva de 13 accesiones de gramíneas forrajeras bajo la fase de evaluación de Colecta Base del 2014 al 2016, en el Altiplano de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue llevado a cabo en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), localizado en Calera de V.R., Zacatecas, Méx., ubicado en los 102° 39' 34" LN y 22° 54' 31.3" LW a 2197 msnm. Temperatura promedio de 14.8 °C; precipitación media de 407.7 mm, evaporación de 2357.5 mm; evapotranspiración potencial de 1609.0 mm. La precipitación durante los años de estudio fue de 413.2, 730.9 y 594.9 mm, para 2014, 2015 y 2016, respectivamente. El suelo es agrícola de textura franca, y en el estrato de 0-10 cm de profundidad, el pH es de 8.18±0.1, rico en materia orgánica (3.83±0.8%), pobre en nitrógeno nítrico (10.0 kg ha⁻¹) y nitrógeno

amoniaco (20.0 kg ha⁻¹); medio en fósforo (25.0 kg ha⁻¹), rico en potasio (300.0 kg ha⁻¹), extra rico en calcio (4000.0 kg ha⁻¹) y valores medios de magnesio (25 kg ha⁻¹). Suelo no salino-no sódico). Fueron evaluados 13 tratamientos, constituidos por diferentes accesiones de las gramíneas: [cuatro de Banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.; cinco de Navajita *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. Ex Griffiths; una de Triguillo *Bouteloua radicata* (E. Fourn.) Griffiths; una de Zacatón alcalino *Sporobolus airoides* (Torr.) Torr. y dos de Rhodes *Chloris gayana* Kunth]. Las plantas fueron producidas en charolas de poliuretano por el método de “siembra por semilla”, en invernadero entre los días del 3 al 11 de julio del 2012, mismas que fueron posteriormente trasplantadas en campo los días 3 y 4 de septiembre del mismo año. En tamaño de las parcelas experimentales fue de 16.0 m² por triplicado, en la cual se plantaron 28 cepellones, a una distancia entre surcos de 0.76 m y entre plantas a 0.75 m. La parcela útil, fueron las 10 plantas centrales (5.7 m²). Cada planta fue apoyada con varios riegos dirigidos, colocando el agua en una fosa alrededor de la misma. Durante los años 2014 al 2016, el crecimiento de los pastos fue solamente con la humedad de las lluvias ocurridas cada ciclo. Las variables bajo estudio de acuerdo a Quero *et al.*, (2012) durante los tres años fueron: rendimiento de materia seca aérea (kg MS ha⁻¹), producción de semilla (kg ha⁻¹) e índice hoja: no hoja (solo el 2015). La información fue analizada mediante un Diseño en Bloques al azar, y la comparación de medias fue con la prueba Tukey al 0.01, con Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca aérea. En relación al peso seco total del 2014, los materiales con mayor rendimiento fueron los tratamientos: T₉, T₁ y T₃ con 3041.4, 2654.9 y 2454.4 kg MS ha⁻¹, respectivamente. El 2015, los datos encontrados muestran diferencias (P≤0.01), entre accesiones, siendo los más productores los tratamientos: T₉ Alcalino CEZAC M2; T₁ Banderilla Maturana, Chih. y T₃ Banderilla cv. Chih-75. El 2016, los datos encontrados muestran diferencias (P≤0.01), entre accesiones, siendo los más productores los tratamientos: T₉ Alcalino CEZAC M2; T₃ Banderilla cv. Chih-75 y T₇ Navajita Fresnillo M-5. En promedio de los tres años, las accesiones con mayor producción de forraje seco fueron: T₉ Alcalino CEZAC M2; T₁ Banderilla Maturana, Chih. y T₃ Banderilla cv. Chih-75, con 3454.0, 2559.1 y 2184.1 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 1). Al comparar el promedio de rendimiento del ecotipo de Zacatón alcalino T₉, con los datos obtenidos por Rubio (1990) en el mismo sitio con las colecciones INIA-351-SLP, INIA-313-AGS, INIA-274-ZAC, INIA-277-ZAC e INIA-338-SLP, los cuales produjeron durante los

años de 1986 a 1988 un rendimiento medio de 4.88, 3.84, 3.75, 3.72 y 3.69 ton MS ha⁻¹, respectivamente, se observan menores rendimientos durante los años 2014 al 2016.

Cuadro 1. Producción de materia seca aérea de gramíneas incrementadas por semilla. CEZAC-INIFAP, Calera de V.R., Zac. 2014 - 2016.

Trat.	Nombre	(Ton MS ha ⁻¹)			Promedio
		2014	2015	2016	
9	Alcalino	3041.4 a	4698.8 a	2621.9 a	3454.0
1	Banderilla	2654.9 ab	3467.3 ab	1555.2 ab	2559.1
3	B. Chih-75	2454.4 abc	2433.9 bc	1664.0 ab	2184.1
4	Navajita	2052.4 abcd	2364.9 bc	1452.0 ab	1956.4
2	Banderilla	1815.6 ab..e	2318.7 bc	1302.2 ab	1812.2
13	B. Haskell	1508.8 cde	1865.5 bcd	1159.6 b	1511.3
7	Navajita	1400.0 cde	1295.3 cd	1578.5 ab	1424.6
12	Rhodes M-2	1633.3 bcde	1512.3 cd	1087.5 b	1411.0.0
6	Navajita	1222.1 cde	1552.6 cd	1208.7 b	1327.8
5	Navajita	1663.1 bcde	1348.5 cd	954.2 b	1321.9
8	Navajita	1288.8 cde	1805.8 cd	836.4 b	1310.3
11	Rhodes M-1	957.2 e	1267.3 cd	1000.4 b	1075.0
10	Triguillo	1029.1 e	448.0 d	377.6 b	618.2
	Precip. mm	413.1	730.9	594.9	
	C.V. (%)	27.4	27.2	36.2	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos.

Producción de semilla. La producción de semilla el 2014, presento diferencias ($P < 0.01$) entre accesiones (Cuadro 2), donde los ecotipos T₄ Navajita Rio Grande M1, T₂ Banderilla Lote CEZAC, T₁ Banderilla Maturana, T₅ Navajita Rio Grande y T₇ Navajita Fresnillo M5, produjeron 339.8, 331.8, 292.4, 251.5 y 230.0 kg ha⁻¹, respectivamente. El T₁₃ de Banderilla var. Haskell, rindió solo 59.5 kg ha⁻¹. La semilla del pasto T₉ Alcalino no fue cosechada debido a que se descuidó el momento oportuno de cosecha y cayó al suelo. Durante el 2015, el rendimiento de semilla mostró diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 2), siendo el T₉ de Z. alcalino el

que acusó la mayor producción, seguido del T₃ Banderilla cv. Chih-75 y T₁ Banderilla Maturana, Chih., con 289.5, 218.7 y 144.4 kg ha⁻¹, respectivamente. El T₁₃ de Banderilla var. Haskell, rindió solo 80.7 kg ha⁻¹. Todos los tratamientos de pasto Navajita, no alcanzaron a llenar el grano, lo cual se debió a la falta de humedad en el suelo en el momento más crítico que fue en la época de floración o antesis. Esta observación es de suma importancia cuando se decide cosechar semilla en lotes bajo condiciones naturales como potreros o a orillas de carretera, para no caer en el error de cosechar “semilla vana”. El 2016, el rendimiento de semilla mostró diferencias (P<0.01) entre tratamientos (Cuadro 2), siendo el T₃ de Banderilla cv. Chih-75, el que obtuvo la mayor producción, seguido del T₇ Navajita y T₂ Banderilla, con 300.0, 185.1 y 167.5 kg ha⁻¹, respectivamente. El T₁₃ de Banderilla var. Haskell, rindió solo 71.9 kg ha⁻¹. Durante la etapa de floración de los pastos, se presentaron dos plagas de importancia económica las cuales fueron: Diabrotica (*Diabrotica* spp.) y Chapulín (*Melanoplus* spp.), las cuales afectaron principalmente a los ecotipos de pasto Navajita azul, ocasionado daños medios (de tres repeticiones, una parcela dañada sin cosechar semilla) en los ecotipos T₅, T₆, y T₈. Sin o con ligeros daños (de tres repeticiones, las tres donde sí se logró cosechar semilla) en los ecotipos T₄, y T₇, los cuales mostraron cierto grado de tolerancia a este tipo de insectos. Ninguna otra especie de pasto mostró daño durante este año. Respecto al asunto de la presencia de plagas, estudios a futuro deberán de ser más precisos identificando materiales resistentes o tolerantes a distintas plagas y enfermedades, como lo hace CIAT (2007) en sus variedades de pasto *Brachiaria*, resistentes a mosca pinta.

En promedio de los tres años, las accesiones con mayor rendimiento fueron: T₄ de Navajita, T₃ de Banderilla cv. Chih-75 y T₇ Navajita, con 246.2, 245.6 y 207.6 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 2. Producción de semilla de gramíneas nativas e introducidas incrementadas por semilla. CEZAC-INIFAP, Calera de V.R., Zac. 2014 - 2016.

Trat.	N. común	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Promedio
		2014	2015	2016	
4	Navajita	339.8 a	0.0 d	152.6 abc	246.2
3	B. cv. Chih-75	218.1 abcd	218.7 ab	300.0 a	245.6
7	Navajita	230.0 abcd	0.0 d	185.1 ab	207.6
2	Banderilla	331.8 a	119.3 bcd	167.5 abc	206.2
5	Navajita	251.5 abc	0.0 d	157.2 abc	204.4
1	Banderilla	292.4 ab	144.4 bc	150.4 abc	195.7
6	Navajita	170.2 bcde	0.0 d	133.5 bc	151.9
8	Navajita	131.9 cdef	0.0 d	96.0 bc	114.0
9	Z. alcalino	0.0 * g	289.5 a	40.3 bc	109.9

10	Triguillo	105.7 defg	25.1 cd	111.4 bc	80.7
13	B. Var. Haskell	59.5 efg	80.7 cd	71.9 bc	70.7
12	Rhodes	37.5 fg	11.1 d	24.5 c	24.4
11	Rhodes	24.2 fg	6.4 d	19.7 c	16.8
	Precip. mm	413.1	730.9	594.9	
	C.V. %	33.1	60.9	38.6	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos. *Semilla se cayó al suelo.

Materia seca y relación hoja: no hoja. Los resultados del muestreo de cantidad de materia seca de tallos, hojas e inflorescencias, a 89 días después de comenzar su rebrote activo, indican diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos, encontrando que el mayor peso de tallos fue para los pastos Banderillas: T₃ cv. Chih-75; T₁ Banderilla Maturana y T₂ Lote CEZAC, con 58.3, 56.7 y 51.6%, respectivamente. Los pastos con mayor índice hoja: no hoja (tallos + inflorescencias) fueron los T₁₂ Rhodes; T₁₃ B. Var. Haskell, T₈ Navajita y T₉ Alcalino con 3.36:1; 1.86:1, 1.40:1 y 1.31:1, respectivamente. En relación a las inflorescencias, los pastos con mayor proporción fueron: T₁₀ Triguillo Jerez M4; T₂ Banderilla Lote CEZAC y T₃ cv. Chih-75, %, con 31.6, 18.3 y 15.0%, respectivamente (Cuadro 3). Si se compara la relación hojas: no hojas del Banderilla var. Haskell (1.86:1) contra Banderilla cv. Chih-75 (0.36:1) existe una gran diferencia en cuanto a la oferta nutricional entre variedades de una misma especie, siendo muy superior la variedad de importación. Un ecotipo que debe ser considerado en futuras evaluaciones es el T₈ Navajita originario de Fresnillo, Zac. el cual obtuvo un alto índice de relación hoja: no hoja. A pesar de que T₁₀ de pasto Triguillo, obtuvo un 30.0% de tallos, un 31.6% de hojas y un 31.6% de estructuras reproductivas, los propios ganaderos opinan que es un pasto muy apetecido por el ganado bovino, pues es de tallos y hojas “muy suaves”, su alta cantidad de inflorescencias indica que gran cantidad de semilla es consumida por el ganado y distintas especies de fauna, permitiendo con esto la distribución y repoblación de esta especie.

Cuadro 3. materia seca (%) y relación hoja: no hoja de gramíneas nativas e introducidas incrementadas por semilla. CEZAC-INIFAP, Calera de V.R., Zac. 2015.

No. Trat.	Nombre común	Tallos	Hojas	Inflorescencias	Relación hojas: no hoja ^{&}
12	Rhodes	16.6 d	78.3 a	5.0 c	3.63:1
13	B. Var. Haskell	28.3 cd	65.0 ab	6.6 c	1.86:1
8	Navajita	33.3 a...d	58.3 abc	8.3 bc	1.40:1
9	Z. alcalino	35.0 a...d	56.6 abc	8.3 bc	1.31:1

11	Rhodes	35.0 a...d	53.3 a...d	11.6 bc	1.14:1
4	Navajita	36.6 a...d	51.6 a...d	11.6 bc	1.07:1
5	Navajita	38.3 a...d	50.0 a...d	11.6 bc	1.00:1
7	Navajita	41.6 a...d	46.6 bcd	11.6 bc	0.88:1
6	Navajita	46.6 abc	41.6 bcd	11.6 bc	0.71:1
10	Triguillo	30.0 bcd	31.6 cd	31.6 a	0.51:1
1	Banderilla	56.7 ab	30.0 cd	13.3 bc	0.43:1
2	Banderilla	51.6 abc	30.0 cd	18.3 b	0.43:1
3	B. cv. Chih-75	58.3 a	26.6 d	15.0 bc	0.36:1
C.V. (%)		22.8	20.7	28.8	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos. ^aNo hoja (Tallos + inflorescencias).

CONCLUSIONES

En general, se encontraron accesiones sobresalientes de los pastos Alcalino, Banderilla y Navajita para ser consideradas y evaluadas bajo un esquema agronómico y productivo dentro de la siguiente fase de la "Colecta núcleo" y comparadas con uno o varios testigos locales en estudios multilocacionales en el Altiplano de Zacatecas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado con fondos fiscales SAGARPA-INIFAP, mediante el proyecto titulado "Preservación, Caracterización y Evaluación de Recursos Genéticos Forrajeros en Tres Regiones Agroecológicas de México".

BIBLIOGRAFIA

- CIAT. 2007. Informe anual 2006-2007. Consulta en línea 2/08/2017. http://ciat-library.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/5316/61/informe_anual_2006_2007.pdf.70 p.
- Echavarría, C. F.G., G. Medina G., R. Rumayor F.A., P. A. Serna, G. H. Salinas y J. G. Bustamante. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. Libro Técnico No. 10. CEZAC-CIRNOC-INIFAP. Calera de V.R., Zac. 174 p.
- Quero - Carrillo, A. R.; J. F. Villanueva - Avalos; J. F. Enríquez - Quiroz; C. R. Morales - Nieto; E. D. Bolaños - Aguilar; J. Castillo - Huchim; J. J. Maldonado - Méndez; F. Herrera - Cedano. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.
- Rubio, A. F. A. 1990. Caracterización inicial de 59 ecotipos de Banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr., en Calera, Zacatecas. Revista Manejo de Pastizales. SOMMAP A.C. Vol. 3; No. 2. Saltillo, Coah. 3-9 p.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.



UJED



FAZ



Responsable:

Ph. D. Juan José Martínez Ríos

(juamarti@ujed.mx)

DIRECTOR

Informes

Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32

Venecia, Durango. Méx.

Teléfonos: 01 (871) 711 88 75 y 711 88 76;

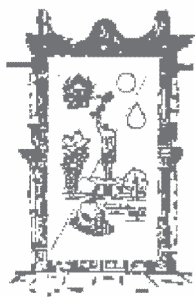
Correo electrónico: semana.faz@hotmail.com

<http://faz.ujed.mx/eventos/sia29>





UJED



FAZ



Responsable:

Ph. D. Juan José Martínez Ríos

(juamarti@ujed.mx)

DIRECTOR

Informes

Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32

Venecia, Durango. Méx.

Teléfonos: 01 (871) 711 88 75 y 711 88 76;

Correo electrónico: semana.faz@hotmail.com

<http://faz.ujed.mx/eventos/sia29>

