



# UJED

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



FACULTAD DE  
AGRICULTURA  
Y ZOOTECNIA

# XXXI

## SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMIA

**2 AL 6 DE SEPTIEMBRE DE 2019**

### MEMORIA

ISSN: 2594-1437

### EDITORES

DR. IGNACIO ORONA CASTILLO  
DR. MIGUEL ANGEL GALLEGOS ROBLES  
DR. ANTONINO AMADOR MACHADO  
M.C. JUDITH PUENTES GUTIERREZ  
DR. MANUEL FORTIS HERNÁNDEZ  
M.C. FRANCISCO JAVIER RUIZ ORTEGA



**CENTRO DE CONVENCIONES POSADA DEL RÍO**  
AV. HIDALGO No. 1280. COL. CENTRO, GÓMEZ PALACIO, DURANGO, MEX.

VENECIA, DURANGO, MÉXICO  
<http://faz.ujed.mx>

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA



# UJED

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



FACULTAD DE  
AGRICULTURA  
Y ZOOTECNIA

## MEMORIA



# SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMIA

2 AL 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2019

ISSN: 2594-1437

Artículos presentados durante el evento científico de la XXXI Semana Internacional de Agronomía llevada a cabo en el Centro de Convenciones Posada del Río de la ciudad de Gómez Palacio, Dgo. México 4, 5 y 6 de septiembre del 2019

Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)  
Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ)  
Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo km 32  
Venecia, Durango, México.  
Tel. 871 7118876 y 7118875  
Correo electrónico: [siaxxi.2019@gmail.com](mailto:siaxxi.2019@gmail.com)  
Página web: <http://www.faz.ujed.mx>  
<http://faz.ujed.mx/siafaz/>

Diseño de Portada:  
M.C. Francisco Javier Ruiz Ortega  
[ruiz6812@hotmail.com](mailto:ruiz6812@hotmail.com)

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA



**CENTRO DE CONVENCIONES POSADA DEL RÍO**  
AV. HIDALGO No. 1280. COL. CENTRO, GÓMEZ PALACIO, DURANGO, MEX.

**VENECIA, DURANGO, MÉXICO**  
<http://faz.ujed.mx>



# UJED

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



FACULTAD DE  
AGRICULTURA  
Y ZOOTECNIA

## MEMORIA



# SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMIA

## 2 AL 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2019

### COMITÉ CIENTÍFICO:

Dr. Ignacio Orona Castillo  
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez  
Dr. Edmundo Castellano Pérez  
Dr. Manuel Fortis Hernández  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
M.C. Judith Puentes Gutiérrez  
M.C. Francisco Javier Ruiz Ortega  
M.C. Mayarín de Jesús Vázquez Navarro  
Dra. Elizabeth Zúñiga Valenzuela  
Dr. Uriel González Salas  
M.C. Héctor D. García Sánchez

ISSN: 2594-1437

SIA 2019, Memorias de la Semana Internacional de Agronomía, enero diciembre del 2019, es una publicación periódica electrónica, anual, publicada y editada por la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), con domicilio en Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo km 32, Venecia, Durango, México. Web <http://www.faz.ujed.mx>. <http://faz.ujed.mx/siafaz/> Editores Responsables Ignacio Orona Castillo, Miguel Ángel Gallegos Robles, Antonino Amador Machado, Judith Puentes Gutiérrez, Manuel Fortis Hernández y Francisco Javier Ruiz Ortega. ISSN: 2594-1437. La Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ – UJED) no avala la validez de los experimentos y resultados que se obtuvieron, es responsabilidad de los autores que aparecen en cada artículo. Por lo que el contenido de los artículos publicados es responsabilidad de cada autor y no representa la postura del Cuerpo Editorial de la publicación. Se autoriza cualquier reproducción parcial o total de los contenidos o imágenes de la publicación, incluyendo el almacenamiento electrónico, siempre y cuando sea sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin la alteración del contenido y dando los créditos autorales.

Apoyo Técnico: M.C. Francisco Javier Ruiz Ortega.



**CENTRO DE CONVENCIONES POSADA DEL RÍO**  
Av. HIDALGO No. 1280. COL. CENTRO, GÓMEZ PALACIO, DURANGO, MEX.

VENECIA, DURANGO, MEXICO  
<http://www.faz.ujed.mx>

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

## PRESENTACIÓN

La XXXI Semana Internacional de Agronomía que organiza la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, a través del Comité Científico pone esta memoria a consideración de la comunidad estudiantil, académica, científica y público en general. Los trabajos aquí expuestos constituyen en su conjunto una serie de aportaciones al mejoramiento de la producción agrícola, la ganadería y la agricultura orgánica. Los artículos están realizados por investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en el mejoramiento de la calidad de vida de la población que vive de las actividades agropecuarias en el país y con el propósito de difundir dicho conocimiento.

El contenido de esta memoria da muestra en primera instancia de los avances científicos en este terreno, y por otra parte incluye los puntos de vista de los especialistas nacionales e internacionales que amablemente compartieron sus experiencias y conocimientos a través de las conferencias magistrales que impartieron.

Así la XXXI Semana Internacional de Agronomía seguirá siendo un espacio de intercambio académico en el que alumnos e investigadores y la comunidad universitaria en general se vean beneficiados. Con esto la FAZ pretende seguirse posicionándose como institución socialmente responsable, líder en el ámbito educativo, social, cultural, científico, ambiental y tecnológico, y que responda a las exigencias de la región y del país, pero sobre todo que coadyuve sustancialmente en el desarrollo integral del campo mexicano.

ATENTAMENTE



DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ

Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

---

---

**INDICE**  
**CONFERENCIAS MAGISTRALES**

	<b>PÁG.</b>
<b>APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGIA EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA</b> Pérez Velasco Eneida; Betancourt Galindo Rebeca; Puente Urbina Bertha; Valdez Aguilar Luis.	<b>1</b>
<b>PRODUCTOS BIOLÓGICOS SISTÉMICOS; LA NUEVA FRONTERA BIOTECNOLÓGICA PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO Y LA SANIDAD DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS</b> Dr. Gerardo Amando Aguado-Santacruz.	<b>7</b>
<b>USO EFICIENTE DEL AGUA Y LA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO</b> Gerardo Delgado Ramírez; Juan Estrada Ávalos; Miguel Rivera González; Carlos Miguel Ramos Cruz y Enrique Miguel Valle.	<b>12</b>
<b>SUPLEMENTACIÓN DE NOPAL PROTEICAMENTE ENRIQUECIDO Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA EN CABRAS: LUTEOGÉNESIS, PROGESTERONA SÉRICA Y TASA DE IMPLANTACIÓN EMBRIONARIA</b> C.A. Meza-Herrera; C.E. Santamaría-Estrada; A. Flores-Hernández; O. Cano-Villegas; N.M. López-Flores; F.G. Veliz-Deras; G. Arellano-Rodríguez; O. Ángel-García; G. Calderón-Leyva; L.R. Gaytán-Alemán; J.M. Guillén-Muñoz.	<b>20</b>
<b>GENÓMICA APLICADA A GANADO BOVINO LECHERO</b> Miguel Ángel Gallegos Robles; Uriel González Salas Nery Cecilia García de la Paz, José Luis García Hernández, Tomás Juan Álvaro Cervantes Vázquez.	<b>37</b>
<b>MANEJO EMPRESARIAL DE LOS ESTABLOS LECHEROS</b> Dr. Abelardo Martínez, M.V.Z., PH.D.	<b>45</b>
<b>PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SUSTENTABLE Y ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL USO DEL NOPAL, SARGAZO Y RESIDUOS ORGÁNICOS</b> MC Miguel Ángel Perales de la Cruz, Ing. Cesar Fernando Perales Vega, Ing. Job Alberto Ríos Soto, I.E. Miranda Michelle Olmedo e I.T.A. Mario Alberto Sánchez Almaguer.	<b>49</b>

---

**INDICE**  
**SECCION CARTELES**  
**PRODUCCION AGRICOLA**

	<b>PÁG.</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD DE HÍBRIDOS DE SORGO AL PULGÓN AMARILLO <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner)</b> Ulises Aranda Lara y Luis Ángel Rodríguez-del-Bosque.	<b>57</b>
<b>ANTAGONISMO DE <i>Macrophomina phaseolina</i> POR MICROORGANISMOS</b> Luis Fernando Armijo-Martínez, Raúl Rodríguez-Guerra, María Genoveva Álvarez-Ojeda, Raúl Asael Rodríguez-Villarreal, Carlos Jesús Ruiz-Amaro.	<b>62</b>
<b>EVALUACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>) PINTO CENTAURO EN CONDICIONES DE RIEGO FRENTE A EL TRADICIONAL PINTO SALTILLO.</b> Avila-Cisneros; R., Rocha-Valdez; J.L., González-Torres; A., González-Avalos; R., y Ogaz, A.	<b>68</b>
<b>CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS Y ÉPOCA DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE NITROGENADO</b> Miguel A. Avila Perches, A. Josué Gámez Vázquez, Ramón Huerta Zurita, F. Paúl Gámez Vázquez y J. José García Rodríguez.	<b>76</b>
<b>RESPUESTA MORFOMETRICA DE SEMILLAS DE FRIJOL A DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE SELENIO (Se)</b> Ma. Elizabeth Azpilcueta Pérez, Aurelio Pedroza Sandoval, María del Rosario Jacobo Salcedo, Ma. Magdalena Villa Castorena, Ricardo Trejo Calzada e Ignacio Sánchez Cohen.	<b>82</b>
<b>EFECTOS TEMPRANOS EN FLORACIÓN Y VAINAS POR LA BIOFORTIFICACIÓN DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>) MEDIANTE LA ADICIÓN FOLIAR DE SELENIO</b> Ma. Elizabeth Azpilcueta Pérez, María del Rosario Jacobo-Salcedo, Aurelio Pedroza Sandoval, Ignacio Sánchez Cohen y Ricardo Trejo Calzada.	<b>86</b>
<b>CRECIMIENTO DE <i>Agave durangensis</i> GENTRY EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES EN VIVERO</b> Gerardo Barvosa-Muñoz, Sergio Rosales Mata, José Leonardo García Rodríguez, María Gabriela Ramírez Valadez	<b>91</b>
<b>COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FLAVONOIDES Y FENÓLICOS TOTALES EN SANDÍA DE DESECHO DE LA COMARCA LAGUNERA</b> Borroel-García V. J., Ramírez-Aragón M. G., Moncayo-Luján M. R., Ortiz- Escobar T. B.	<b>97</b>
<b>INFLUENCIA DEL RIEGO Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LA TUNA EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</b> Cruz-Bravo, Raquel K; Zegbe-Domínguez Jorge; Gutiérrez Dorado, Gabriela.	<b>104</b>
<b>LA ADICIÓN DE HARINA DE COTILEDON DE FRIJOL EN LA ELABORACIÓN DE PASTA MEJORA LA INHIBICIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS</b> Mayra Denise Herrera, Raquel Karina Cruz Bravo.	<b>109</b>
<b>LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN FRUTOS DE CHILE ES MODIFICADA POR EL TIPO DE SECADO Y LA EXPOSICIÓN DE LA PLANTA A LA RADIACIÓN UV</b> Mayra Denise Herrera, Jaime Mena Covarrubias, Manuel Reveles Hernández.	<b>114</b>

	PÁG.
<b>PRIMER REGISTRO DE PRUEBAS DE PATOGENICIDAD DE <i>Zoophthora radicans</i> SOBRE <i>Diaphorina citri</i></b>	121
Santos Díaz-Martínez, Raúl Rodríguez-Guerra, J. Isabel López-Arroyo.	
<b>EVALUACIÓN DE SUSTRATOS DE USO COMÚN EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CULTIVO DE CHILE ANCHO</b>	128
Domínguez-López René F, Galindo-Reyes Manuel A, Macías-Valdez Luis M, Núñez-Romo Pedro, Zarzosa-Vega Ricardo Z	
<b>ESTIMACIÓN DE ÁREA FOLIAR EN HIGUERA (<i>Ficus Carica</i>) MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO</b>	137
Domínguez-López René. F, Galindo-Reyes Manuel. A, Macías-Valdez Luis. M, Rodríguez-García Héctor. D, Zarzosa-Vega Ricardo. F.	
<b>ANÁLISIS DEL USO DE LOS PROGRAMAS DE APOYO A LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL SECTOR PRIMARIO DE LA LAGUNA DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO</b>	142
José de Jesús Espinoza Arellano, José Feliciano García Zamarripa, Víctor Manuel Molina Morejón, Liliana Angélica Guerrero Ramos e Ignacio Orona Castillo.	
<b>DOS SEPAS DE <i>BACILLUS</i> EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE GRAPE (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i>) EN CONDICIONES DE MALLA SOMBRA</b>	147
Alejandro Espinoza Barajas, Luis Gerardo Espinoza Barajas, Jorge Sáenz Mata, Erick Fabián Vázquez Padilla.	
<b>BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE GRAPE (<i>Solanum lycopersicum</i>, var. <i>Sweet heart</i>).</b>	153
Luis Gerardo Espinoza Barajas, Cirilo Vázquez Vázquez, Miguel Ángel Gallegos Robles, Manuel Fortis Hernandez, Jorge Sáenz Mata.	
<b>PROYECTO DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS EN LA COMARCA LAGUNERA</b>	159
Adriana Monserrat Fabela-Hernández, José de Jesús Espinoza-Arellano, Víctor Manuel Molina-Morejón y Liliana Angélica Guerrero-Ramos.	
<b>INCIDENCIA DE <i>Puccinia triticina</i> Y <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> EN VARIEDADES COMERCIALES DE TRIGO EN EL NORTE DE SINALOA EN EL CICLO O-II/2018-19</b>	164
Elizabeth García León, María Florencia Rodríguez García, Jaime Macías Cervantes, Genny Llaven Valencia y Javier Valenzuela Valenzuela.	
<b>PRONÓSTICO LOCAL DE HELADAS POR MEDIO DE LA MINERÍA DE DATOS</b>	169
Luis. A. González Jasso, Noé Chávez Sánchez, Miguel A. González González, Mario P. Narváez Mendoza.	
<b>FACTOR DE FRICCIÓN DE DARCY &amp; WESBACH PARA EL CALCULO DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN AGRÍCOLA</b>	174
González Quirino, J. G; Yescas Coronado, P; Fortis Hernández, M; Preciado Rangel, P; Salazar Sosa, E.	
<b>PRONÓSTICO LOCAL DE LLUVIA SUPERIOR A LOS 5MM POR MEDIO DE MINERÍA DE DATOS</b>	183
Luis. A. González Jasso, Miguel A. González González, Mario P. Narváez Mendoza, Guillermo Medina García.	
<b>DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Batrachochytrium dendrobatidis</i> DE ACUERDO CON SUS HOSPEDEROS EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA NAZAS-AGUANAVAL</b>	188
Hernández-Martínez L.A., Romero-Méndez U., González-Barrios J.L. y García-De la Peña M.C.	
<b>ECUACIÓN DE BIOMASA VERDE PARA LAS POBLACIONES NATURALES DE CANDELILLA DEL EJIDO EL AMPARO DE PARRAS DE LA FUENTE, COAHUILA</b>	196
Adrián-Hernández-Ramos, Antonio Cano-Pineda, Jonathan Hernández-Ramos, Xavier García-Cuevas, Celestino Flores-López.	

	PÁG.
<b>APLICACIÓN FOLIAR DE YODO EN MELÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE</b>	202
Andrade-Sifuentes, A; Fortis-Hernández, M; Preciado-Rangel, P.; Salazar-Sosa, Enrique, Orozco-Vidal, Jorge A.	
<b>REACCIÓN A <i>Meloidogyne incognita</i> DE UN GRUPO DE LINEAS RECOMBINANTES DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i>).</b>	209
Sergio Arellano Arciniega, Mercedes Borja Bravo, Ernesto Martínez Reyes.	
<b>MONITOREO DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN MAIZ Y SORGO BAJO DIFERENTES NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA</b>	215
Tanaita Nichte-Ha Argaez Hernández, Arturo Reyes González, José Alfredo Montemayor Trejo, Brenda del Rocío Nava Joachin, Reyna Imelda Argaez Hernández.	
<b>IMPACTO ECONÓMICO DE LA GENERACIÓN, TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DEL HÍBRIDO DE MAIZ H-520</b>	221
Mercedes Borja Bravo, Jaime Rangel Quintos, Alejandra Velez Izquierdo, Venancio Cuevas Reyes y Georgel Moctezuma López.	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES DE FRIJOL DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES Y SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.</b>	228
Mercedes Borja Bravo, Sergio Arellano Arciniega, Francisco Garibaldi Márquez y Esteban Salvador Osuna Ceja.	
<b>EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZA EN EL RENDIMIENTO DE FORRAJE DE MAÍZ (<i>Zea mays L.</i>) EN AGUASCALIENTES</b>	236
Dolores Briones-Reyes.	
<b>APTITUD DE TERRENO Y COMPORTAMIENTO DE BIOMASA Y DENSIDAD EN PLANTACIONES COMERCIALES DE CANDELILLA RESPECTO A POBLACIONES NATURALES EN COAHUILA</b>	241
Antonio Cano Pineda, Adrián Hernández Ramos, Celestino Flores López, Martín Martínez Salvador.	
<b>SISTEMA DE PRONÓSTICO DEL RIEGO DE CULTIVOS EN NUEVO LEÓN</b>	248
Catalán Valencia Ernesto Alonso, Villa Castorena Magdalena, Inzunza Ibarra Marco Antonio, Delgado Ramírez Gerardo.	
<b>DENDROPIROCRONOLOGÍA CIENCIA QUE PERMITE EXTENDER LA HISTORIA DEL FUEGO EN ECOSISTEMAS FORESTALES</b>	255
Cerano-Paredes Julián, Rivera-González Miguel, Esquivel-Arriaga Gerardo, Cervantes-Martínez Rosalinda, Guzmán-Arreola Edgar.	
<b>FLORACIÓN DE DOS NUEVAS VARIEDADES DE FRIJOL TIPO PINTO EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BAJO RIEGO</b>	261
José Ángel Cid Ríos, Manuel Reveles Hernández, Nadezdha Yakovleva Zitz Ramírez Cabral, Rodolfo Vázquez Valle Rodolfo y Gayosso B. O.	
<b>SELECCIÓN FENOTÍPICA CON CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS COMERCIAL EN CHILE MIRASOL PARA SECADO EN ZACATECAS</b>	266
José Ángel Cid Ríos, Nadezdha Yacoleva Zitz Ramírez Cabral, Manuel Reveles Hernández, y Rodolfo Vázquez Valle Rodolfo.	
<b>POTENCIAL DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub> EN PLANTAS DE CAFÉ EN LA REGIÓN CAFETALERA DE VERACRUZ</b>	271
Vicenta Constante-García, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Erika Nava-Reyna, Miguel Rivera González y José Luis González Barrios.	
<b>CUANTIFICACIÓN DE CARBONO EN CAFETALES DE VERACRUZ</b>	278
Vicenta Constante García, Erika Nava Reyna, José Luis González Barrios, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos y Miguel Rivera González.	



	PÁG.
<b>CONTROL DEL PICUDO DE LA GUAYABA CON EXTRACTOS VEGETALES</b> Karla Vanessa De Lira Ramos, Ernesto Cerna Chávez, Ernesto González Gaona, Juan Carlos Delgado Ortiz, Yisa María Ochoa Fuentes.	286
<b>CONTROL DE CALIDAD DE DATOS CLIMÁTICOS MEDIANTE PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: CASO CUENCA ALTA DEL RIO NAZAS, MEXICO</b> Esquivel-Arriaga Gerardo, Cerano-Paredes Julián, Rivera-González Miguel, Esquivel-Arriaga Oscar y Velásquez-Valle Miguel Agustín.	292
<b>EFFECTO DE ASPERSIONES FOLIARES CON NANOPARTICULAS DE OXIDO DE ZINC EN NOGAL PECANERO (<i>Carya illinoensis</i>)</b> Karla Lucero Estrada Arellano, Dr. Cirilo Vázquez Vázquez, Dr. Rebeca Betancourt Galindo.	298
<b>PRODUCCIÓN DE QUINOA (<i>Chenopodium quinua willd</i>) EN SUSTRATOS ORGÁNICOS FORMULADOS A PARTIR DE DIFERENTES PROPORCIONES DE VERMICOMPOST: ARENA</b> Montoya-Rojas, Luis; Fortis-Hernández, Manuel; Preciado-Rangel, Pablo; Zermeño-González, Héctor, Gallegos-Robles, Miguel Ángel.	302
<b>ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE TRES NUEVAS VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (<i>Fragaria ananassa</i>), CONTRA UNA COMERCIAL</b> Iván Franco-Gaytán, Crescenciano Saucedo-Veloz, Guillermo Calderón-Zavala, Daniel Teliz-Ortiz, Rosa M. Galicia-Cabrera	310
<b>REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (<i>ALTERNARIA SPP.</i>) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2016-2017</b> Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y María Monserrat Torres-Cruz.	317
<b>REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (<i>Tilletia Indica</i>) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRITICALE EN EL CICLO 2014-2015</b> Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y Pedro Félix-Valencia.	324
<b>REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (<i>TILLETIA INDICA</i>) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2017-2018</b> Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra, Rosas-Jáuregui, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y María Monserrat Torres-Cruz.	331
<b>COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL COMPOSTAJE DE DESPERDICIO DE ORÉGANO (<i>Lippia graveolens</i>)</b> José Leonardo García-Rodríguez, José Ángel Prieto Ruíz, Maricela Flores Deras, María Gabriela Ramírez-Valadez, Sergio Rosales-Mata.	338
<b>PRUEBA DE ANTAGONISMO DE <i>TRICHODERMA SPP.</i> CONTRA CEPAS DE <i>FUSARIUM SPP.</i> ASOCIADAS A MAÍZ EN AGUASCALIENTES</b> Ernesto González Gaona, Dolores Briones Reyes, Candelario Serrano Gómez, Karla Vanessa De Lira Ramos, Roberto Sánchez Lucio.	344
<b>MODELO GEOESPACIAL DE RENDIMIENTO DE FRIJOL DE TEMPORAL MEDIANTE INFORMACION DE PRECIPITACION E ÍNDICES DE VEGETACIÓN</b> Miguel Ángel González González, Luis Antonio González Jasso, Mario Primitivo Narváez Mendoza.	348
<b>USO DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN PARA IDENTIFICAR AREAS DE CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL</b> Miguel Angel González González, Mario Primitivo Narváez Mendoza, Luis Antonio González Jasso.	357
<b>PRONÓSTICO LOCAL DE HELADAS POR MEDIO DE LA MINERÍA DE DATOS</b> Luis. A. González Jasso, Noé Chávez Sánchez, Miguel A. González González, Mario P. Narváez Mendoza.	364

---

	PÁG.
<b>LA ADICIÓN DE HARINA DE COTILEDON DE FRIJOL EN LA ELABORACIÓN DE PASTA MEJORA LA INHIBICIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS</b>	369
Mayra Denise Herrera, Raquel Karina Cruz Bravo.	
<b>LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN FRUTOS DE CHILE ES MODIFICADA POR EL TIPO DE SECADO Y LA EXPOSICIÓN DE LA PLANTA A LA RADIACIÓN UV</b>	374
Mayra Denise Herrera, Jaime Mena Covarrubias, Manuel Reveles Hernández.	
<b>LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CÁSCARAS DE TUNA DEPENDE DEL SUMINISTRO DE AGUA Y EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO</b>	381
Mayra Denise Herrera, Jorge Artemio Zegbe Domínguez, Valentín Melero Meráz, Raquel Karina Cruz Bravo.	
<b>MICORRIZAS COMERCIALES ASOCIADAS CON ABONOS ORGÁNICOS Y SU RESPUESTA EN LA ETAPA VEGETATIVA-REPRODUCTIVA DE CHILE TIPO POBLANO (<i>Capsicum annuum</i> L.), EN INVERNADERO CICLO OTOÑO-INVIERNO</b>	387
Lucio Leos Escobedo, Juan de Dios Ruíz de la Rosa, Claudio Ibarra Rubio, Emilio Duarte Ayala, Urbano Ávila Peralta, Teresa Pérez Pérez.	
<b>ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A MICORRIZAS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO-REPRODUCTIVO DEL MELÓN (<i>Cucumis melo</i> L.) EN INVERNADERO CICLO O-I</b>	392
Lucio Leos Escobedo, Esteban Favela Chávez, Juan de Dios Ruíz de la Rosa, Luis Fernando Montano, Eddie Alicia Cortés Cruz, Teresa Pérez Pérez.	
<b>CONTENIDO Y DISTRIBUCIÓN DEL POTASIO EN PERFILES DE SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO.</b>	395
J.H. Ramírez Silva, Y. Aguilar Duarte, G. Ramírez Jaramillo y C. Oropeza Salín.	
<b>EFFECTO DE DIFERENTES ENRAIZADORES EN LA CALIDAD DE PLANTULA DE TOMATE</b>	404
María Gabriela Ramírez Valadez, Miguel Ángel Hernández Aguilar, Armando Ramírez Arias.	
<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE MEZCLAS DE SUSTRATOS</b>	410
María Gabriela Ramírez Valadez, Miguel Ángel Hernández Aguilar, Armando Ramírez Arias.	
<b>EFFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE MEZCLAS DE SUSTRATOS EN LA CALIDAD DE PLANTULA DE TOMATE</b>	415
María Gabriela Ramírez Valadez, Miguel Ángel Hernández Aguilar, Armando Ramírez Arias.	
<b>INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MEDIANTE EL USO DEL GPS DIFERENCIAL</b>	420
Carlos Miguel Ramos Cruz; Gerardo Delgado Ramírez; Juan Estrada Avalos; Emilia Raquel Pérez Evangelista; Enrique Miguel Valle.	
<b>VALIDACIÓN DE LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DEL RIEGO LOCALIZADO: CASO DE ESTUDIO REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN</b>	428
Carlos Miguel Ramos Cruz; Gerardo Delgado Ramírez; Ernesto Alonso Catalán Valencia; Emilia Raquel Pérez Evangelista; Juan Martínez Medina.	
<b>ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO EN HUERTAS DE LA REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN</b>	435
Carlos Miguel Ramos Cruz; Gerardo Delgado Ramírez; Enrique Miguel Valle; Juan Martínez Medina; Flor Elena Ortiz Chaires.	
<b>PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA EN ZARZAMORA (<i>Rubus spp</i> L.) y FRESA (<i>Fragaria vesca</i> L.) EN EL DR-061 ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO.</b>	442
Ríos Flores José Luis, Chávez Rivero José Antonio y Hernández Nava Angélica.	

---

	PÁG.
<b>DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN EL CULTIVO DE ESPARRAGO (<i>Asparagus officinalis</i> L.) DEL DR-066 COMONDÚ, VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR.</b>	449
Ríos Flores José Luis, Chávez Rivero José Antonio y Hernández Nava Angélica.	
<b>TENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL CALIBRE DE BULBO Y RENDIMIENTO DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIEGO EN CELAYA, GTO.</b>	456
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes.	
<b>NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIEGO EN CELAYA, GTO.</b>	462
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Mario Martín González Chavira.	
<b>PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO INOCULADO CON <i>BACILLUS</i> SP.</b>	469
Martha Georgina Rodríguez Hernández, Miguel Ángel Gallegos Robles, Lucio Rodríguez Sifuentes, Cirilo Vázquez Vázquez, Manuel Fortis Hernández.	
<b>CRECIMIENTO DE <i>Quercus sideroxylo</i> HUMB. EN DIFERENTES CONTENEDORES Y CONDICIONES DE PODA</b>	474
Jonathan Emanuel-Rosales Mata, José Ángel Prieto Ruíz, José Leonardo García Rodríguez, Sergio Rosales Mata, María Gabriela Ramírez Valadez.	
<b>REGISTROS DE PINOS EN CATEGORÍA DE RIESGO DE ACURDO A LA NOM-059-SEMARNAT-2010, EN HERBARIOS DEL NORTE DE MEXICO</b>	480
Sergio Rosales Mata, Ramiro Pérez Miranda, José Leonardo García Rodríguez, Jonathan Emanuel Rosales Mata, Alejandra Rosales Lerma.	
<b>EVALUACIÓN EX POST DE LA TECNOLOGÍA “SISTEMA DE SIEMBRA EN SURCOS DOBLE HILERA Y PILETEO” EN ZACATECAS, MÉXICO</b>	485
Blanca Isabel Sánchez Toledano, José de Jesús Espinoza Arellano, Agustín Rumayor Rodríguez.	
<b>ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS DE LOS AGRICULTORES DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO</b>	490
Blanca Isabel Sánchez, Zein Kallas, José María Gil.	
<b>POBLACIÓN INVERNAL DE INSECTOS EN LOTES CULTIVADOS CON ESPECIES DE INTERES INDUSTRIAL Y AGROPECUARIO EN DURANGO</b>	495
Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Julio César Ríos Saucedo, Maihualy Fernández Martínez y Pablo Alfredo Domínguez Martínez.	
<b>PREFERENCIA DE ESPECIES FLORALES DE CORTE Y SU IMPORTANCIA EN LA ADAPTACIÓN LOCAL DE ABEJAS</b>	501
Saúl Santana Espinoza, Alma Lizbeth Duarte Gutiérrez, Jaquelin Uribe García, Rigoberto Rosales Serna y Jorge Luis Becerra López.	
<b>COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA VARIEDAD DE TRIGO (<i>Triticum durum</i> L.) CIRNO C2008, CON MANEJO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL YAQUI</b>	506
Priscilla Abigail Sañudo Loustanou, Carlos Alberto Quiñones Ramos, Alma Angélica Ortiz Avalos y Juan Manuel Cortés Jiménez.	
<b>CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EXTENSIVO CAPRINO DEL SUR DE NUEVO LEÓN.</b>	511
Lorenzo Danilo Rivera-Granados, Isidro Humberto Almeyda-León, Jonathan Raúl Garay-Martínez, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Yuridia Bautista-Martínez.	

	PÁG.
<b>CALIDAD NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ CON NOPAL FERMENTADO CON <i>Saccharomyces Cereviseae</i></b>	517
Herrera T.E., González A.A., Murillo O.M., Pámanes C.G., Reveles S.F.O.	
<b>LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CÁSCARAS DE TUNA DEPENDE DEL SUMINISTRO DE AGUA Y EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO</b>	523
Mayra Denise Herrera, Jorge Artemio Zegbe Domínguez, Valentín Melero Meráz, Raquel Karina Cruz Bravo.	
<b>CONTROL DE <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE), POR MEDIO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN YUCATÁN, MÉXICO</b>	528
Juan Jasso Argumedo, Cristina Ivet Chan Jiménez.	
<b>COMPORTAMIENTO FORRAJERO DE PASTO CAYMAN Y BUFFEL H-17, COSECHADO CADA CUATRO SEMANAS</b>	532
Santiago Joaquín-Cancino, Jonathan Raúl Garay-Martínez, Lorenzo Danilo Rivera-Granados, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Yuridia Bautista-Martínez.	
<b>TAMAÑO DE GRANO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EN 20 HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ BLANCO</b>	538
Genny Llaven Valencia; Alberto Borbón Gracia; Elizabeth García Leon; Luis Alberto Peinado Fuentes; Aidé Hernández Hernández; Oralía Antuna Grijalva.	
<b>REMOCIÓN DE YEMAS VEGETATIVAS Y DESPUNTE APICAL DE RAMAS EN EL PERIODO DE VERANO EN EL CULTIVO INTENSIVO DE HIGUERA (<i>Ficus carica</i> L.)</b>	544
Hilario Macías Rodríguez, Ma. Magdalena Villa Castorena, Arcadio Muñoz Villalobos, Miguel Rivera González, María del Rosario Jacobo Salcedo.	
<b>AJO PIEDRA BLANCA, MATERIAL GENÉTICO INTRODUCIDO DE ESPAÑA A LA ZONA PRODUCTORA AGRÍCOLA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES</b>	550
Luis Martín Macías Valdez, Luis Humberto Maciel Pérez, René Félix Domínguez López, Manuel Antonio Galindo Reyes, Arturo Cruz Vázquez.	
<b>DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN POBLACIONES NATIVAS DE TOMATE MEXICANO</b>	556
Ramiro Maldonado-Peralta; Aidé Hernández-Hernández; Adalid Graciano-Obeso.	
<b>GÉNEROS DE MOSQUITAS BLANCAS EN EL ÁREA DE POANAS, DURANGO</b>	562
Maihualy Martínez-Fernández y Rodolfo Velásquez-Valle.	
<b>DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL DE CANDELILLA (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.) Y BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE COAHUILA</b>	568
Aldo Rafael Martínez-Sifuentes, Juan Estrada-Ávalos, José Villanueva-Díaz.	
<b>ADAPTACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA</b>	577
Gamaliel Orozco Hernández y Francisco Báez Iracheta.	
<b>EXTERNALIDADES DEL GERMOPLASMA MEXICANO DE PAPA GENERADO POR EL INIFAP</b>	585
Víctor M. Parga Torres, Juan M. Covarrubias Ramírez, Francisco Ramírez Cerecero y Víctor M. Zamora Villa.	
<b>APLICACIÓN DE LA DENDROCRONOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EDAD DE LOS ÁRBOLES Y SU USO EN LOS ESTUDIOS BIOMÉTRICOS</b>	589
Emilia Raquel Pérez Evangelista, Carlos Miguel Ramos Cruz, José Villanueva Díaz, Fátima Reyes Camarillo.	

---

	PAG.
<b>COMPARACIÓN DE SOFTWARE DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE CÓDIGO ABIERTO Y LIBRE</b>	595
Emilia Raquel Pérez Evangelista; Carlos Miguel Ramos Cruz; Enrique Miguel Valle; Fátima Reyes Camarillo.	
<b>RESPUESTA DE PLANTACIONES DE FRESNO (<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.) AL MANEJO Y CONDICIONES CLIMÁTICAS EN DOS BOSQUES URBANOS DE LA COMARCA LAGUNERA</b>	602
Emilia Raquel Pérez Evangelista, Carlos Miguel Ramos Cruz, José Villanueva Díaz, Fátima Reyes Camarillo.	
<b>PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE EN MEZCLAS DE TRÉBOL ALEJANDRINO Y AVENA CON Y SIN FERTILIZANTE NITROGENADO</b>	610
Héctor Mario Quiroga Garza y David Guadalupe Reta Sánchez.	
<b>ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO AGROFORESTAL DE RIEGO EN YUCATÁN</b>	618
Ramírez Jaramillo G, Lozano Contreras M. G, Ramírez Silva J. H.	
<b>MICORRIZAS COMERCIALES ASOCIADAS CON ABONOS ORGÁNICOS Y SU RESPUESTA EN LA ETAPA VEGETATIVA-REPRODUCTIVA DE CHILE TIPO POBLANO (<i>Capsicum annum</i> L.), EN INVERNADERO CICLO OTOÑO-INVIERNO</b>	624
Lucio Leos Escobedo, Juan de Dios Ruíz de la Rosa, Claudio Ibarra Rubio, Emilio Duarte Ayala, Urbano Ávila Peralta, Teresa Pérez Pérez.	
<b>RESPUESTA DE DOS HÍBRIDOS DE SANDÍA A LA FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL</b>	629
Luis Enrique Lira López, María Esther Ríos Vega, y Ma. de Jesús Urrutia Olivarez.	
<b>DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE <i>Pinus rzedowskii</i> MADRIGAL &amp; M. CABALL. EN MICHOACÁN MÉXICO</b>	634
López-López Fatima, Delgado-Valerio Patricia, González- Rodríguez Antonio, Vázquez-Lobo Yurén Alejandra, Piñero-Dalmaú Daniel.	
<b>EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS SELECTIVOS Y DE AMPLIO ESPECTRO PARA EL CONTROL DE MOSCA BLANCA EN EL CULTIVO DE ALGODÓN (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)</b>	642
Jorge Maltos-Buendía, Urbano Nava-Camberos, Verónica Ávila-Rodríguez, Enrique Hernández-Leal y José Luis García-Hernández.	
<b>INCIDENCIA DE MOSCA BLANCA EN ALGODONERO Y SU RELACIÓN CON EL CULTIVO DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA</b>	649
Jorge Maltos-Buendía, Urbano Nava-Camberos, Verónica Ávila-Rodríguez, Enrique Leal y Homero Sánchez-Galván.	
<b>EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE DOS HORTALIZAS DE HOJA BAJO TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA AUTO CONSUMO</b>	656
Maihualy Martínez Fernández, Sonia Berenice Pérez Castro, Saúl Santana Espinoza.	
<b>GÉNEROS DE MOSQUITAS BLANCAS EN EL ÁREA DE POANAS, DURANGO</b>	660
Maihualy Martínez-Fernández y Rodolfo Velásquez-Valle	
<b>METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EJE CARDÁN EN IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS SUSPENDIDOS</b>	666
Martínez Reyes Ernesto y Garibaldi Márquez Francisco.	
<b>FUERZA REQUERIDA PARA EL ARRANQUE DE PLANTAS DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL DURANTE LA COSECHA</b>	674
Martínez Reyes Ernesto, Arellano Arciniega Sergio y Rojas Santillán Carlos.	
<b>EVALUACIÓN HIDRAULICA DE SISTEMAS DE RIEGO A PRESION: HERRAMIENTA PARA AMORTIGUAR EL CAMBIO CLIMATICO</b>	678
Juan G. Martínez Rodríguez, Juan Manuel Covarrubias Ramírez, Víctor M. Parga Torres y Antonio Anaya Salgado.	

---

	PAG.
<b>EFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL RANGO TÉRMICO DE NOPAL TUNERO (<i>Opuntia spp.</i>) EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO</b> Guillermo Medina-García, Jorge A. Zegbe Domínguez, José Israel Casas Flores.	686
<b>CALIDAD NUTRACEUTICA DEL NOPAL VERDURA, DESARROLLADO BAJO CONDICIONES DE MICRO TÚNEL, APLICANDO HUMUS DE LOMBRIZ</b> Alejandro Moreno Reséndez, Dalia Meza Córtes, Eliseo Raygoza Sánchez†, José Luis Reyes Carrillo, Jesús Vásquez Arroyo, Victoria Jared Borroel García y Mercedes Georgina Ramírez Aragón.	692
<b>EVALUACIÓN TERRITORIAL PARA EL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE GÓMEZ PALACIO, DURANGO</b> Moreno-Sepúlveda Yenifer, Gutiérrez-Guzmán Ulises Noel, Esquivel-Romo Amaury, González-Mancilla Apolinar, Orona-Castillo Ignacio.	698
<b>MONITOREO DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN EN MAIZ Y SORGO BAJO DIFERENTES NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN</b> Brenda del Rocío Nava Joachin, Arturo Reyes González, Pablo Yescas Coronado, Tanaita Nicté-Ha Arguez Hernández.	706
<b>EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIAL DE SAN ANTONIO DE LOS JACALES (PEÑÓN BLANCO, DURANGO), PARA USO AGRÍCOLA</b> Puente-Valenzuela C. O., González-Barrios J.L., Czaja A., Estrada-Rodríguez J.L.	713
<b>CUBIERTA FLOTANTE Y NIVELES DE HUMEDAD RELACIONADOS CON CRECIMIENTO Y FRUCTIFICACIÓN DE CHILE PARA SECADO EN ZACATECAS</b> Reveles-Hernández, M.; Cid-Ríos, J. Á.; Ramírez-Cabral, N. Y. Z.	719
<b>VELOCIDAD INICIAL DE DEGRADACIÓN DE SEMILLAS DE CALABACILLA LOCA, GIRASOL Y FRIJOL MEDIANTE ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL EN BOVINOS</b> Reveles Saucedo Fanny Olivia, Carrete Carreón Francisco Oscar, Gallegos de la Hoya Mayela Patricia, Herrera Torres Esperanza, Pereda Solís Martín Emilio.	724
<b>PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA EN ZARZAMORA (<i>Rubus spp L.</i>) y FRESA (<i>Fragaria vesca L.</i>) EN EL DR-061 ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO</b> Ríos Flores José Luis, Chávez Rivero José Antonio y Hernández Nava Angélica.	730
<b>DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN EL CULTIVO DE ESPARRAGO (<i>Asparagus officinalis L.</i>) DEL DR-066 COMONDÚ, VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR</b> Ríos Flores José Luis, Chávez Rivero José Antonio y Hernández Nava Angélica.	736
<b>EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE SANDIA (<i>Citrullus lanatus</i>)</b> María Esther Ríos Vega, Ma. de Jesús Urrutia Olivarez y Araceli González Corral.	743
<b>TRANSFERENCIA Y ADOPCION DE TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE SORGO FORRAJERO CON TRES RIEGOS DE AUXILIO PARA LA REGION LAGUNERA</b> Miguel Rivera González, Erika Nava Reyna, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Vicenta Constante García, Gerardo Delgado Ramírez.	751
<b>NANOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: UTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC</b> R.G. Rivera-Gutierrez, M. Fortis- Hernandez, R. Betancourt-Galindo, P. Preciado-Rangel, E. Salazar-Sosa, J.G. Gonzalez-Quirino.	759
<b>TECNOLOGÍA USADA COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA AGRICULTURA</b> Carlos Rojas Santillán, Ernesto Martínez Reyes.	767

	PAG.
<b>GERMINACIÓN DE CONIDIOS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN FERTILIZANTES</b> Carlos Jesús Ruiz-Amaro, Raúl Rodríguez-Guerra, J. Isabel López-Arroyo, Isidro Humberto Almeyda-León.	772
<b>EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MELÓN (<i>Cucumis melo</i> L.) EN ÉPOCA ÓPTIMA Y BAJO CONDICIONES DE CAMPO REGIÓN LAGUNERA 2016.</b> Juan de Dios Ruiz de la Rosa, Lucio Leos Escobedo, Pedro Cano Ríos, Fernanda Vianey Jiménez Beristaín.	776
<b>EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MELÓN (<i>Cucumis melo</i> L.) EN ÉPOCA TEMPRANA Y BAJO CONDICIONES DE CAMPO REGIÓN LAGUNERA 2016.</b> Juan de Dios Ruiz de la Rosa, Lucio Leos Escobedo, Pedro Cano Ríos, Daniela Rodríguez Castro.	780
<b>COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE ILAMA (<i>Annona diversifolia</i> Saff.) EN MADUREZ DE CONSUMO</b> Donaji Sierra-Zurita, Alfredo López-Jiménez, Crescenciano Saucedo-Veloz, Holber Zuleta-Prada.	783
<b>FOTOSÍNTESIS DEL SORGO FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA</b> M. Inés Soriano Fernández, Edmundo Castellanos Pérez, Ana I. Maraña Santacruz, J. Ernesto Frías Ramírez, Marco A. Inzunza Ibarra.	791
<b>AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y EL INTERNET DE LAS COSAS IoT</b> Soto-Álvarez, Claudia Elena; Ruiz-Ortega, Francisco Javier; Rodríguez-Torres, María Estela; Esquivel-Murillo, Karina; Duarte-Ramírez, Rosario.	795
<b>INTERACCIÓN GENOTIPO – AMBIENTE DE DOS VARIEDADES DE CEBADA PARA TEMPORAL EN VALLES ALTOS DE MÉXICO</b> Mauro R. Zamora Díaz, Miguel A. Ávila Perches, A. Josué Gámez Vázquez, Ramón Huerta Zurita.	804
<b>EVALUACIÓN DE VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) EN MATAMOROS, COAHUILA</b> Enrique Hernández-Leal, Jorge Maltos-Buendía, Olga Bonilla-Barrientos, Edgardo Bautista-Ramírez, Carlos Miguel Ramos Cruz.	812
<b>EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE FIBRA EN CINCO VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) EN LA COMARCA LAGUNERA</b> Enrique Hernández-Leal, Jorge Maltos-Buendía, Olga Bonilla-Barrientos, Edgardo Bautista-Ramírez y Homero Sánchez Galván.	816
<b>VALIDACIÓN DE LA ECUACIÓN DE AJUSTE PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS CON LIMITACIÓN DE DATOS</b> Vázquez Reyes Oscar Javier, José Ernesto Frías Ramírez, Montemayor Trejo José Alfredo, Sánchez Hernández José Eligio.	821
<b>OBSERVACIONES SOBRE LA BIOLOGÍA DE <i>Scymnus</i> sp. (COLEÓPTERA: COCCINELLIDAE) DEPREDADOR DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN LA COMARCA LAGUNERA</b> José Manuel Vázquez-Navarro, Víctor Manuel Almaraz-Valle y Bertha Alicia Cisneros-Flores.	827
<b>ORGANISMOS ASOCIADOS CON LA PUDRICIÓN DE LA RAÍZ DEL TOMATILLO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS, MÉXICO</b> Rodolfo Velásquez-Valle y Maihualy Martínez-Fernández.	832
<b>PLANTAS DE ALGODONERO BAJO ESTRÉS HÍDRICO TRATADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS</b> Ma. Magdalena Villa-Castorena, Ernesto Alonso Catalán-Valencia, Marco Antonio Inzunza-Ibarra, Hilario Macías Rodríguez, María del Rosario Jacobo-Salcedo.	837

## PRODUCCION ANIMAL

	PÁG
<b>RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA RECTAL Y VAGINAL EN CABRAS ADULTAS</b> Alvarado-Espino AS, Alvarado-Espino AV, Arellano-Rodríguez F, Véliz-Deras FG, Gaytan-Aleman LR.	842
<b>DESARROLLO DE BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON LECHE ENTERA BAJO DIFERENTE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b> Ramiro González Avalos, Ariot Tenango Neri, Blanca Patricia Peña Revuelta, Rafael Ávila Cisneros, José González Avalos	846
<b>TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD EN BECERRAS SUPLEMENTADAS CON EXTRACTO DE PLANTAS MEDICINALES</b> Ramiro González Avalos, Ariadna Janette Martínez Gómez, Blanca Patricia Peña Revuelta, Norma Rodríguez Dimas, José González Avalos.	852
<b>PERDIDAS ECONÓMICAS OCASIONADAS POR ABORTO EN VACAS HOLSTEIN</b> Ramiro González Avalos, Javier Eduardo Rodríguez Beltrán, Blanca Patricia Peña Revuelta, Juan Leonardo Rocha Valdéz, José González Avalos.	858
<b>EFFECTO DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGENICAS EN EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE <i>Kinosternon durangoense</i> (Iverson, 1979).</b> M.C. Adriana Jaime Rosales, Dr. Ulises Romero Méndez, Dr. Jorge Luis Becerra López, Dr. John Iverson.	864
<b>CALIDAD NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ CON NOPAL FERMENTADO CON <i>Saccharomyces Cereviseae</i></b> Herrera T.E., González A.A., Murillo O.M., Pámanes C.G., Reveles S.F.O.	870
<b>COMPLEMENTACIÓN PRE Y POST PARTO PARA INCREMENTAR PESO Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS LOCALES, COMO ENSAYO PREVIO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CABRITOS.</b> Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Lorenzo Danilo Granados-Rivera, Pablo Alfredo Domínguez-Martínez, Jonathan Raúl Garay-Martínez, Enrique Hernandez-Leal.	876
<b>TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD EN BECERRAS SUPLEMENTADAS CON <i>Bacillus subtilis</i> PB6</b> Blanca Patricia Peña Revuelta, Janeth Hernández, Ramiro González Avalos, Juan Leonardo Rocha Valdéz, José González Avalos.	881
<b>EFFECTO DEL CLOPROSTENOL SOBRE EL TAMAÑO DE CUERPOS LUTEOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE PROGESTERONA EN CABRAS ALPINAS CICLICAS</b> Raymundo Rivas-Muñoz, Jesús Antonio Beltrán Legaspi, Evaristo Carrillo Castellanos, Julio Cesar Castruita Mejía, Francisco Gerardo Véliz Deras.	887
<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LECHE CAPRINA SIN PASTEURIZACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA Y ZARAGOZA, COAHUILA</b> María Genoveva Álvarez Ojeda, Granados Rivera L. Danilo, Pedro Hernández Rojas, Isidro Humberto Almeyda León, Ana Belén Hernández Hernández.	895
<b>EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA PREPARTO SOBRE LA CALIDAD DEL CALOSTRO DE CABRAS MULTIRRACIALES EN SISTEMA SEMI-EXTENSIVO EN EL NORTE DE MÉXICO</b> Machado-Ramos MG, Guillén-Muñoz JM, Véliz-Monroy LI, Véliz-Deras, FG, De Santiago-Miramontes MA.	900
<b>DETERMINACIÓN DE INHIBIDORES BACTERIANOS EN LECHE Y QUESO ELABORADOS EN EL MUNICIPIO DE DURANGO</b> Esteban Méndez Maricela, Calzada Contreras Petra L., Camacho Luis Abelardo.	903
<b>ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AISLADAS DE QUESO</b> Esteban Méndez Maricela, González Valdez Laura S, Camacho Luis Abelardo.	907



	<b>PAG.</b>
<b>DETECCIÓN DE AEC, <i>Brucella abortus</i> Y <i>Clamydophila abortus</i> EN HATOS CAPRINOS DE MENDÉZ TAMAULIPAS</b>	<b>912</b>
Ana Belén Hernández Hernández, María Genoveva Álvarez Ojeda, Isidro Humberto Almeyda de León, Hipolito Castillo Tovar, Eleazar López Pecina.	
<b>IMPACTO DEL USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA PRODUCCION DE LECHE EN LA REGION LAGUNERA.</b>	<b>916</b>
Ruiz-Ortega, Francisco Javier; Palomares-Adame, Alma Verónica; Rodríguez-Martínez Dora Ofelia; Hernández-Antúnez, Aleida; Martínez-Guereca, José Luis.	
<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DE INCUBACION DE HUEVO DE POLLO CON ARDUINO (SAIHP)</b>	<b>924</b>
Rodríguez-Torres, María Estela; Hernández-Antúnez, Aleida; Soto-Álvarez, Claudia Elena; Esquivel-Murillo, Karina; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL EN EL MANEJO DEL CALOSTRO BOVINO</b>	<b>933</b>
Rodríguez-Hernández, K., L. M. Isidro Requejo, E. Ochoa Martínez, y K. Recio Rocha.	

---

---

**AGRICULTURA ORGANICA**

	<b>PÁG.</b>
<b>BIOFERTIRRIACIÓN ORGÁNICA-MINERAL EN MANZANO PARA LA SIERRA DE ARTEAGA, COAUILA Y NUEVO LEÓN</b>	<b>936</b>
Juan Manuel Covarrubias Ramírez, María del Rosario Jacobo Salcedo, Víctor Manuel Parga Torres y Juan Guillermo Martínez Rodríguez.	
<b>COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL COMPOSTAJE DE DESPERDICIO DE ORÉGANO (<i>Lippia graveolens</i>)</b>	<b>942</b>
José Leonardo García-Rodríguez, José Ángel Prieto Ruíz, Maricela Flores Deras, María Gabriela Ramírez-Valadez, Sergio Rosales-Mata.	
<b>AGRICULTURA SUSTENTABLE EN MANZANO</b>	<b>948</b>
María del Rosario Jacobo Salcedo, Juan Manuel Covarrubias Ramírez, Víctor Manuel Parga Torres y Juan Guillermo Martínez Rodríguez.	
<b>OSCILACIÓN TERMICA COMO RESPUESTA DEL DETERIORO AMBIENTAL ANTROPOGENICO</b>	<b>954</b>
Mario P. Narváez Mendoza y Juan M. Covarrubias Ramírez.	
<b>PRESENCIA DE CHICHARRITAS (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) EN CEBOLLA Y AJO DE AGUASCALIENTES Y ZACATECAS</b>	<b>959</b>
Gabriela Navarrete, Rodolfo Velásquez-Valle y Maihualy Martínez-Fernández.	
<b>COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE TRIGO DE LA VARIEDAD CENEB ORO 2017, CON MANEJO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL YAQUI.</b>	<b>965</b>
Carlos Alberto Quiñones Ramos, Priscilla Abigail Sañudo Loustanou, Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos.	
<b>PRODUCCIÓN DE SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i>) MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO Y VERMICOMPOST.</b>	<b>970</b>
Cervantes-Vázquez, Tomás, Juan, Álvaro; Cervantes-Vázquez, María Gabriela; Castillo-Orona, Ignacio; García-Hernández, José, Luis; Vázquez-Vázquez, Cirilo.	
<b>CONTROL DEL PICUDO DE LA GUAYABA CON EXTRACTOS VEGETALES</b>	<b>976</b>
Karla Vanessa De Lira Ramos, Ernesto Cerna Chávez, Ernesto González Gaona, Juan Carlos Delgado Ortiz, Yisa María Ochoa Fuentes.	
<b>DOS SEPAS DE <i>BACILLUS</i> EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE GRAPE (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i>) EN CONDICIONES DE MALLA SOMBRA</b>	<b>981</b>
Alejandro Espinoza Barajas, Luis Gerardo Espinoza Barajas, Jorge Sáenz Mata, Erick Fabian Vázquez Padilla.	
<b>PRUEBA DE ANTAGONISMO DE <i>TRICHODERMA</i> SPP. CONTRA CEPAS DE <i>FUSARIUM</i> SPP. ASOCIADAS A MAÍZ EN AGUASCALIENTES</b>	<b>986</b>
Ernesto González Gaona, Dolores Briones Reyes, Candelario Serrano Gómez, Karla Vanessa De Lira Ramos, Roberto Sánchez Lucio.	
<b>DIAGNÓSTICO SOBRE EL EFECTO DE LOS BIOFERTILIZANTES EN LA ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y EL ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS CULTIVADOS CON CAFÉ</b>	<b>990</b>
Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Vicenta García Costante, Miguel Rivera González, Erika Nava Reyna, Hilario Macías Rodríguez.	
<b>EFECTO DEL USO DE BIOFERTILIZANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO</b>	<b>995</b>
Erika Nava-Reyna, Miguel Rivera González, Vicenta Constante García, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, José Luis González Barrios.	

---

	PAG.
<b>EFFECTO DEL USO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ</b>	<b>1001</b>
Erika Nava-Reyna, Vicenta Constante García, Kassandra Santellanez Arreola, Jesús José Luis González Barrios, Arcadio Muñoz Villalobos.	
<b>EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO</b>	<b>1009</b>
Erika Nava-Reyna, Daniel Alejandro Mesta Narvarez, Vicenta Constante García, Kassandra Santellanez Arreola, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos.	
<b>CARBONATO DE CALCIO APLICADO AL SUSTRATO Y EN ASPERSIÓN FOLIAR SOBRE RENDIMIENTO EN TOMATE Y PIMIENTO MORRÓN CULTIVADOS EN INVERNADERO</b>	<b>1015</b>
Juan Manuel Soto Parra, Esteban Sánchez Chávez, Francisco Javier Piña Ramírez, María Antonia Flores Cordova, Rosa María Yáñez Muñoz, Ramona Pérez Leal.	
<b>EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO EN ASPERSIÓN FOLIAR PARA AUMENTAR RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MANZANA</b>	<b>1022</b>
Juan Manuel Soto Parra, Esteban Sánchez Chávez, Francisco Javier Piña Ramírez, María Antonia Flores Cordova, Rosa María Yáñez Muñoz, Ramona Pérez Leal.	
<b>EFFECTO DE CARBONATO DE CALCIO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FERTILIDAD DEL SUELO EN MANZANO</b>	<b>1032</b>
Juan Manuel Soto Parra, Rosa María Yáñez Muñoz, Esteban Sánchez Chávez, Francisco Javier Piña Ramírez, Ramona Pérez Leal.	
<b>APLICACIONES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS E INORGÁNICAS EN GRANADO (<i>Punica granatum</i> L.) 'WONDERFUL': CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJA</b>	<b>1044</b>
Rosa María Yáñez Muñoz; Juan Manuel Soto Parra; Esteban Sánchez Chávez; Linda Citlally Noperi Mosqueda; Angélica Acevedo Barrera; Ramona Pérez Leal.	
<b>RESPUESTA DE LA HIGUERA A LA FERTILIZACION FOLIAR DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO, DURANTE SU ETAPA DE FRUCTIFICACION EN RIEGO POR GOTEYO Y ALTA POBLACION</b>	<b>1057</b>
Miguel Rivera González, Gerardo Esquivel Arriaga, Julián Cerano Paredes, Hilario Macías Rodríguez y Vicenta Constante García.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE ECOTIPOS CAPRINOS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA DEL ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO.</b>	<b>1065</b>
Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Franko Moyao-Ariza, Glafiro Torres-Hernández, Rubén Darío Martínez-Rojero, Lorenzo Danilo Granados-Rivera.	
<b>LOS DÍAS LARGOS ARTIFICIALES ANTES DEL NACIMIENTO NO ACELERAN LA TASA DE CRECIMIENTO EN LOS CABRITOS NACIDOS EN EL OTOÑO</b>	<b>1069</b>
Manuel de Jesús Flores Nájera, Leonardo Iván Vélez Monroy, Horacio Hernández Hernández	
<b>INFLUENCIA EL NIVEL NUTRICIONAL SOBRE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN LOS MACHOS CABRÍOS TRATADOS CON DÍAS LARGOS ARTIFICIALES</b>	<b>1075</b>
Manuel de Jesús Flores Nájera, Leonardo Iván Vélez Monroy, Adán Ulises Chávez Solís	
<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO DE INTERACCIÓN DE LOS USUARIOS CON LA APLICACIÓN MÓVIL PREMMAC</b>	<b>1081</b>
MITC. Mario. P. Narváez Mendoza, Dr. Miguel Ángel González González, MC. Luis Antonio González Jasso, MC. Noé Chávez Sánchez y ITIC. Sergio Alejandro Juárez Torres	

**USO DE HORMONAS PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ACODOS AEREOS EN HIGUERA (Ficus carica L.)** 1085

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, Hilario Macías Rodríguez, Ma. Magdalena Villa Castorena, María del Rosario Jacobo Salcedo.

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON LA FECHA DE SIEMBRA** 1091

Miguel A. Ávila Perches, A. Josué Gámez Vázquez, Ramón Huerta Zurita, F. Paúl Gámez Vázquez y Juan Virgen Vargas.

**FERTILIDAD DEL SUELO EN UNA MILPA MAYA (MODULO 1) DE NUEVO TEZOCO, TIZIMÍN YUCATÁN, MÉXICO.** 1098

J.H. Ramírez Silva, G. Ramírez Jaramillo y M.G. Lozano Contreras.

---

**SECCIÓN**  
**CONFERENCIAS MAGISTRALES**

---

## APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGIA EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA

Pérez Velasco, Eneida <sup>a</sup>; Betancourt Galindo, Rebeca <sup>b\*</sup>; Puente Urbina, Bertha<sup>a</sup>; Valdez Aguilar, Luis <sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, <sup>b</sup> Centro de Investigación en Química Aplicada  
\*rebeca.betancourt@ciqa.edu.mx

### RESUMEN

El aumento en la producción de alimentos para satisfacer la demanda de los consumidores es uno de los desafíos en el mundo; la población humana está en un aumento constante y para lograr cubrir las necesidades de los habitantes se han desarrollado y estudiado alternativas como plantas transgénicas, agricultura orgánica, propagación *in vitro* y fertilizantes minerales. El uso inadecuado de estos últimos ha provocado contaminación de mantos acuíferos y desequilibrio de la flora microbiana de los suelos en donde han sido aplicados; científicos de todo el mundo han instado a promover el desarrollo de nanofertilizantes para frenar los efectos negativos que los agroquímicos causan al ecosistema. Los beneficios de estos nanomateriales en el agro son diversos: fertilización localizada, reduce la pérdida de fertilizantes, mejora la tasa de germinación y varios parámetros fisiológicos. Los materiales que tienen un tamaño máximo de 100 nm reciben el nombre de nanomateriales, éstos son ampliamente utilizados en distintas áreas del conocimiento. Las nanopartículas (NP) de Fe, Al, Zn, Si y Ti son las que en la actualidad tienen mayor popularidad y se han aplicado a cultivos de interés agrícola obteniendo resultados muy favorecedores en cuanto a crecimiento y desarrollo vegetal. A pesar de los resultados favorables del uso de nanomateriales en la producción agrícola aún se considera un área poco explorada dentro de la comunidad científica. En este estudio se evaluaron los efectos de la aplicación de nanopartículas de ZnO en el cultivo de tomate considerando los factores de concentración de la NP (1500 ppm), dos formas de aplicación (foliar y drench), morfologías de la NP (hexagonal y esférica) y la modificación superficial de las NP usando maltodextrina. Los resultados obtenidos mostraron que las plantas tratadas con NP mejoraron variables agronómicas como altura de planta, diámetro de tallo, clorofila, tamaño de fruto (diámetro polar y diámetro ecuatorial), peso de fruto; en cuanto a la calidad de fruto los parámetros evaluados fueron firmeza y sólidos solubles totales (SST), los resultados obtenidos con nanopartículas fueron mejores que el de las plantas tratadas únicamente con fertilización mineral.

**Palabras clave:** Nanopartículas, ZnO, maltodextrina, tomate.

## INTRODUCCIÓN

La intervención de la ciencia y tecnología podrían ser una solución para mejorar los sistemas de producción actuales y así permitir que los productores pasen de una agricultura convencional a una de precisión aplicando tecnologías nuevas que además de cubrir la necesidad alimentaria también sea amigable con el ambiente [1]. La manera en que la nanotecnología ha impactado en la agricultura es mediante la aplicación de nanoplaguicidas y nanofertilizantes (NF) los cuales son usados para aumentar la eficiencia de los nutrientes y de este modo lograr incrementar la productividad sin dañar el agua y también proteger la flora microbiana del suelo [2]. La eficiencia de los fertilizantes habituales (20-50%) ha sido uno de los muchos motivos porque los científicos alrededor del mundo han impulsado el uso de NF [3]. Diversos autores definen a los NF como nanomateriales (NM) que pueden proporcionar uno o más nutrientes a las plantas para apoyar su crecimiento y de esta manera mejorar parámetros fisiológicos y el rendimiento en los cultivos [4]. Los NF se dividen en dos categorías según el requerimiento nutrimental de la planta: (a) los macro-NF son nutrientes que las plantas requieren en cantidades elevadas como son el N, P, K, Ca y Mg [5]; los resultados obtenidos en diversas investigaciones nos demuestran que la aplicación de los macro-NF aumentan el rendimiento, calidad de los cultivos [6] además el uso de NF tiene la principal ventaja de liberar lenta y controladamente los fertilizantes aumentando la eficiencia de estos [7-8]; (b) los micro-NF a diferencia de los anteriormente descritos, son requeridos en menor cantidad por las plantas (<100ppm) sin embargo no dejan de ser esenciales para el desarrollo y crecimiento de los cultivos ya que tienen un rol muy importante en los procesos metabólicos; en lechuga, frijol y trigo los micro-NF aumentaron la longitud de raíz, cantidad de brotes así como del N total en los tejidos, y aumentó de tasa fotosintética [9-10]. Los resultados obtenidos con el uso de NP son muy satisfactorios, sin embargo, se requieren realizar más evaluaciones sobre todo en el impacto de estos nanomateriales sobre la salud humana y el medio ambiente. En esta investigación, y por todo lo anteriormente expuesto se planteó como objetivo determinar el efecto de NPs-ZnO en el cultivo de tomate bajo condiciones de agricultura protegida.

### Sección experimental

#### Síntesis de NP

Las síntesis de las nanopartículas utilizadas durante este experimento fueron obtenidas de acuerdo con el método de Cheng-Hsien [11]. Posterior a la síntesis, se realizó una modificación superficial usando un polisacárido (maltodextrina) en algunas de las NP, estos métodos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nanomateriales del Centro de Investigación en Química Aplicada, en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México.

#### Material vegetal y tratamientos

El material vegetal empleado fue tomate de la variedad Clermon de crecimiento indeterminado. En la Tablas 1 se describe la distribución de los tratamientos. El tratamiento con aplicación al drench consistió en la sonicación de la semilla de tomate con NPs-ZnO a una concentración de 1500 ppm,

por otro lado la aplicación foliar, que como su nombre lo indica se realizó 30 DDS. Se evaluó también la presencia o ausencia de la maltodextrina (MDX) así como la posible influencia de la morfología esférica y hexagonal de las NPs. Las semillas se sembraron en contenedores de 1 L de capacidad usando como sustrato turba ácida, 40 días después de la siembra las plantas fueron trasplantadas en contenedores de 10 L teniendo como sustrato una combinación de turba ácida y perlita (6:4). La nutrición del cultivo consistió en una solución nutritiva Steiner [12]. Las variables agronómicas evaluadas en este experimento fueron: altura de planta (flexómetro), diámetro de tallo (Vernier), clorofila (SPAD), diámetro ecuatorial y polar del fruto (Vernier), peso de fruto (balanza digital Rhino modelo Bapre3), rendimiento, sólidos solubles totales (SST) y la firmeza de fruto (penetrómetro).

Tabla 1. Tratamientos de NPs-ZnO.

Tratamiento	Morfología		Aplicación
	NP	MDX	
1	Sin	Sin	F
2		Sin	D
3		Con	F
4		Con	D
5	Esférica	Sin	F
6		Sin	D
7		Con	F
8		Con	D
9	Hexagonal	Sin	F
10		Sin	D
11		Con	F
12		Con	D

NP=nanopartículas, MDX=maltodextrina, F=foliar, D=drench

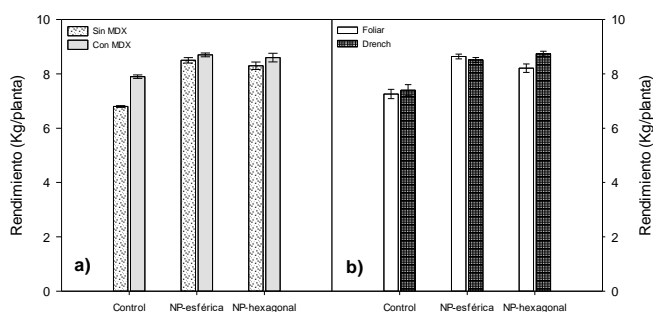
Procesamiento de datos.



Los tratamientos se establecieron en un diseño en bloques al azar y constó de 12 tratamientos y 5 repeticiones. El software para análisis estadístico usado fue SAS 9.0 con una comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ).

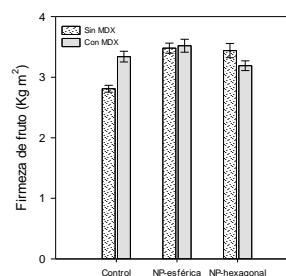
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos con el uso de NPs-ZnO se observó que el rendimiento (Fig.1a) y la firmeza (Fig.2) aumentaron con el empleo de NPs-ZnO modificadas superficialmente con MDX, así mismo podemos apreciar que la morfología no tuvo ningún impacto en estas variables, sin embargo la forma de aplicación de las NPs-ZnO influyó en el rendimiento siendo la mejor la aplicación al drench (Fig.1b) El DT (Fig.3) mostró un incremento con la aplicación de NPs-ZnO hexagonales modificadas con MDX, sin embargo al usar NPs sin MDX este parámetro incrementa levemente (Fig.3a), la forma de suministro de las NPs influyó positivamente en el incremento de esta variable (Fig.3b) siendo la mejor la aplicación foliar. Estos parámetros han sido mejorados en estudio anteriores [13] dónde reporta una mejoría en las mismas variables estudiadas en esta investigación. En cuanto al tamaño de fruto de tomate en la Figura 4 se puede observar que los factores evaluados (morfología, modificación y aplicación) interactuaron entre sí, los mejores resultados del DP (Fig.4a y 4b) se lograron con la aplicación foliar de nanopartículas esféricas sin modificación. Con respecto al DE (Fig.4c y 4d) la simple presencia de las NPs independientemente de la morfología y aplicación los resultados superan al control, sin embargo la presencia de la MDX es importante para mejorar esta variable. De igual manera que el tamaño de fruto, en los SST los tres factores evaluados interactuaron entre sí. En la figura 5a observamos que las NPs hexagonales modificadas aplicadas foliarmente son las que muestran mejores resultados. A diferencia de la aplicación al drench, las NPs esféricas sin modificación son la mejor opción para el incremento de los SST de los frutos de tomate.



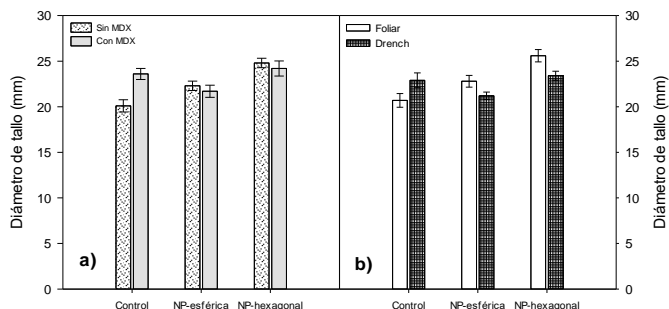
**Figura 1.** Rendimiento de las plantas de tomate tratadas con NPs-ZnO.

a) Interacción de morfología\*MDX. b) Interacción de morfología\*aplicación.

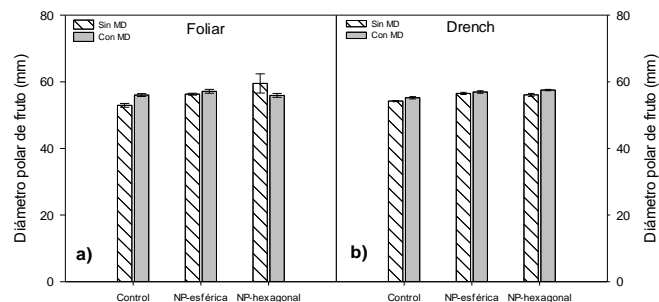


**Figura 2.** Firmeza del fruto de tomate tratado con NPs-ZnO.

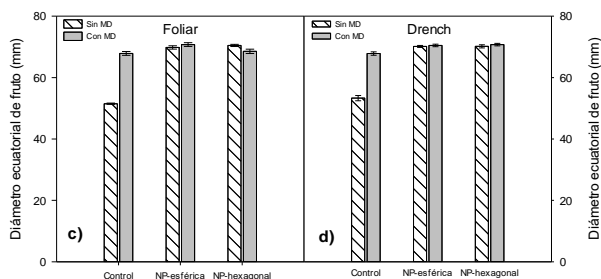
Interacción entre morfología\*MDX



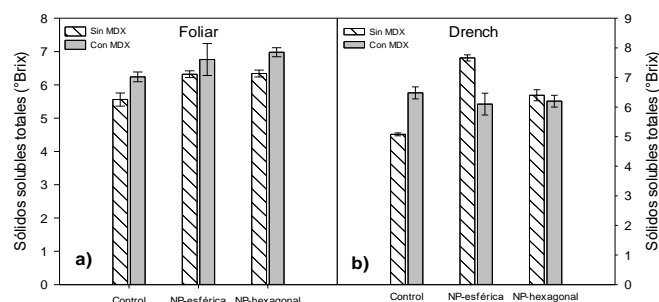
**Figura 3.** Diámetro de tallo de las plantas de tomate tratadas con NPs-ZnO. Interacción de morfología\*MDX. b) Interacción de morfología\*aplicación.



**Figura 4a y 4b.** Diámetro polar de los frutos de tomate tratado con NPs-ZnO.



**Figura 4c y 4d.** Diámetro ecuatorial de los frutos de tomate tratado con NPs-ZnO.



**Figura 5.** Sólidos solubles totales del jugo de tomate tratado con NPs-ZnO.

## CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos es evidente que el efecto de las NP varía dependiendo de su modo de aplicación, morfología y al modificar la superficie de las NP los parámetros agronómicos de calidad mejoran aún más.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Tarafdar JC, Sharma S, Raliya R. Nanotechnology, interdisciplinary science of applications. Afr. J. Biotechnol. 12, 219–226 (2013).
- [2] Chhipa H, Joshi P Nanofertilisers, nanopesticides and nanosensors in agriculture. In: Ranjan S, Dasgupta N, Lichtfouse E (eds) Nanoscience in food and agricultura. Sustainable agricultura, 1:20, 247–282 (2016).
- [3] Liu R, Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Sci. Total Environ. 514, 131–139, (2015).
- [4] Liu R, Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Sci Total Environ 514:131–139. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.01.104, (2015).

- [5] Alexandratos N, Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050, the 2012 revision. 2012, ESA Working Paper No. 12-03. FAO, Rome, (2012).
- [6] Millan G, Agosto F, Vazquez M. Use of clinoptilolite as a carrier for nitrogen fertilizers in soils of the Pampean regions of Argentina. *Cienc Investig Agrar* 35:293-302, (2008).
- [7] Kottegoda N, Munaweera I, Madusanka N, Karunaratne V. A green slow-release fertilizer composition based on urea-modified hydroxyapatite nanoparticles encapsulated wood. *Curr Sci* 101:73-78, (2011).
- [8] Liu R, Lal R. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (*Glycine max*). *Sci Rep* 4:6. doi:10.1038/srep05686, (2014).
- [9] Lee W, An Y, Yoon H, Kweon H. Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (*Phaseolus radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*), plant agar test for water-insoluble nanoparticles. *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 1915-1921, (2008)
- [10] Musante C, White JC. Toxicity of silver and copper to *Cucurbita pepo*, differential effects of nano and bulk-size particles. *Environ. Toxicol.* 27, 510-517, (2012).
- [11] Cheng-Hsien Hsieh. Spherical Zinc Oxide Nano Particles from Zinc Acetate in the Precipitation Method. Opto-Mechatronics Research Center, St. John's University, Taipei, Taiwan, R.O.C. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 54:1, 31-34, (2007).
- [12] Steiner, A. A. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soils Culture*. Wageningen. The Netherlands, (1984).

## PRODUCTOS BIOLÓGICOS SISTÉMICOS; LA NUEVA FRONTERA BIOTECNOLÓGICA PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO Y LA SANIDAD DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

**Dr. Gerardo Amando Aguado-Santacruz.**

BIOqualitum S.A. de C.V. Oriente 7 # 158, Ciudad Industrial Celaya, Gto CP 38034. Tel: (461) 6087503. Email: [direccion@bioqualitum.com](mailto:direccion@bioqualitum.com); [gaguado.bioqualitum@gmail.com](mailto:gaguado.bioqualitum@gmail.com).

La agricultura juega un papel crucial en la economía de los países en desarrollo y brinda la principal fuente de alimentos, ingresos y empleo a sus poblaciones rurales. La tecnificación de la agricultura y el uso eficiente de las tierras es fundamental para alcanzar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y alcanzar un desarrollo integral sostenible. Desde el comienzo de la historia humana hasta los años cuarenta los cultivos eran crecidos sin la ayuda de químicos. Posteriormente, se introdujo la agricultura química en gran escala que trajo como resultado un aumento en los rendimientos y calidad de los cultivos. Las tecnologías desarrolladas durante la revolución verde en los años 60's, tales como la síntesis de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) y la utilización de variedades de alto rendimiento y elevada tasa de asimilación de nutrimentos, contribuyeron de manera significativa a incrementar la producción mundial de alimentos (Aguado-Santacruz, 2012).

Desde una perspectiva de eficiencia energética, el objetivo central de la producción agrícola es el maximizar la producción y mejorar la calidad de las cosechas. Para lograrlo, se cuenta con una superficie finita de tierras cultivables, por lo que la adición de fertilizantes y pesticidas, así como el uso de maquinaria para optimizar la cosecha, procesamiento y transporte de los productos agrícolas, son algunas de las tecnologías que se han desarrollado para satisfacer las necesidades de alimentación de una población en incesante aumento (Pelletier *et al.*, 2011).

Los fertilizantes químicos reponen los nutrientes removidos del suelo a través de la cosecha de los cultivos, posibilitan el uso de variedades de alto rendimiento y contribuyen de manera significativa a la productividad agrícola en suelos nutrimentalmente pobres. El uso de fertilizantes ha sido un componente crítico para el mejoramiento de la productividad agrícola en este tipo de suelos en los que la fertilización química ha contribuido con alrededor de un 30 a un 50% al incremento en la productividad de los cultivos (Pelletier *et al.*, 2011).

La necesidad por fertilizantes y pesticidas de origen químico se encuentra al alza, debido a un eminente crecimiento poblacional que precisará de la producción de más alimentos para solventar las necesidades alimenticias del mundo (Ahlgren *et al.*, 2008).

Sin embargo, el uso de fertilizantes y pesticidas químicos es un recurso tecnológico que cada vez se hace menos factible para los agricultores en virtud de que sus precios dependen en gran medida

del costo del petróleo del cual se derivan.

Actualmente, los altos costos de los fertilizantes sintéticos provocan que, por ejemplo para el caso del cultivo de maíz, la aplicación de fertilizantes químicos represente el 30% de los costos de producción en sistemas de riego y hasta el 60% en los sistemas de temporal (Aguado-Santacruz, 2011).

Si bien la problemática en torno a los precios de los fertilizantes y pesticidas químicos representa un tópico de primordial importancia para el desarrollo de la agricultura en México, la contaminación asociada al empleo de estos insumos es un tema que día a día gana más interés en la sociedad a medida que la información relacionada con los efectos nocivos derivados del empleo de estos químicos sobre el ambiente y la salud humana es difundida a través de los medios de comunicación masiva.

Los beneficios inicialmente observados por el empleo de los fertilizantes químicos, y pesticidas en general, sobre la productividad de los cultivos se vieron opacados por estudios posteriores que demostraron los efectos detrimentales de la utilización excesiva de estos productos químicos sobre el ambiente (Aguado-Santacruz, 2012).

A esta situación debemos sumar el ineficiente aprovechamiento de los fertilizantes químicos por las plantas. Por ejemplo, anualmente los sistemas agrícolas basados en cereales aprovechan tan sólo el 50% o menos de las dosis químicas aplicadas, independientemente de la fuente de nitrógeno aplicada. Estas ineficiencias pueden ser atribuidas a la volatilidad de ciertos componentes o al incorrecto estatus del suelo. El nitrógeno puede perderse del suelo por lixiviación de nitratos o a través de emisiones gaseosas hacia la atmósfera en la forma de amoníaco, óxido nítrico o bien nitrógeno molecular, todas las cuales, a excepción de la última, son consideradas como fuentes potenciales de deterioro ambiental (Crewsa y Peoples, 2004).

Ante esta situación se han buscado alternativas tecnológicas que permitan reducir los costos asociados a la fertilización química y reducir el impacto ambiental sin afectar los rendimientos de los cultivos.

Dentro de estas opciones el empleo de microorganismos capaces de mantener o incrementar los niveles de producción de los cultivos está recibiendo una gran atención. Esta alternativa biológica se basa en el hecho que algunos microorganismos, habitantes naturales del suelo, poseen la capacidad de promover el crecimiento de las plantas y mantener la sanidad de los cultivos agrícolas y, por lo tanto, son manipulados en laboratorio para la obtención de productos agrobiológicos (Aguado-Santacruz, 2012).

Las grandes posibilidades económicas de este mercado emergente en México han propiciado la aparición de un sinnúmero de productos biológicos que no reúnen los requisitos mínimos de calidad que permitan obtener los beneficios previstos y que posibiliten la consolidación definitiva de esta tecnología en nuestro país.

Ante las circunstancias anteriores un grupo de reconocidos investigadores de México (algunos de ellos Investigadores Nacionales del CONACyT y miembros de la Academia Mexicana de Ciencias)

decidieron conformar una empresa biotecnológica que desarrollara y ofertara productos y servicios biotecnológicos certificados de la mayor calidad a los productores mexicanos.

El primer logro de esta empresa, reconocida ante CONACyT como una empresa de base tecnológica, fue el desarrollo de productos biológicos sistémicos, los cuales mediante la tecnología 'MICRO-IN', posibilita que los microorganismos benéficos puedan penetrar a las plantas a través de las hojas.

Algunos de los beneficios de posicionar los microorganismos dentro de las plantas incluyen:

a) En el interior de las plantas, los microorganismos encuentran un nicho apropiado para su crecimiento y multiplicación, ya que se encuentran protegidos contra factores ambientales adversos, bióticos como abióticos, tales como temperaturas subóptimas, competencia con otros microorganismos del suelo por espacio y nutrientes, altas concentraciones de sales o detergentes o metales pesados (presentes en aguas contaminadas).

b) El control de los patógenos es más efectivo, ya que los antibióticos producidos por los microorganismos son vertidos hacia el interior de las plantas donde su efecto es más directo y, por lo tanto, más eficiente.

c) La respuesta sistémica a los microorganismos (resistencia sistémica inducida) se potencializa en virtud de que los tejidos internos de la planta están en un contacto más directo con los microorganismos.

d) Las cepas con capacidad de fijación de nitrógeno liberan este elemento directamente en la planta por lo que las pérdidas de nitrógeno se reducen, la asimilación es mejor y, por lo tanto, el impacto sobre la nutrición de la planta es mucho mayor.

e) Algunos de los compuestos responsables de promover el crecimiento de las plantas (por ejemplo, hormonas tales como auxinas, citocininas y giberelinas), son liberados hacia el interior de las plantas, donde sus actividades de promoción de multiplicación celular son más directos y efectivos, además de que la actividad de estas hormonas no se restringe a la raíz, sino al tallo, yemas, flores y, en general, a toda la planta.

f) Los niveles de etileno responsables de la detención del crecimiento de los cultivos en condiciones de estrés, son reducidos significadamente permitiendo un mejor desarrollo de las plantas. En este sentido, funcionan de manera similar a la aplicación de aminoácidos que son empleados para aminorar el estrés de las plantas.

Esta tecnología de avanzada es única en el mundo, ha sido patentada por la empresa BIOQualitum y su funcionalidad comprende no solamente las metodologías de elaboración, sino también los métodos de aplicación en campo, que han sido adaptados a los distintos cultivos y sistemas de producción de nuestro país.

Los resultados del empleo de los productos biológicos sistémicos incluyen incrementos en la productividad de hortalizas de un 20 a un 30% (jitomate, tomate ajo, tomate de cáscara, cebolla, papa, ejote, brócoli, coliflor y pimiento, entre otras), tanto en invernadero como en campo, y la

reducción de las dosis de fertilización química en cultivos de grano (frijol, maíz, cebada, avena, sorgo, entre otros) de un 25 a un 50%.

En general, los beneficios observados por el empleo de la tecnología "MICRO IN" en diferentes cultivos comprenden:

1. Aumenta y uniformiza la germinación de la semillas
2. Resulta en un mejor desarrollo, sanidad y uniformidad de plántulas
3. Promueve un mayor establecimiento de plántulas
4. Aumenta la acumulación de clorofila en las plántulas y plantas adultas
5. Incrementa el desarrollo del sistema de raíces
6. Reduce el acame de las plantas
7. Reduce de los tiempos de cosecha, reduciendo costos de producción y permitiendo el aprovechamiento oportuno de las primeras ventanas para la venta de los productos agrícolas
8. Alarga la productividad de los cultivos perennes y de invernadero
9. Mejora floración y amarre de frutos
10. Reduce de un 70 a un 80% la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas
11. Controla enfermedades bacterianas difíciles de manejar por ubicarse en el interior de las plantas, por ejemplo la enfermedad del HLB de los cítricos ocasionada por la bacteria *Candidatus liberibacter*.
12. Aumenta de la producción de los cultivos agrícolas desde un 15 a un 25%, y en algunos excepcionales como caña de azúcar en un 50%.
13. Aumenta de la calidad de frutos en hasta un 20%.
14. Mejora la vida de anaquel de los productos agrícolas
15. Reduce costos de producción (fertilizantes y pesticidas)

Se espera que ese conocimiento pueda tener una mayor difusión en el futuro en nuestro país a fin de que los agricultores mexicanos puedan beneficiarse de las ventajas de esta tecnología desarrollada enteramente por científicos mexicanos.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguado-Santacruz, G.A. 2011. Biofertilización de maíz: práctica redituable, factible y necesaria para la agricultura de nuestro país. *Claridades Agropecuarias* 214:42-47.
- Aguado-Santacruz, G.A. 2012. Uso de Microorganismos como Biofertilizantes. *In: Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura*. Aguado-Santacruz, G.A. (ed). INIFAP/SAGARPA. ISBN: 978-607-425-807-3. México, pp. 35-78.
- Crewsa, T.E. and Peoples, M.B. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agr. Ecosyst. Environ.* 102:279-297.
- Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., Kramer, K.J., Murphy, D., Nemecek, T. and Troell, M. 2011. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 36:223-246.



## USO EFICIENTE DEL AGUA Y LA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

**Gerardo Delgado Ramírez<sup>1</sup>, Juan Estrada Ávalos<sup>1</sup>, Miguel Rivera González<sup>1</sup>, Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>2</sup> y Enrique Miguel Valle<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>**Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA; INIFAP). Canal Sacramento km 6+500. Gómez Palacio, Dgo., México.**

<sup>2</sup>**Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León.**

<sup>3</sup>**Asistente de Investigación del INIFAP.**

[delgado.gerardo@inifap.gob.mx](mailto:delgado.gerardo@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El uso eficiente y ahorro del agua a nivel mundial, se ha convertido en una necesidad con la finalidad de garantizar un panorama de sostenibilidad del recurso hídrico, ya que este posee características finitas y vulnerables. Toda gestión hídrica, debe basarse con un enfoque participativo, es decir, involucrando a los usuarios, planificadores y a las instancias responsables de las decisiones en todos los niveles (Gil *et al.*, 2014). Hablando en materia agrícola, el uso eficiente del agua en el campo es uno de los eslabones más importantes para poder garantizar la producción alimentaria y el trabajo del grupo productivo (principalmente rural) vinculados con el sector agrícola (Salazar *et al.*, 2014).

La agricultura moderna ha logrado altos rendimientos por unidad de área en gran parte como resultado del suministro externo de energía obtenida de los combustibles fósiles. Como resultado, hoy la agricultura se encuentra entre los principales usuarios de combustibles fósiles en los países occidentales (Woods *et al.*, 2010), y los precios de los productos agrícolas fluctúan en paralelo con los precios de los combustibles (Hendrickson, 1996). Con referencia a los sistemas de riego, estos son un componente fundamental para la alimentación mundial, donde solamente el 19% de la superficie cultivada, se trabaja con infraestructura de riego. Sin embargo, produce más del 40% de los cultivos del mundo (FAO, 2011).

México tiene una superficie de 6,460 miles de ha con infraestructura agrícola de riego, ocupando el séptimo lugar del ranking mundial, que en superficie cultivada son alrededor de 25,670 miles de ha (CNA, 2018). En función al uso del agua de los sistemas de riego, estos consumen aproximadamente el 70% de la demanda de agua en todo el mundo, donde en zonas áridas y semiáridas esta cifra alcanza el 90% (Molden, 2007). Ante esto, se hace imperante introducir

sistemas de riego a bajo costo, confiable y eficiente para satisfacer las necesidades de la agricultura intensiva bajo un esquema sustentable, adicionalmente condicionado a las políticas a favor del medio ambiente que consideran la conservación del agua, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y una intensificación en la producción de alimentos (Daccache *et al.*, 2014).

En los últimos años, se ha detectado un aumento de las concentraciones de Gases Efecto Invernadero (GEI) por causa de la acción del hombre. De acuerdo al Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (GEI) emitido por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México emite alrededor de 683 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. Siendo los sectores de transporte, industria de la energía, actividad agropecuaria e industrias de manufactura y de la construcción con mayor porcentaje de emisiones de GEI (INECC, 2015). En la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) celebrada en el 2015. México se comprometió en las siguientes metas: reducir las emisiones de carbono negro en un 51% hacia el 2030 y reducir un 22% de las emisiones de GEI al 2030.

Ante esta problemática, es esencial establecer un sistema de riego sustentable, el cual debe considerar los componentes económico y ambiental desde su diseño hasta la aplicación del agua en la parcela (operación del sistema de riego). Para lograr esto, es necesario realizar algunas estrategias para eficientizar el uso del agua y la energía eléctrica en la agricultura para cumplir con los siguientes propósitos: conservación del recurso agua y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e al ambiente. Dichas estrategias son las siguientes: 1) diseño de los sistemas de riego con enfoque sustentable; 2) eficiencia en los equipos de bombeo para pozo profundo; 3) eficiencia en la aplicación del agua del riego parcelario; y 3) uso de la energía solar en la agricultura.

### **1. Diseño de los sistemas de riego con enfoque sustentable.**

En esta estrategia es importante considerar cuatro aspectos importantes para el diseño o seleccionamiento de los diámetros de la tubería y la potencia requerida por el equipo de bombeo. Estos son: el agronómico, el hidráulico, el económico y el ambiental.

Para el aspecto agronómico es indispensable estimar las necesidades hídricas del cultivo en todo su ciclo vegetativo, desde la siembra o trasplante hasta la cosecha. El requerimiento hídrico de los cultivos se determina con la diferencia entre la evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) y la precipitación efectiva (Pe). También se debe de determinar el intervalo de riego, así como el número y láminas de riego que se aplicarán en cada evento. Con esta información junto el gasto parcelario disponible, se determina la superficie de riego a proyectar.

Con respecto, a lo hidráulico es necesario estimar la carga total dinámica (CTD) del sistema desde el equipo de bombeo hasta la longitud crítica del sistema (la de mayor longitud). Al realizar el trazo de la tubería propuesta, es conveniente seleccionar la trayectoria de las tuberías con la mínima longitud para disminuir la CTD y a su vez se disminuye el requerimiento de potencia del equipo de bombeo. Con lo referente a lo económico, se realiza un análisis de optimización entre el costo de inversión del sistema y los costos de operación del mismo, en este rubro se considera como costo de inversión el precio total de la tubería, el de las válvulas alfalferas, accesorios (tee, reducciones,

cruz, etc.), así como el costo del equipo de bombeo. Como costo de operación se debe considerar el funcionamiento del sistema de riego para un ciclo de cultivo durante un tiempo mínimo de 5 años. Para este análisis, se debe tomar en cuenta las tarifas actuales del costo de la energía eléctrica (RAMT, 9-N y 9-CU). Por lo tanto, se seleccionará el diámetro de tubería y la potencia de bombeo que menor costo de inversión y operación (costo total) tengan durante los 5 años.

En lo ambiental, se debe de realizar una estimación de emisión de CO<sub>2</sub> para cada propuesta de diseño. En función al factor de conversión de emisión del Sistema Eléctrico Nacional, el cual es de 0.527 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada MWh utilizado de energía fósil (SEMARNAT, 2019). Para este aspecto se selecciona la propuesta con menor emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente.

En el Cuadro 1 se presentan dos propuestas de diseño de un sistema de riego tipo válvulas alfalferas en un predio de 52,6 ha. Se observa que la propuesta 2 es la de menor costo inicial, pero la propuesta 1 es la mejor, ya que presenta menor costo total del sistema de riego (costo de inversión y operación); y, además, es la que menos emite CO<sub>2</sub> al ambiente por requerir menos energía eléctrica fósil para su funcionamiento (consumo de energía eléctrica fósil del rebombeo de 40 Hp de 7,097 kWh durante cinco años).

Cuadro 1. Propuestas de diseño de un sistema de riego tipo válvulas alfalferas para irrigar una superficie de 52,6 ha de una unidad de producción agrícola.

Propuestas de Diseño	de	Características Hidráulicas Gasto CTD (L h <sup>-1</sup> (m))	Requerimientos de Potencia (Hp)	Costo Inversión (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo Operación (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo Total (\$ ha <sup>-1</sup> )	Emisión de CO <sub>2</sub> e (ton ha <sup>-1</sup> )
Propuesta 1 (Θ 12 in)	120.	16.0	40	28,041.29	15,192.07	43,233.36	3.7
Propuesta 2 (Θ 10 in)	0	40.0	100	20,991.36	36,542.98	57,534.34	9.4

Θ=Diámetro de tubería de PVC (50 psi); CTD= Carga Total Dinámica.

El cálculo del costo de operación de las tres propuestas, se consideró el costo del kWh en la Tarifa RAMT (Riego Agrícola a Media Tensión) del mes de julio de 2019 (CFE, 2019). Esta tarifa es aplicable a servicios de media tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

## 2. Eficiencia en los equipos de bombeo para pozo profundo.

La importancia de esta estrategia es identificar ahorros de volúmenes de agua y energía eléctrica en la extracción del agua subterránea para el riego parcelario. Estos beneficios se pueden lograr

una buena eficiencia electromecánica del equipo de bombeo (eficiencia mayor a la mínima permisible por la Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-1995). La eficiencia electromecánica tiene como finalidad reducir el consumo de energía por cada metro cúbico extraído por el equipo de bombeo.

En el siguiente caso de estudio, se describen los impactos al incrementar la eficiencia electromecánica de un equipo de bombeo (con motor externo) con una capacidad nominal de 250 Hp. En la primera evaluación (diagnóstico), se observa que la eficiencia electromecánica se encontraba por debajo del límite permisible por la Norma Oficial Mexicana, el cual, es de un valor del 64% (NOM-006-ENER-2015). Para incrementar dicha eficiencia y reducir el consumo de energía eléctrica por cada metro cúbico extraído por la bomba. Se recomendó al productor desmontar el equipo de bombeo para supervisar las condiciones del cuerpo de tazones (bomba). La bomba presentó daño en los impulsores, se corrigió el problema y se evaluó otra vez el equipo de bombeo. En el Cuadro 2 se presenta el impacto de incrementar la eficiencia electromecánica, donde el equipo mostro mejoría en el gasto bombeado, en el consumo y costo de la energía eléctrica utilizada en la extracción de cada metro cúbico de agua del subsuelo. Con esta acción, también se identificó una disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> al incrementar la eficiencia electromecánica.

Cuadro 2. Impacto económico y ambiental al incrementar la eficiencia electromecánica de un equipo de bombeo para pozo profundo con capacidad nominal de 250 Hp.

Parámetros	Diagnóstico	Implementación Recomendación
Gasto bombeado (L h <sup>-1</sup> ).	60.7	82.7
Eficiencia Electromecánica (%).	55	72
Potencia Real Consumida (Kw).	140	161
Volumen de Agua Extraído (m <sup>3</sup> mes <sup>-1</sup> ).	157,334	214,358
Consumo de Energía Eléctrica (kWh mes <sup>-1</sup> ).	100,800	115,920
Consumo de Energía por m <sup>3</sup> extraído (kWh)	0.64	0.54
Ahorro en consumo de energía eléctrica (kWh):	5,697	
Costo de la Energía Eléctrica (\$), Tarifa 9-CU (julio 2019).	0.62	
Ahorro en costo de energía eléctrica (\$):	3,531.82	
Reducción de Emisión de CO <sub>2</sub> al ambiente (Ton):	3.0	

### 3. Eficiencia en la aplicación del agua del riego parcelario.

En este proceso del riego se pueden identificar ahorros de agua y energía eléctrica mediante una alta eficiencia de aplicación del agua de riego. En función a los requerimientos hídricos de los cultivos y al manejo eficiente de los sistemas de riego. En el Cuadro 3 se presenta un caso de estudio con referente al cultivo de maíz forrajero. Se determinó su consumo de agua para diferentes sistemas de riego; los cuales se consideraron los más utilizados por los productores de forraje, estos son: gravedad (canal revestido), válvula alfalfera, pivote central y goteo. También, se muestra el

consumo y costo de la energía eléctrica de cada sistema y para las diferentes tarifas existentes en el sector agrícola (RAMT, 9-CU y 9-N). De igual forma, se presenta el CO<sub>2</sub>e que emite cada sistema de riego en función a su requerimiento de energía. Siendo el sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz forrajero, el que presenta menor consumo de agua, menor consumo y costo de energía eléctrica y el que menos emite CO<sub>2</sub>e al ambiente.

Cuadro 3. Consumo y costos de la energía eléctrica, así como la emisión de CO<sub>2</sub>e de diferentes sistemas de riego empleados para la irrigación del cultivo de maíz forrajero.

Sistema de Riego	Consumo de Agua (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Consumo de Energía Eléctrica (kWh ha <sup>-1</sup> )	Costo Energía Tarifa RAMT (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo Energía Tarifa 9-CU (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo Energía Tarifa 9-N (\$ ha <sup>-1</sup> )	Emisión de CO <sub>2</sub> e (ton ha <sup>-1</sup> )
Gravedad	8333	4630	4,170.10	2,870.37	2,396.76	2.4
Válvula Alfallera	6250	3472	3,222.19	2,152.78	1,797.57	1.8
Pivote Central	5882	3268	3,054.91	2,026.14	1,691.83	1.7
Goteo	4778	2654	2,552.33	1,645.68	1,374.14	1.4

NOTA: Las estimaciones de los costos de energía eléctrica de los diferentes sistemas de riego, están en función al precio del kWh en el mes de julio 2019 para todas las tarifas empleadas en este caso.

Para el seleccionamiento del sistema, es importante considerar el cultivo a establecer, ya que la productividad y la rentabilidad de este, amortizará la inversión inicial del sistema.

### 3. Uso de la energía solar en la agricultura de riego.

Una de las estrategias para reducir la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, es la utilización de energías renovables para la generación de energía eléctrica, siendo la energía solar y la eólica de mayor potencial a emplear en México; ya que, por su ubicación geográfica, junto con los países de China, Singapur e India cuentan con la mayor incidencia de radiación solar en el mundo que se presenta en las franjas de los trópicos de cáncer y capricornio. La ubicación geográfica el trópico de cáncer en el norte de México, le permite a esta región una gran ventaja comparativa con otras regiones del país y del mundo. Su cercanía con Estados Unidos y el hecho de que esta región se desarrolle la agricultura más tecnificada de México, le da una ventaja competitiva a este importante ramo de la economía mexicana.

La gran cantidad de radiación electromagnética que incide en estas latitudes permite que transformada, a través del uso de paneles solares, en energía fotovoltaica para su uso en la agricultura. En México, los estados que cuentan el mayor potencial de incidencia de energía solar (energía fotovoltaica y fototérmica), son: Chihuahua, Sonora, Durango, Coahuila, Zacatecas y Baja California; en esta región la incidencia es de 5 a 6 kilowatts hora por m<sup>2</sup> al día.

Los sistemas de irrigación que emplean energía solar, suponen en la actualidad una tecnología asequible y amigable con el clima, ideales para pequeños y grandes productores de países en desarrollo. Más, sin embargo, estos deben ser regulados y gestionados en forma adecuada, con la finalidad de evitar un uso insostenible, que de otra forma ofrece soluciones altamente viables. Esta tecnología puede constituir como fuente de energía para sistemas de bombeo en áreas remotas, particularmente en zonas sin conexión a la red eléctrica o bajo consumo de combustible fósil donde el abastecimiento y mantenimiento del sistema se vuelven un factor negativo en el proceso (FAO, 2018).

Derivado de diversas políticas y programas gubernamentales, ahora es posible instalar fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala y realizar un contrato de interconexión con CFE. Actualmente, uno de los objetivos primordiales del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2019-2024) es aumentar la generación eléctrica con energías limpias y renovables, y cumplir con los compromisos en relación al cambio climático y reducción de emisiones de GEI. Una de las metas de este programa, es que para el año 2024, México deberá tener una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica de al menos 35%.

En la Figura 1 se presenta el consumo de energía eléctrica fósil de un equipo de bombeo de pozo profundo con motor eléctrico externo de una capacidad de 75 Hp y la producción de energía limpia durante el ciclo agrícola 2018. La energía limpia fue generada por un equipo fotovoltaico compuesto de 64 paneles solares (con capacidad de 350 W por panel) y un inversor de 20 kW. El equipo fotovoltaico fue diseñado para un 26% de cobertura del consumo de energía anual y esta interconectado a la red de CFE.

El equipo de bombeo consumió un total de energía eléctrica de 79,550 kWh para irrigar una superficie de 34.0 ha de Triticale durante el período de riegos del 20 de noviembre de 2018 al 22 de febrero de 2019; ocupando el 90% de energía fósil, y el resto fue energía fotovoltaica. Esto reflejó un ahorro para el productor de \$4,086.72 con la tarifa subsidiada 9-N.

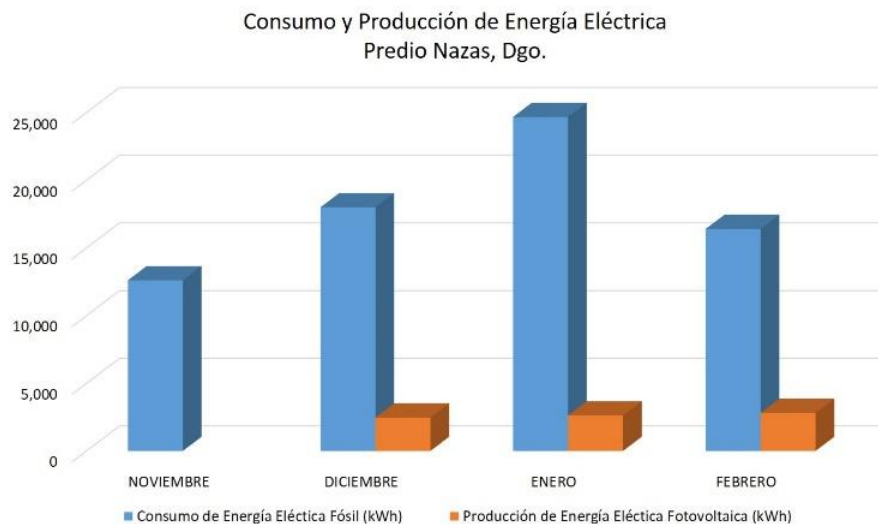


Figura 1. Consumo de energía eléctrica fósil y producción de energía renovable generada por equipo fotovoltaico durante el período de riegos aplicados al cultivo de triticale durante los meses de noviembre 2018 a febrero 2019.

Cabe mencionar que el funcionamiento del equipo fotovoltaico fue a partir del mes de diciembre 2018. Se observa, que el mayor consumo de energía eléctrica fue en el mes de enero, ya que en ese mes se aplicó el segundo riego de auxilio y parte del tercer riego de auxilio del triticale.

Es necesario resaltar que el beneficio económico, se tomó como referencia la Tarifa 9-N. Pero no todos los productores del país cuentan con ese subsidio. Existe una gran parte que pagan el consumo de la energía eléctrica bajo la Tarifa RAMT; por lo que el beneficio económico sería mayor, ya que se obtendría un ahorro alrededor de \$22,047.04. Con respecto a lo ambiental se dejaría de emitir a la atmósfera aproximadamente 11.6 toneladas de CO<sub>2</sub>e, al considerar la energía generada por el equipo fotovoltaico, la cual fue de 7,894 kWh.

## BIBLIOGRAFÍA

- CFE. 2019. Tarifa 9 Nocturna. Comisión Federal de Electricidad. <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Tarifas/AgricolaNocturna.aspx>. Fecha: julio 2019.
- CNA. 2018. Estadísticas del Agua en México 2018. Pp. 1-306. [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/EAM\\_2018.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/EAM_2018.pdf)

- Daccache, A., Ciurana, J.S., Rodriguez Diaz, J.A. & Knox, J.W., 2014. Water and energy footprint of irrigated agriculture in the Mediterranean region. *Environmental Research Letters*, 9(12): 1-12. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124014>.
- FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Managing systems at risk. <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>
- FAO. 2018. The benefits and risks of solar-powered irrigation – a global overview. <http://www.fao.org/3/I9047EN/i9047en.pdf>
- Gil, M., Reyes, H., Márquez, & Cardona, A. 2014. Disponibilidad y uso eficiente del agua en zonas rurales. *Investigación y Ciencia*, 22(63): 67-73. <http://www.redalyc.org/pdf/674/67435407008.pdf>
- Hendrickson, J., 1996. Energy Use in the U.S. Food System: A Summary of Existing Research and Analysis. Working paper. Center for Integrated Agricultural Systems, UW-Madison. <http://www.cias.wisc.edu/wpcontent/uploads/2008/07/energyuse.pdf>
- INECC. 2015. Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Consideraciones metodológicas 1990-2012 y 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). <http://encuentronacional.cambioclimatico.gob.mx/Descargas/resumen/Inventario.pdf>
- Molden, D., 2007. Water for Food. Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. International Water Management Institute (IWMI) and FAO.
- Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-2015. Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. Límites y método de prueba. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181646/NOM\\_006\\_ENER\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181646/NOM_006_ENER_2015.pdf)
- PRODESEN. 2019. Capitulo IV. Nueva política energética en materia de electricidad. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2019-2033). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475504/PRODESEN\\_IV.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475504/PRODESEN_IV.pdf)
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A. & López-Cruz, I.L. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*, V(2): 177-183. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n2/v5n2a12.pdf>
- SEMARNAT. 2018. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Reguladora de Energía (CRE). Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional. 2018. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf)
- Woods, J., Williams, A., Hughes, J.K., Black, M., Murphy, R., 2010. The future 544 of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365 (1554), 2991e3006.



## SUPLEMENTACIÓN DE NOPAL PROTEICAMENTE ENRIQUECIDO Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA EN CABRAS: LUTEOGÉNESIS, PROGESTERONA SÉRICA Y TASA DE IMPLANTACIÓN EMBRIONARIA

C.A. Meza-Herrera <sup>a,\*</sup>, C.E. Santamaría-Estrada <sup>a,d</sup>, A. Flores-Hernández <sup>a</sup>, O. Cano-Villegas <sup>b</sup>, N.M. López-Flores <sup>a,d</sup>, F.G. Veliz-Deras <sup>c</sup>, G. Arellano-Rodríguez <sup>c</sup>, O. Ángel-García <sup>c</sup>, G. Calderón-Leyva <sup>c</sup>, L.R. Gaytán-Aleman <sup>c</sup>, J.M. Guillén-Muñoz <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México

<sup>b</sup> Universidad Juarez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Gómez Palacio, Durango, México

<sup>c</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México

<sup>d</sup> Universidad de Córdoba, Instituto de Estudios de Posgrado, Córdoba, España.

(\*) [cmeza2020@hotmail.com](mailto:cmeza2020@hotmail.com); [www.researchgate.org/meza-herrera](http://www.researchgate.org/meza-herrera)

### RESUMEN.

Se evaluó el posible efecto de la suplementación de nopal (*Opuntia megacantha* Salm Dick) enriquecido proteicamente sobre la luteogénesis, secreción de progesterona y la tasa de implantación embrionaria en cabras adultas expuestas al efecto macho y bajo condiciones de pastoreo. El estudio se llevó a cabo en Lerdo, Durango, México (26° LN) en época de anestro (mayo-junio). Se registraron las variables peso vivo inicial (PV1, kg), condición corporal (CC, unidades), peso vivo al día 30 (PV30, kg), diámetro de cuerpo lúteo (DCL, mm), concentración sérica de progesterona (P4TOT, ng/mL) y tasa de implantación embrionaria (IMPLANT, %) en cabras adultas de raza mixta (Alpino-Saanen-Nubia x Criollo, n=45). Las cabras fueron aleatoriamente divididas en tres grupos: 1) Opuntia proteicamente enriquecido (OPE, n=15; 44.5±1.70 kg PV, 2.58±0.14 unidades CC), 2) Opuntia no enriquecido (ONE, n=15; 43.92±1.58 Kg PV, 2.57±0.134 unidades CC) y 3) Control (CONT; n=15; 45.14±1.58 Kg PV, 2.57 ± 0.13 unidades CC). Las cabras de los grupos OPE y ONE recibieron 160 g d<sup>-1</sup> cladodios molidos y secados; el grupo OPE recibió cladodios enriquecidos en un biorreactor de fermentación.

### INTRODUCCION

La cría de cabras ha tenido un importante papel en la alimentación de países en vías de desarrollo, sobre todo en regiones áridas y de difícil subsistencia (Aréchiga et al., 2008; González-Bulnes et al., 2011). En países que presentan condiciones de aridez, las cabras asumen un papel

importante en la seguridad alimentaria y como sustento económico de los caprinocultores (Escareño et al., 2013). En México, las cabras producen anualmente 40,000 toneladas de carne y 155 millones litros de leche, generando ingresos económicos de 2800 millones de pesos mexicanos (Salinas-González et al., 2015; 2016). Las cabras son clasificadas como poliéstricas estacionales al presentar varios ciclos estrales en una estación específica del año (Meza-Herrera, 2012), mediada por diferencias de fotoperiodo a lo largo del año (Brackel-Bodenhausen et al., 1994; Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012). En México, la época reproductiva en las hembras caprinas comprende los meses de junio a diciembre (Carrillo et al., 2010). Bajo condiciones subtropicales, dicha estacionalidad reproductiva puede ser modulada mediante el uso de la suplementación alimenticia o la utilización del efecto macho. Por un lado, la estrecha asociación entre nutrición y reproducción permite asegurar una alineación entre la función ovárica y el suministro de alimentos o el estado metabólico (Meza-Herrera et al., 2004; Scaramuzzi et al., 2006; Gámez-Vázquez et al., 2008; Meza-Herrera et al., 2010; Meza-Herrera 2012; Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012; Meza-Herrera et al., 2014). Por otro lado, la bioestimulación sexual conocida como “*Efecto Macho*” consiste en la interacción de hembras en estadio anovulatorio con machos sexualmente activos (Flores-Nájera et al., 2010; Meza-Herrera et al., 2017) que inducen la ovulación y sincronización del apareamiento y parto en hembras anestricas (Adib et al., 2014).

La suplementación nutricional mediante el uso de diferentes alimentos alternativos, como es el caso del lupino, ha generado respuestas positivas en el desarrollo folicular, la tasa de ovulación y el aumento de hormonas metabólicas como insulina, IGF-I, leptina y glucosa (Downing et al., 1995; Viñoles et al., 2005; Scaramuzzi et al., 2006). Sin embargo, el lupino no tiene una distribución global (Rekik et al., 2012). Al respecto, una planta con una amplia gama de distribución y potencial uso en animales es el nopal (*Opuntia spp.*) (Flores y Aranda, 1997; Ben Salem y Smith, 2008; Meza-Herrera et al., 2017; Meza-Herrera et al., 2019). La utilización del nopal como suplemento alimenticio en ovejas se ha realizado en asociación con harina de soya en tratamientos nutricionales a corto plazo, encontrando efectos positivos no solo sobre la dinámica folicular, sino en la tasa de ovulación (Rekik et al., 2012; Sakly et al., 2014). En cerdas lactantes, la suplementación de nopal generó un aumento el consumo voluntario, una menor pérdida de peso corporal y una reducción del intervalo de destete-estro (Ordaz-Ochoa et al., 2017).

La inducción y mantenimiento del estro, el apareamiento y los efectos de la nutrición sobre una reproducción efectiva tiene como objetivo el mantener una gestación exitosa, ya que un mal manejo nutricional puede representar pérdidas no solo económicas sino biológicas (Agudelo, 2001; Meza-Herrera et al., 2010; Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012). En caprinos, la implantación embrionaria y el mantenimiento de la gestación dependen en forma significativa de una óptima función del cuerpo lúteo (CL), el cual regula el ciclo estral y mantiene la gestación mediante la secreción de progesterona (P4). La P4 participa en los procesos de reconocimiento materno de la preñez, así como en la adhesión e implantación del embrión (Tomic, Cekinovic y Arapovic, 2011; Meza-Herrera et al., 2010; Tolentino, 2014). Debido a esto, es importante comprender esta etapa fisiológica en la cabra; según Salinas-González et al. (2016) en la Comarca Lagunera, 57% de los abortos en caprinos el feto ya estaba formado y un 43% aún era prematuro, pudiendo ser en la

etapa de reconocimiento materno e implantación. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el posible efecto de la suplementación nutricional con nopal (*Opuntia megacantha Salm-Dyck*) enriquecido proteicamente sobre la luteogénesis, la secreción de progesterona (P4) y la implantación embrionaria en cabras expuestas al efecto macho.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en un rebaño caprino en el Municipio de Lerdo, Durango, México (25°10' y 25°47' LN, 103°20' y 103°59' LO). El área cuenta con un clima denominado muy seco semicálido con lluvias en verano (BW (h) w'). La temperatura media anual es de 18 a 22°C, teniendo como mínima mensual 12°C y como máxima puede rebasar los 38°C (García, 2004). El tipo de vegetación presente en este municipio es de matorrales xerófilos (Ambrosia, Artemisa, Enclia, Eupatorium, Flourensia, etc.) como dominantes, presentándose también leguminosas (*Prosopis* spp.), gramíneas (*Bouteloa*, *Sporobolus*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, etc.) y cactáceas (*Opuntia* spp.) (Rzedowski, 2006).

### 2.2. Animales y grupos experimentales

Se utilizaron 45 cabras adultas de las cruces de genotipos Alpina-Saanen-Nubia x Criollo; no preñadas, no lactantes y en fase de anestro reproductivo, con peso vivo (PV) y condición corporal (CC, base 1-4) homogéneos. Las cabras se dividieron aleatoriamente en tres grupos experimentales: 1) grupo suplementado con *Opuntia* proteicamente enriquecido (OPE, n=15; 44.5 ± 1.70 kg PV, 2.58 ± 0.14 unidades CC), 2) *Opuntia* no enriquecido (ONE, n=15; 43.92 ± 1.58 kg PV, 2.57 ± 0.134 unidades CC) y 3) grupo control (CONT, n=15; 45.14 ± 1.58 kg PV, 2.57 ± 0.13 unidades CC). Las cabras fueron mantenidas aisladas de la vista, el sonido y el olor de machos 3 meses previos al inicio del período experimental. Los animales experimentales utilizados se mantuvieron bajo las condiciones de bienestar y trato bioético que resguarda la NOM-062-ZOO-1999 (Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio). Tanto las cabras ONE y OPE fueron suplementadas individualmente con 160 g d<sup>-1</sup> durante un período de adaptación de 10 días. Todos los grupos de cabras se manejaron en forma homogénea con un esquema de pastoreo diurno y encierro nocturno en el lugar previamente descrito. Las unidades experimentales tuvieron libre acceso a agua y a una mezcla de minerales comerciales en el corral, durante las horas de la tarde-noche. Las cabras fueron tratadas contra los parásitos internos y externos.

### 2.3. Suplementos experimentales y esquema de suplementación

El enriquecimiento proteico de cladodios de nopal aportados al grupo experimental OPE se llevó a cabo mediante un proceso de fermentación semisólido. Los cladodios fueron picados en pequeñas rebanadas de pencas e inoculados con levadura de cerveza (*Scharomyces cereveciae*) (1%), urea (1%) y sulfato de amonio (0.1%) en un biorreactor (Nopafer- R) durante un período de 10 h. Posteriormente, los cladodios enriquecidos fueron semi-secados a temperatura ambiente

durante 72 h. La composición química media de los cladodios enriquecidos proteicamente se muestran en el Cuadro 1. La suplementación de los grupos ONE y OPE tuvo lugar de 09:00 a 10:00 h antes de la actividad de apacentamiento y consideró un período de adaptación de 10 d. Los tres grupos experimentales se mantuvieron juntos durante el día en unos pastizales semiáridos y separados en corrales por la noche.

**Cuadro 1.** Composición química media en base seca de cladodios de *Opuntia megacantha* Salm-Dyck bajo un procesamiento de enriquecimiento proteico (OPE), como no enriquecido (ONE), suplementados a cabras adultas expuestas al efecto macho en un fotoperiodo natural de días largos (mayo-junio), bajo condiciones áridas en el norte de México (26°LN)

	OPE, fresco	ONE fresco	OPE seco	ONE seco
MS (%)	12.5	12.9	92.06	92.09
PC (%)	29.8	6.44	20.56	4.9
FND (%)	18.3	21.34	17.52	14.7
FAD (%)	16.6	19.70	17.98	11.90
CNF (%)	24.4	43.85	33.91	53.3
TND (%)	57.2	53.15	56.41	61.0
ENm (Mcal/Kg MS)	2.27	1.88	2.21	2.31
Ceniza (%)	25.5	27.99	26.78	24.7

ENm fue calculado mediante ecuaciones consideradas por la National Research Council (NRC, 2007).

2.4. **Activación sexual del macho y “efecto macho”** Después del periodo de adaptación, las cabras de los tres tratamientos fueron expuestas a seis machos adultos sexualmente experimentados de razas cruzadas (Alpina-Saanen, dos por tratamiento) de 3 a 4 años de edad y con fertilidad y libido probados. Los machos se mantuvieron en un corral con piso de cemento (6 x 6 m) antes del empadre, donde tuvieron libre acceso a agua y una mezcla mineral; además de ofrecerles heno de alfalfa a libre acceso más 500 g de un concentrado comercial (NRC, 2007). Antes del contacto con las hembras, todos los machos recibieron una inyección intramuscular de testosterona (50 mg, testosterona, Lab. Brovel, DF, México) cada 3 d x 3 semanas previo al empadre experimental (Luna-Orozco et al., 2012). Los machos fueron mantenidos permanentemente en esos corrales; solo estuvieron en contacto con las cabras por diez días, desde 18:00 hasta 08:00 h.

2.5. **Evaluación ultrasonográfica de la función ovárica**

Se realizó un análisis ultrasonográfico antes del periodo de empadre para confirmar el estado de anestro (15, 10 y 5 d previo al empadre experimental). El número de cabras que mostraron signos de estro o copulación se registró diariamente una vez definidos los comportamientos de inicio de la ovulación como resultado del efecto macho. El comportamiento estral fue verificado por una hora dos veces al día (08:00 y 19:00 h) durante el período de empadre (10 d). Los machos fueron retirados de la monta experimental 10 d después del inicio del empadre. Se realizó un escaneo de ultrasonido transrectal en tiempo real modo B (Aloka SSD 500 Echo, Overseas Monitor Corp. Ltd., Japón), 10 d después de la retirada de los machos, para cuantificar el número de cuerpos lúteos y 25 d después para evaluar la tasa de implantación embrionaria. Tanto los análisis ultrasonográficos (AUS) previos al empadre, así como después del periodo de empadre, se realizaron por un operador experto. El número de cuerpos lúteos observados en cada estructura ovárica fueron medidos y registrados de acuerdo con los procedimientos descritos por Dickie et al. (1999). Los ovarios fueron visualizados a una ampliación de la imagen de 1.5x para cuantificar el desarrollo del cuerpo lúteo, así como de la tasa de implantación generados en los tres grupos experimentales expuestos al macho.

### 2.6. Muestreo sanguíneo intermitente

Las muestras sanguíneas fueron colectadas al inicio del empadre y 10, 20, 30 y 45 d posteriores al empadre mediante venopunción de la yugular utilizando agujas estériles de 0.8x38 mm (Becton Dickinson & Co., Franklin Lakes, USA) y tubos colectores vacutainer de 10 ml (Corvac Sherwood Medical, St. Louis, MO, USA). Una vez centrifugadas (1,500 x g, 15 min) las muestras de suero con su réplica fueron almacenadas en tubos de polipropileno a -4 °C. Las muestras recolectadas fueron evaluadas para determinar su contenido de progesterona (P4), mediante radioinmunoanálisis (RIA). Dichos análisis se realizaron en el laboratorio de endocrinología del Departamento de Ciencia Animal, de la Universidad Estatal de Nuevo México, Las Cruces, NM, EUA. El periodo experimental considero un total de 61 días, del 5 de mayo al 5 de julio: 20 d de suplementación en hembras (10 d pre-empadre + 10 d de empadre). En esta etapa, concluyó la suplementación de Opuntia. La figura 1 muestra las principales actividades realizadas conforme lo descrito anteriormente.

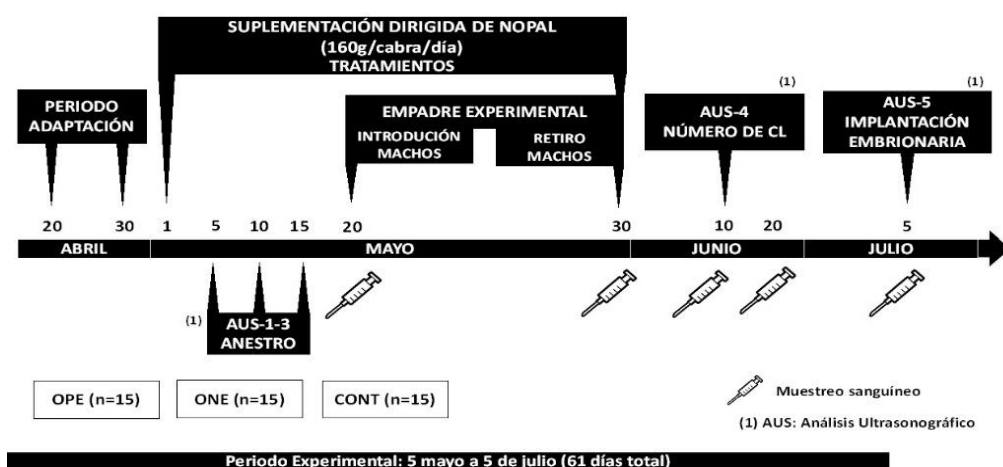


Figura 1. Protocolo experimental de la suplementación dirigida con nopal (*Opuntia megacantha* Salm-Dyck) enriquecido proteicamente (OPE), no enriquecidos (ONE) y grupo control no suplementado (CONT) en cabras adultas (Alpina-Saanen-Nubia x Criolla; n=15) expuestas a machos sexualmente activos en condiciones extensivas en el Municipio de Lerdo, Durango, México.

### **Análisis estadístico**

Las variables de respuesta peso vivo inicial (PV1, kg), condición corporal (CC, unidades 1 a 4) y peso vivo a los 30 d (PV30, kg), el diámetro total del cuerpo lúteo (DCL, mm), la secreción total promedio de progesterona (P4TOT, ng/ml) y la tasa de implantación embrionaria (IMPLANT, %) fueron evaluadas. El análisis de las variables condición corporal (CC) y peso vivo (PV) entre tratamientos consideró un análisis de varianza (PROC GLM) con un diseño completamente al azar con tres tratamientos (OPE, ONE y CONT) y 15 repeticiones por tratamiento. Las concentraciones de P4 a través del tiempo fueron analizadas considerando los valores medios de todos los muestreos (PROC GLM). Para todas las variables (PV1, CC, PV30, DCL, P4TOT, IMPLANT) se realizó una comparación de medias de tratamientos mediante el procedimiento de medias de mínimos cuadrados utilizando el procedimiento LSMEAN/PDIFF. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute Inc. V9.1 Cary, NC, EE.UU.) considerando un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

## **RESULTADOS**

### *Peso vivo, condición corporal y diámetro del cuerpo lúteo*

Los valores de las medias mínimas cuadráticas de PV inicial en los grupos OPE, ONE y CONT fueron de  $44.58 \pm 1.7$  kg;  $43.92 \pm 1.58$ ,  $45.14 \text{ Kg} \pm 1.58$  kg, y una condición corporal de  $2.58 \pm 0.14$  unidades;  $2.57 \pm 0.13$  unidades;  $2.57 \pm 0.13$  unidades. Los pesos al final de la suplementación fueron de  $44.50 \pm 1.84$  kg;  $43.78 \pm 1.7$  kg;  $45.35 \pm 1.70$  kg en los grupos OPE, ONE y CONT, respectivamente. No existieron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) para dichas variables. (Fig. 2).

Los valores de las medias mínimas cuadráticas del diámetro de cuerpo lúteo para cada grupo experimental fueron de  $1.66 \pm 0.34$  mm para el grupo OPE;  $0.92 \pm 0.32$  mm para el grupo ONE y  $0.61 \pm 0.32$  mm para el grupo CONT (Figura 3), observando una diferencia significativa entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ).

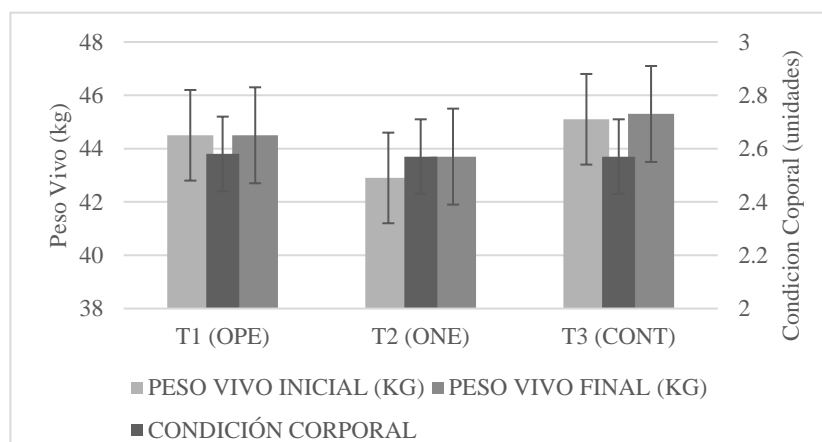
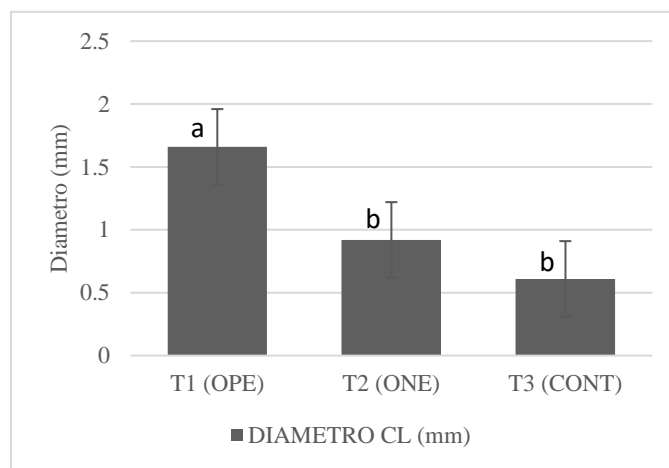


Figura 2. Peso vivo inicial (día 1) y final (día 30) y condición corporal de las cabras alimentadas con nopal enriquecido proteicamente (OPE), nopal no enriquecido (ONE) y grupo control (CONT). (No existieron diferencias entre tratamientos; P<0.05)



Secreción de progesterona y tasa de implantación embrionaria

Los valores de las medias mínimas cuadráticas de la concentración de progesterona (P4) fueron  $5.06 \pm 1,64$  ng/mL;  $3.72 \pm 1.51$  ng/mL y  $2.40 \pm 1.51$  ng/mL para los grupos OPE, ONE y CONT, respectivamente (Figura 4); no existió diferencia significativa entre grupos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, los valores de las medias mínimas cuadráticas de la tasa de implantación fueron de:  $83 \pm 18\%$ ;  $57 \pm 16\%$ ;  $14 \pm 16\%$  en los grupos OPE, ONE y CONT, respectivamente (figura 5), observando diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). Los muestreos sanguíneos para la cuantificación de progesterona sérica se realizaron el día de la introducción de los machos y 10, 20, 30 y 45 días después, con la finalidad de confirmar la funcionalidad del CL y la secreción de P4 al través del periodo experimental. No existieron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la secreción de P4 entre los grupos experimentales desde el inicio del periodo de empadre, hasta la cuantificación de la implantación embrionaria, teniendo un promedio de P4 para cada grupo evaluado a lo largo del tiempo de  $4.02 \pm 1.68$  ng/ml;  $2.95 \pm 1.56$  ng/ml y  $1.83 \pm 1.56$  ng/ml para los grupos OPE, ONE y CONT, respectivamente (Figura 3).

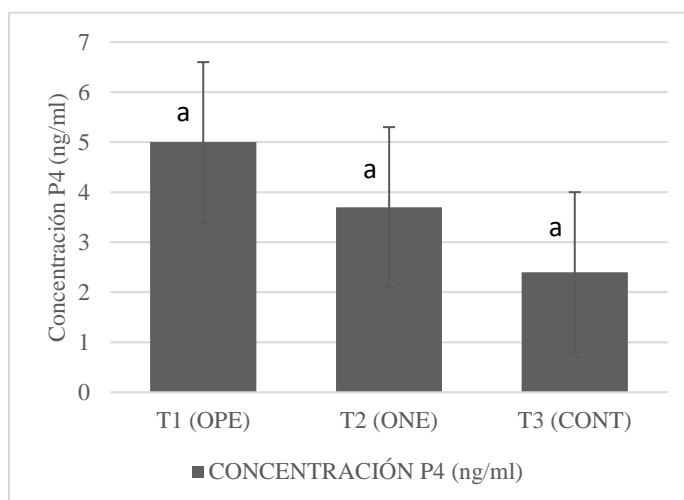


Figura 3. Concentración de P4 en cabras alimentadas con nopal enriquecido proteicamente (OPE), nopal no enriquecido (ONE) y grupo control (CONT). (No existieron diferencias entre tratamientos;  $P > 0.05$ ).



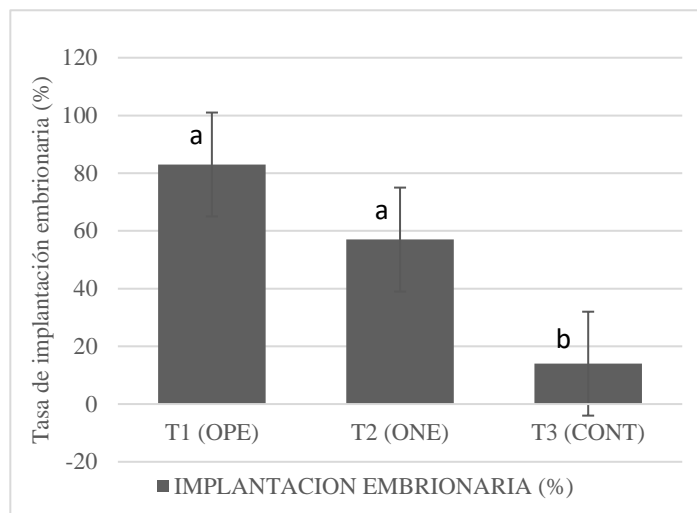


Figura 4. Tasa de implantación embrionaria en cabras alimentadas con nopal enriquecido proteicamente (OPE), nopal no enriquecido (ONE) y grupo control (CONT). (Tratamientos con diferentes literales, denotan diferencias;  $P < 0.05$ ).

En el Cuadro 2 se concentran las medias de mínimos cuadrados para las variables PV1, CC, PV30, DCL, P4TOT e IMPLANT. El DCL fue mayor en el grupo OPE en comparación con los demás grupos, sin embargo, esto no significó una variación en la secreción de P4. En el mismo sentido, el mayor porcentaje de IMPLANT se observó en el grupo suplementado con Opuntia enriquecida proteicamente con respecto a los otros dos grupos experimentales ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados con respecto a peso vivo (PV) inicial y final, condición corporal (CC), Diámetro de cuerpo lúteo, concentración de P4 y tasa de implantación embrionaria en cabras adultas (Alpina-Saanen-Nubia x Criolla) suplementadas con nopal (*Opuntia megacantha* Salm-Dyck) enriquecido proteicamente (OPE), nopal normal (ONE) y sin suplemento (CONT). Las cabras fueron expuestas al efecto macho en condiciones de fotoperiodo natural de mayo-junio (anestro estacional) en condiciones de pastizal semiárido en el norte de México (26°LN). (1)

<b>VARIABLES EVALUADAS</b>	<b>OPE</b> (n=15)	<b>ONE</b> (n=15)	<b>CONT</b> (n=15)	<b>ES<sup>(2)</sup></b>	<b>PROB<sup>(3)</sup></b>
<b>Peso Vivo Inicial (kg)</b>	44.5 a	43.9 a	45.1 a	1.7	0.8
<b>Condición corporal día 30 (unidades)</b>	2.58 a	2.57 a	2.57 a	0.14	1
<b>Peso Vivo día 30 (kg)</b>	44.5 a	43.7 a	45.3 a	1.8	0.7
<b>Diámetro cuerpo lúteo (mm)</b>	1.66 a	0.92 ab	0.61 b	0.3	0.04
<b>P4 total promedio (ng/ml)</b>	5 a	3.7 a	2.4 a	1.6	0.5
<b>Implantación (%)</b>	83 a	57 a	14 b	18	0.01

(1) Literales diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ( $P>0.05$ )

(2) Se presenta el error estándar más conservador

(3) Nivel de probabilidad

## DISCUSIÓN

La hipótesis de trabajo propuso un efecto positivo de la suplementación de nopal (*Opuntia megacantha* Salm-Dyck) enriquecido proteicamente sobre aspectos reproductivos en cabras anéstricas expuestas al efecto macho, considerando un posible incremento en el proceso de luteogénesis, una mayor secreción de progesterona y una mayor implantación embrionaria; los resultados obtenidos confirman parcialmente dicha hipótesis de trabajo. Rekik et al. (2012) y Sakly et al. (2014), reportaron efectos significativos de la suplementación de nopal sobre la tasa ovulatoria en ovejas. Por su parte, Meza-Herrera et al. (2017) no reportaron diferencias sobre la tasa de implantación embrionaria suplementando nopal proteicamente enriquecido en cabras anéstricas, difiriendo con nuestros resultados, los cuales fueron positivos. A la fecha, no se han encontrado estudios que reporten un efecto positivo de la suplementación de nopal sobre la luteogénesis, secreción de progesterona y la tasa de implantación embrionaria en diversas bases de journals indexados.

La luteogénesis es el proceso mediante el cual se forma y desarrolla el cuerpo lúteo, una glándula secretora de P4 importante en el reconocimiento materno de la gestación. Rekik et al. (2012) mediante el efecto agudo de la suplementación con cladodios de nopal (<10 d) incrementó el número de cuerpos lúteos por oveja (1.7 por oveja). Por su parte, Meza-Herrera et al. (2007), suplemento cabras en su ciclo ovárico normal con proteína de sobrepaso, no encontraron diferencias en el número de cuerpos lúteos y la secreción de progesterona. Nuestros resultados mostraron una relación no significativa entre el tamaño del CL y la concentración de progesterona entre los grupos evaluados. Boscós et al. (2003) reportaron que los niveles de concentración de P4 requeridos para determinar la preñez en cabras es de 1.5 – 2.5 ng/mL. Mientras que Salve et al. (2016) registraron que el aumento de P4 es gradual entre el día de la monta y el día 28 de la gestación. El presente estudio encontró resultados no coincidentes con lo registrado por González de Bulnes et al. (2000), Ishak et al. (2017) y Tarso et al. (2017) sobre una correlación positiva entre el área del CL y las concentraciones plasmáticas de progesterona en cabras, yeguas y vacas, respectivamente. Los resultados del presente estudio muestran que el diámetro del CL no es necesariamente un predictor preciso de la cantidad de secreción de progesterona en la gestación de las cabras (Veronesi et al., 2002; Simoes et al., 2007) considerando que la correlación del diámetro del CL y la concentración de P4 solo es directa en las primeras etapas del desarrollo lúteo (Battochio et al., 1999).

La mejora de la secreción de hormonas involucradas en la reproducción mediante la suplementación de alimentos específicos se ha estudiado en animales domésticos (Meza-Herrera, 2008; Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012). Con relación a la suplementación de proteína, Dawuda, et al. (2004), no encontraron diferencias significativas en los niveles plasmáticos de progesterona entre grupos de vacas lecheras suplementadas con nitrógeno rápidamente degradable (QDN). El exceso de QDN no afectó la secreción de P4 y por consiguiente la maduración del endometrio durante el periodo de implantación. Los resultados del presente estudio son similares, observando un mayor tamaño del CL, pero no una relación positiva con la secreción de P4. Sin embargo, los resultados de la suplementación de proteína de sobrepaso y su efecto sobre aspectos reproductivos han sido inconsistentes (Meza-Herrera et al., 2006), ya que se puede ocasionar una tasa de implantación baja debido a una acidificación del útero, que a su vez genera una menor secreción de interferón tau y de IGF-I, lo cual favorece una mayor liberación de PGF2 $\alpha$ , comprometiendo el proceso del reconocimiento e implantación embrionaria (Meza-Herrera et al., 2007). Tarso et al. (2017), reportaron una relación positiva entre la vascularidad de folículo pre-ovulatorio y el tamaño y la secreción de P4. De esta manera, la suplementación de nopal enriquecido proteicamente antes del empadre pudo haber contribuido a un mejor proceso de reclutamiento, dominancia y vascularización del folículo pre-ovulatorio, que pudiera favorecer el tamaño, pero no la secreción de P4 por parte del CL formado a partir de este.

**Efecto Opuntia: Tasa de implantación embrionaria** La fase del reconocimiento materno y la implantación del embrión ocurren cuando ocurre la elongación del conceptus. El interferón tau secretado por el conceptus es la señal mediante la cual se promueve el proceso de reconocimiento materno de la preñez (Dorniak et al., 2014). Existe evidencia de que el IFN-t no solo sirve como señal de reconocimiento de la preñez, sino que también, en conjunto con P4, influye en la expresión de genes que promueven un ambiente uterino proclive al desarrollo e implantación del conceptus (Gao, et al., 2009a). La mayor tasa de implantación embrionaria obtenida en este estudio fue de 83%, observada en el grupo suplementado con nopal enriquecido proteicamente, resultados contrastantes con lo encontrado por Meza-Herrera et al. (2010, 2017) al hacer uso de una suplementación con alimentos proteicos.

En el presente estudio, no existieron diferencias significativas entre la P4 secretada entre grupos experimentales, sin embargo, se registró una mayor tasa de implantación en el grupo de OPE. Dicho escenario fisiológico sugiere que en el grupo OPE, la P4 secretada de manera normal y su liberación creciente al inicio de la gestación fueron suficientes para promover la síntesis de IFN-t por parte del conceptus, generando una mayor respuesta en la tasa de implantación, pudiendo ser resultado del efecto de la levadura que beneficia la actividad celulítica en el rumen, el flujo de proteína bacteriana duodenal y un aumento de ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente propionato (Erasmus et al., 1992; Desnoyers et al., 2009). Un escenario plausible para entender dicho resultado es que posiblemente la levadura mejoro la asimilación de la fibra, reduciendo la fibra detergente neutra (NFD) indigerible y promovió la acción de bacterias y hongos involucrados en la hidrólisis de los enlaces de lignina (Chaucheyras-Durand et al., 2012).

La P4 induce la producción de fluidos uterinos que contienen factores de crecimiento para el embrión y promover la maduración del endometrio, además promover la expresión de genes que codifican el transporte de la glucosa, mejorando el transporte de lípidos, la elongación, la implantación y la placentación del conceptus (Barnes 2000; Forde et al., 2010). En efecto, se ha observado que la expresión de genes ANPEPE, CTGF, LPL, LTF y SLC5A1 en el epitelio glandular del endometrio afecta la composición de la leche uterina o histotrofo. Asimismo, Gao et al. (2009ab) reportaron que las expresiones de familias de transportadores de glucosa, transportadores de aminoácidos neutros (alanina, cisteína, serina y treonina) y ácidos (glutamato y aspartato) inducidas por P4 y estimuladas por IFN-t en el útero de ovinos apoyan el crecimiento y desarrollo del conceptus en la etapa de periimplantación. La alimentación ofrecida en el presente estudio pudo estimular la alineación en la secreción de hormonas y otras moléculas que favorecieron la implantación en el grupo OPE.

El aporte nutricional del nopal enriquecido proteicamente, en combinación con pastizales de buena calidad y el mantenimiento del bienestar animal, pudo favorecer la expresión de genes de receptores y transportadores en el endometrio o una mayor síntesis de moléculas involucradas en el reconocimiento materno y la implantación embrionaria, como lo pueden ser las glicoproteínas del endometrio. Estos efectos pudieron tener lugar de manera local (en el endometrio) o paracrina (en el hígado); ya que según Ruhmann et al. (2017), el interferón tau (IFN-t) induce la expresión de genes específicos de IFN-t (ISG) en torno al día 18 de la preñez, no solo en las células del endometrio, sino también en células del hígado, suprimiendo la secreción de prostaglandinas (PGF2 $\alpha$ ) y evitando la luteólisis. Lo anterior sugiere que el IFN-t pudo haber modulado el metabolismo hepático (síntesis y almacenamiento de proteínas y glucosa) y promover la síntesis de glicoproteínas para la fase de reconocimiento materno. Sin embargo, para poder dilucidar un posible efecto de la suplementación con nopal enriquecido sobre los escenarios fisiológicos previamente planteados, se requiere de estudios adicionales que confirmen dicha posibilidad.

## **CONCLUSIONES**

La suplementación con nopal proteicamente enriquecido favoreció el desarrollo lúteo y la tasa de implantación embrionaria, sin diferencias respecto a la síntesis de progesterona en cabras adultas expuestas al efecto macho en época de anestro. Mientras que no existieron diferencias respecto al peso vivo y condición corporal entre los grupos evaluados, resultados del estudio demostraron que una mayor cantidad de tejido lúteo no implica necesariamente un incremento en los niveles séricos de progesterona. Dado que la mayor tasa de implantación embrionaria observada ocurrió en el grupo nopal enriquecido. No se puede descartar la posibilidad de una mayor activación de genes que codifican el ensamble de receptores a progesterona, investigaciones futuras deben enfocarse a dilucidar los efectos del nopal enriquecido proteicamente sobre aspectos metabólicos, proteómicos y génicos involucrados en el proceso del reconocimiento materno de la preñez y la implantación embrionaria.

**BLOGRAFIA**

- Adib A., Fereret S., Touze J-L., Lomet D., Lardic L. Chesneau D. Estienne A., Papillier P., Monniaux D., Pellicer-Rubio M.T. (2014). Progesterone improves the maturation of male-induced preovulatory follicles in anoestrous ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 148(4): 403-416.
- Agudelo, S.I. (2001). Concentraciones de cortisol, fusión del cuerpo lúteo y presentación de abortos en cabras sometidas a una restricción alimenticia aguda. (Tesis de Maestría). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX. México.
- Arechiga, C.F., J.I. Aguilera, R.M. Rincón, S. Mendez de Lara, V.R. Bañuelos and C.A. Meza-Herrera. (2008). Role and perspectives of goat production in a global world. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:1-14.
- Barnes, F.L. (2000). The effects of the early uterine environment on the subsequent development of embryo and fetus. *Theriogenology*. 53: 649-658.
- Battochio, M., Gabai, G., Mollo, A., Veronesi, M.C., Soldano, F., Bono, G. y Cairoli, F. (1999). Agreement between ultrasonographic classification of the CL and plasma progesterone concentration in dairy cows. *Theriogenology*. 51(6): 1059-1069.
- Ben Salem, H. y Smith, T. (2008). Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*. 77(2-3): 174-194.
- Boscós, C.M., Samartzi, F.C., Lymberopoulos A.G., Stefanakis, A. y Belibasaki, S. (2003). Assessment of progesterone concentration using enzymeimmunoassay, for early pregnancy diagnosis in sheep and goats. *Reproduction in domestic animals*. 38(3): 170-174.
- Brackel-Bodenhausen A.Von., Wuttke W., Holtz W. (1994). Effects of photoperiod and slow-release preparations of bromocryptine and melatonin on reproductive activity and prolactin secretion in female goats. *Journal of Animal Science*. 72(4): 955-962.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C.A., Veliz-Deras, F.G. (2010). Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2):169-178.
- Chaucheyras-Durand, F. Chevaux, E., Martin C. y Forano, E. (2012). Use of yeast probiotics in ruminants: effects and mechanisms of action on rumen pH, fibre degradation and microbiota according to the diet. Chapter 7. In: Rigobelo, E.C. Editor. *Probiotic in Animals*. Publisher: InTech. <https://www.intechopen.com/books/probiotic-in-animals>
- Dawuda, P.M., Scaramuzzi, R.J., Drew, S.B., Biggadike, H.J., Laven, R.A., Allison, R., Collins, C.F., Wathes, D.C. (2004). The effect of a diet containing excess quickly degradable nitrogen (QDN) on reproductive and metabolic hormonal profiles of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 81(3-4):195-208.
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C. y Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 92(4): 1620-1632.
- Dickie A., Paterson M.M., Anderson C., Boyd J.S. (1999). Determination of corpora lutea numbers in Booroola-Texel ewes using transrectal ultrasound. *Theriogenology*. 51: 1209-1224.
- Dorniak, P., Bazer, F.W. y Spencer, T.E. (2014). Physiology and endocrinology symposium: Biological role of interferón tau in endometrial function and conceptus elongation. *Journal of Animal Science*. 91:1627-1638.
- Downing, J.A., Joss, J., Conell, P. y Scaramuzzi, R.J. (1995). Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophic and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *Journal of Reproduction and Fertility*. 103(1): 137-145.

- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J. y Meza-Herrera, C. (2013). Dairy goat production system. *Topical Animal Health Production*. 45(1): 17-34.
- Erasmus, L.J., Botha, P.M. y Kistner, A. (1992). Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 75(11), 3056-3065.
- Flores, V.C.A. y Aranda, O.G. (1997). Opuntia based ruminant feeding systems in Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 2:3-9.
- Flores-Nájera M.J., Meza-Herrera C.A., Echavarría F.G., Villagomez E. Iñiguez, L., Salinas H., González-Bulnes A. (2010). Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions. *Animal Production Science*. 50: 897-901.
- Forde, N., Spencer, T.E., Bazer, F.W., Song, G., Roche, J.F. y Lonergan, P. (2010). Effect of pregnancy and progesterone concentration on expression of genes encoding for transporters or secreted proteins in the bovine endometrium. *Physiological Genomics*. 41(1): 53-62.
- Gamez-Vazquez, H.G., C.A. Rosales-Nieto, R. Bañuelos-Valenzuela, J. Urrutia-Morales, M.O. Diaz-Gomez, J.M. Silva-Ramos and C.A. Meza-Herrera. (2008). Body condition score positively influence plasma leptin concentrations in criollo goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7(10):1237-1240.
- Gao, H., Wu, G., Spencer, T.E., Johnson, G.A. y Bazer, F.W. (2009a) Select nutrients in the ovine uterine lumen. II. Glucose transporters in the uterus and peri-implantation conceptoes. *Biology of Reproduction*. 80(1): 94-104.
- Gao, H., Wu, G., Spencer, T.E., Johnson, G.A. y Bazer, F.W. (2009b) Select nutrients in the ovine uterine lumen. IV. Expresion of neutral and acidic amino acid transporters in ovine uteri and peri-implantation conceptus. . *Biology of Reproduction*. 80(6):1196-1208.
- García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. 5ta Edición Digital. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México: México, Pp. 20, 50.
- González de Bulnes, A., Santiago, M.J., Gómez, B.A., y López, S.A. (2000). Relationship between ultrasonographic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration during the oestrous cycle in monovular ewes. *Reproduction in Domestic Animals*. 35(2): 65-68.
- González-Bulnes, A., Meza-Herrera, C.A., Rekik, M., Ben Salem, H., Kridli, R.T. (2011). Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA. Chapter 2:41-60.
- Ishak, G.M., Bashir, S.T., Gastal, M.O. y Gastal, E.L. (2017). Pre-ovulatory follicle affects corpus luteum, diemeter, blood flow and progesterone production in mares. *Animal Reproduction Science*. 187: 1-12.
- Luna-Orozco J.R., Guillen-Muñoz J.M., De Santiago-Miramontes M.A., García J.E., Rodríguez-Martínez R., Meza-Herrera C.A., Mellado M., Veliz F.G. (2012). Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical Animal Health and Production*. 44: 71-75.
- Meza-Herrera, C.A., Ross, T., Hawkins, D., y Hallford, D. (2006). Interactions between metabolic status, pre-breeding protein supplementation, uterine pH, and embryonic mortality in ewes: Preliminary observations. *Tropical Animal Health and Production*. 38(5):407-413.
- Meza-Herrera, C.A., Ross, T., Hallford, D., Hawkins, D. y Gonzalez-Bulnes, A. (2007). Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(5). 461-465.
- Meza-Herrera, C.A. (2008). Reglulatory mechanisms of puberty in female goats: Recent concepts. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:29-38.

- Meza-Herrera, C.A., Ross, T., Hallford, D., Hawkins, D. y Gonzalez-Bulnes, A. (2007). Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(5). 461-465.
- Meza-Herrera, C.A. (2012). Puberty, kisspeptin and glutamate: A ceaseless golden braid. In: *Advances in Medicine and Biology*. Ed: Berhardt L.V. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Vol. 52, Chapter 3, p 97-124. ISBN: 978-1-62081-314-0.
- Meza-Herrera, C.A., González-Bulnes, A., Kridli, R.T., Mellado, M., Arechiga-Flores, C.F., Salinas, H., y Luginbuhl, J.M. (2010). Neuroendocrine, metabolic and genomic cues signalling the onset of puberty in females. *Reproduction in Domestic Animals*. 45(6).
- Meza-Herrera, C.A., Sánchez, J.M., Chavez-Perches, J.G., Salinas, H., Mellado, M. (2004). Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. Preovulatory serum profile of insulin. *South African Journal of Animal Science*. 34(Suppl. 1): 223-226.
- Meza-Herrera, C.A., Ross, T.T., Hallford, D.M., Hawkins, D.E., Gonzalez-Bulnes A. (2010). High periconceptional protein intake modifies uterine and embryonic relationships increasing early pregnancy losses and embryo growth retardation in sheep. *Reproduction Domestic Animals*. 45(4): 723-728.
- Meza-Herrera, C.A. y Tena-Sempere, M. (2012). Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. In: Astiz S., Gonzalez-Bulnes A., Editors. *Animal reproduction in livestock, encyclopedia of life support systems (EOLSS)*, developed under the auspices of the UNESCO. Oxford, UK: Eolss Publishers. <http://www.eolss.net>.
- Meza-Herrera, C.A., F. Vargas-Beltrán, M. Tena-Sempere, A. Gonzalez-Bulnes, U. Macias-Cruz, F.G. Veliz-Deras. (2013). Short-term betacarotene supplementation positively affects ovarian activity and serum insulin concentrations in a goat model. *Journal of Endocrinological Investigation*. 36(3):185-189.
- Ordaz-Ochoa, G., Juarez-Caratachea, A., Pérez-Sanchez, R. Roman-Bravo, R.M. y Ortiz-Rodríguez, R. (2017). Effect of spineless cactus intake (*Opuntia ficus-indica*) on blood glucose levels in lactating sows and its impact on feed intake, body weight loss, and weaning-estrus interval. *Tropical Animal Health and Production*. 49(5): 1025-1033.
- Rekik M., Gonzalez-Bulnes A., Lassoued N., Ben Salem H., Tounsi A., Ben Salem I. (2012). The cactus effect: an alternative to the lupin effect for increasing ovulation rate in sheep reared in semiarid regions? *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 96(2): 242-249.
- Ruhmann, B., Giller, K., Hankele, A.K., Ulbrich, S.E., Schmicke, M. (2017). Interferon-Tau induced gene expression in bovine hepatocytes during early pregnancy. *Theriogenology*. 31(104):198-204.
- Rzedowski J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 253-165.
- Sakly C., Rekik M., Ben Salem I., Lassoued N., Gonzalez-Bulnes A., Ben Salem H. (2014). Reproductive responses of fat-tailed Barbarine ewes subjected to short-term nutritional treatments including spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 98(1): 43-49.
- Salinas-González H., Meza-Herrera, C.A., Escareño-Sánchez, L.M., Echavarría-Chairez, F., Maldonado-Jáquez, J.A. y Pastor-López, F.J. (2015). Sistemas de producción caprinos carne-leche: Tendencias productivas en México y el mundo. In: *Enfermedades de las cabras*. Ed. E. Díaz-Aparicio, J.L Tórotora-Pérez, E.G. Palomares-Resendiz, J.L. Gutierrez-Hernández. SAGARPA, INIFAO-CENID-MA. México, DF, p. 3-22. ISBN: 978-607-37-0411-3.
- Salinas-González, H., Moysen, V.E.D., De Santiago Miramontes, M. A., Veliz, D.F.G, Maldonado, J.J.A., Velez, M.LI., Torres, H.D., Requejo, L.M.I, Figueroa, V.U. (2016). Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. *Interciencia*. 41(11), 763-768.



- Salve, R.R., Ingole, S.D., Nagvekar, A.S., Bharucha, S.V. y Dagli, N.R. (2016). Pregnancy associated protein and progesterone concentrations during early pregnancy in Sirohi goats. *Small Ruminant Research*. 141: 45-47.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M. y Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction, Nutrition, Development*. 46(4): 339-354.
- Simoes, J., Almeida, J.C., Baril, G., Azevedo, J., Fontes, P. y Mascarenhas, R. (2007). Assesment of luteal function by ultrasonographic appearance and measurement of corpórea lutea in goats. *Animal Reproduction Science*. 97(1): 36-46.
- Tarso, S.G.S., Gastal, G.D.A., Bashir, S.T., Gastal, M.O., Apgar, G.A. y Gastal, E.L. (2017). Follicle vascularity coordinates corpus luteum blood flow and progesterone production. *Reproduction Fertility and Development*. 29(3):448-457.

## GENÓMICA APLICADA A GANADO BOVINO LECHERO

Miguel Ángel Gallegos Robles<sup>1</sup>, Uriel González Salas<sup>1</sup>, Nery Cecilia García de la Paz<sup>1</sup>, José Luis García Hernández<sup>1</sup>, Tomás Juan Álvaro Cervantes Vázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35, garoma64@hotmail.com

### INTRODUCCION

El papel de la vaca lechera es proporcionar proteínas y otros nutrientes de alta calidad para los humanos. Para ello se deben seleccionar y administrar vacas con el objetivo de alcanzar la mayor eficiencia posible para cualquier ambiente dado. Sin embargo, la falta de integración de los aspectos genéticos, nutricionales y reproductivos en las decisiones de manejo, hace que la variación en la eficiencia productiva y reproductiva entre los animales todavía sea bastante grande (McNamara, 2012).

La producción de leche es una variable continua y está determinada en parte por las enzimas que participan en la ruta metabólica. Cada enzima es codificada por un gen específico, cuya expresión y variante (alelo) es determinante en la producción y calidad de la leche. En los programas de mejoramiento genético tradicional se busca identificar aquellos animales que portan genes (alelos) que mejoran esta característica, aunque no necesariamente se conozca cuál es ese gen o su alelo. Los estudios realizados en ganado bovino a nivel molecular han permitido estudiar características productivas de gran importancia para el mejoramiento animal, y han llevado a la búsqueda de marcadores genéticos para la identificación de genes asociados a caracteres de interés (Martínez *et al.*, 2012; Piñeira *et al.*, 2012; White *et al.*, 2005).

Una de las formas más comunes de estudiar el genoma animal es mediante el análisis de genes candidatos, y su objetivo principal es mapear genes individuales relacionados con rasgos económicos, de acción biológica conocida e involucrados en el desarrollo o la fisiología de un rasgo (Oliveira Peixoto *et al.*, 2009).

Entre los genes relacionados con la producción y calidad de leche, se encuentra el gen *Ob* también llamado gen leptina. El producto de este gen es la hormona proteica leptina de 16-KDa, compuesta por 146 aminoácidos, secretada por los adipocitos a la sangre y desempeña funciones importantes en el control del peso corporal, la deposición de grasa, consumo de alimento, la función inmune y la reproducción en ganado (Javanmard *et al.*, 2010; Quintero y Ruíz, 2008; Nkrumah *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2014).

Se han descrito varios polimorfismos (SNP, Single Nucleotide Polymorphism) en el exón dos del gen *Ob* (Yoo *et al.*, 2005). Uno de estos polimorfismos es la sustitución de citosina(C) por timina

(T), que a su vez conduce al remplazo del aminoácido arginina por cisteína en la proteína leptina, originando una modificación en la estructura de la proteína que bloquea la capacidad para ser identificada por los receptores en el hipotálamo, suprimiendo la sensación de saciedad del animal, por lo que consumen más alimento, reflejándose en un aumento de producción de leche entre otras características (Cerón-Muñoz *et al.*, 2009). Este polimorfismo genera dos alelos, el T y el C, siendo el alelo T el mutado y el C el alelo normal, asociados respectivamente a la leptina modificada y leptina común. El alelo T también se ha asociado con el mayor contenido de grasa en la canal (Souza *et al.*, 2010; Cerón-Muñoz *et al.*, 2009).

Como el animal recibe sólo un alelo por par de genes de cada progenitor, en relación al gen *Ob*, el genotipo de las vacas puede ser: CC (ambos alelos codifican la leptina común); TT (ambos alelos codifican la leptina modificada) y CT (cada alelo codifica un tipo de leptina). En su comportamiento, los animales con genotipo CC son más lentos para engordar, comen menos durante el pico de lactancia y producen menos leche. Los animales con genotipo TT producen más leche, es mejor calidad y los canales tienen mayor marmoleo (Montoya *et al.*, 2009). Los tres genotipos para la producción de leptina han sido encontrados en todas las razas bovinas, pero en diferentes proporciones (Corva *et al.*, 2007).

Debido a que el gen de *Ob* y sus polimorfismos representan una función importante en los sistemas de producción y calidad de leche, el uso de este gen como marcador genético podría ser una opción eficiente para selección de becerras en edad temprana, y se asume que conociendo la condición genética del animal, se puede conocer el tipo de leptina que produce y por lo tanto ser un indicador de cuál será su potencial productivo y de calidad de la leche desde su nacimiento. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación existente entre los genotipos generados (CC, CT, TT) por el polimorfismo del exón 2 del gene *Ob* y las características de producción y calidad de la leche en vacas Holstein en lactancia.

## MATERIALES Y METODOS

### Selección de animales

Para el estudio se seleccionaron 100 vacas de la raza Holstein en servicio activo con 2 a 7 lactancias y con 60 a 70 días posparto, de tres grupos de producción de leche: altas productoras ( $n=34$ ,  $\mu = 43.42$  litros/día  $\pm 4.3$  L), medias productoras ( $n=31$ ,  $\mu = 33.47$  litros/día  $\pm 1.4$  L), bajas productoras ( $n=35$ ,  $\mu = 24.68$  litros/día  $\pm 2.8$  L). Todas las vacas pertenecían al establo "Lácteos Florida", ubicado en el municipio Francisco I. Madero Coahuila, México.

### **Obtención de muestras de sangre y extracción de ADN**

De cada vaca se obtuvo sangre de la arteria coccígea en tubos vacutainer con anticoagulante EDTA y las muestras se transportaron inmediatamente al laboratorio y fueron almacenadas a -20 °C para la posterior extracción de ADN en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. La extracción de ADN a partir de la sangre se realizó mediante la metodología Saltin-Out (Rivera *et al.*, 2010).

### **PCR del gen *Ob***

Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en un termociclador TC-512 (Tecchne). Los primers utilizados fueron: P2F: 5'-TAACGGAGCACGTGGGTG-3' y P2R: 5'-GCCACGGTTCTACCTCGTCT-3' (accesión GenBank: HE605298). Las reacciones de amplificación fueron las siguientes: se utilizó un volumen de 20 µL que contenía aproximadamente 50 ng de ADN, buffer de reacción 1X, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 0.02 mM dNTPs, 0.125 µM de cada uno de los primers, 1U de Taq ADN Polimerasa (BIOLINE®) y agua Milli-Q para completar el volumen final de 20 µL. El perfil térmico de amplificación de los productos de PCR consistió en 95°C durante 1 minuto para desnaturalización inicial. Enseguida se realizaron 35 ciclos con las siguientes temperaturas y tiempos: 95°C durante 30 segundos, 62°C durante 30 segundos para pegado de los primers, 72°C por 30 segundos para la generación del producto de PCR, y una extensión final a 72°C por 10 minutos. Los productos de PCR se corrieron en gel de agarosa 1.0 % durante 60 minutos a 86 voltios y se tiñeron con bromuro de etidio.

### **Identificación del polimorfismo**

El producto de PCR obtenido a partir del gen *Ob* de las vacas de cada grupo de producción de leche se secuenció en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), San Luis Potosí, S.L.P, México, con el método de didesoxinucleótidos marcados en el secuenciador automático 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems). Las secuencias obtenidas se sometieron al análisis BLAST servidor NCBI (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) para detectar homología de las secuencias de interés con secuencias reportadas del gen *Ob* en el GenBank.

### **Variables de producción y calidad evaluadas**

En el estudio se realizaron registros diarios de producción de leche (PL) en litros a partir de 30 días postparto hasta los 150 días de lactación, el consumo de materia seca (CMS) se calculó por la diferencia entre el peso (kilogramos) de forraje proporcionado a cada corral y el residual después del consumo de los animales, peso vivo del animal (PVA) en kilogramos. Las variables de calidad de leche porcentaje de grasa (PG), porcentaje de proteína (PP), contenido de sólidos totales (ST), fueron determinadas a partir del análisis físico-químico realizados con el equipo Lacti-check LC-02 (PAGE & PEDERSEN).

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación de Spearman para determinar asociaciones entre las variables de producción y calidad de leche; además, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para probar la dependencia de los componentes de producción y calidad de la leche con los genotipos de leptina.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:  $Y_{ijk} = b_0 + b_1iNL + b_2jDL + b_3Gk + e_{ijk}$

Dónde:  $Y_{ijk}$  valor observado para la variable de interés: producción de leche (PL), consumo de materia seca (CMS), peso vivo del animal (PVA), porcentaje de grasa (PG), porcentaje de proteína (PP), sólidos totales (ST);  $b_0$  es la media general de la población para las diferentes características;  $b_1iNL$  es el coeficiente de regresión lineal de las variables dependientes sobre el número de lactancias;  $b_2jDL$  es el coeficiente de regresión lineal de las variables dependientes sobre los días lactando;  $b_3Gk$  es el efecto medio que se espera ocurra sobre  $b_0$  en función del genotipo leptina ( $k = TT, CT, CC$ ), el cual se analizó como una variable Dummy;  $e_{ijk}$  es el efecto residual aleatorio. Los datos se analizaron en SAS (V 9.0), utilizando las opciones GLM y correlación de Spearman.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La extracción de ADN de las muestras de sangre se obtuvo en cantidad y calidad adecuada para poder realizar PCR. Los productos de PCR fueron visualizados por medio de electroforesis en gel de agarosa al 1.0 % mostrando que los primers diseñados fueron eficientes para generar a partir del gen *Ob* el producto de PCR esperado de 272 bp (Figura1).

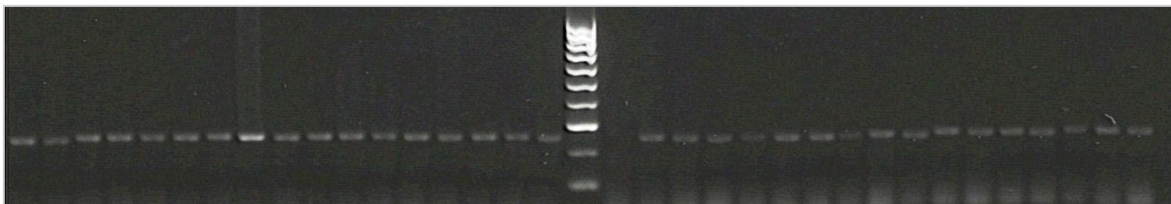


Figura 1. Productos de PCR del gen *Ob* de una muestra de 34 vacas de las 100 analizadas.

En la figura 2 se presentan las secuencias del gen leptina mutada y normal obtenidas del Gen Bank (accesion HE605298), en donde se puede observar la transición de citosina (C) por timina (T) ubicada en el cromosoma 4 del exón 2 posición 1115, también se muestran las secuencias genéticas de los productos de PCR del gen leptina de vacas de los tres grupos según su estatus de producción: altas, medias y bajas productoras. La secuencia del gen *Ob* para la leptina de las vacas

de alta producción fue similar a la secuencia del gen *Ob* de la leptina mutada del GeneBank, ya que en el sitio específico de la mutación se encontró el nucleótido timina, contrario a la secuencia del gen *Ob* para la leptina de las vacas de baja producción el cual fue igual al alelo normal con la presencia del nucleótido citosina. Lo anterior coincide con Raouf *et al.*, (2008).

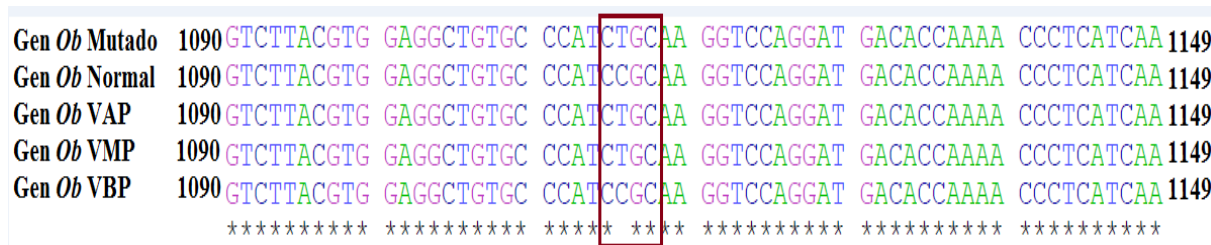


Figura 2. Secuencia del gen *Ob* para leptina mutada y normal obtenidas del GenBank (Gen *Ob* Mutado y Gen *Ob* Normal), y secuencia de los productos de PCR del gen *Ob* de vacas altas productoras (VAP) medias productoras (VMP) y bajas productoras (VBP). \*= nucleótidos comunes en las secuencias.

En el Cuadro 1 se muestran los modelos de predicción para la producción de leche (PL), consumo de materia seca (CMS) y peso vivo del animal (PV) en función del número de lactancias, días lactando y genotipo del animal.

Cuadro 1. Modelos de predicción por genotipo para las variables producción de leche, consumo de materia seca y peso vivo.

Variable	Modelo	R <sup>2</sup>
PL	PL = 23.91 + 0.023NL + 0.006DL + 18.06TT	0.87
	PL = 23.91 + 0.023NL + 0.006DL + 7.59CT	0.87
	PL = 23.91 + 0.023NL + 0.006DL + 0.0CC	0.87
CMS	CMS = 19.46 + 0.14NL + 0.002DL + 5.40TT	0.82
	CMS = 19.46 + 0.14NL + 0.002DL + 2.62CT	0.82
	CMS = 19.46 + 0.14NL + 0.002DL + 0.0CC	0.82
PV	PV = 608.24 + 4.63NL + 0.06DL + 169.02TT	0.82
	PV = 608.24 + 4.63NL + 0.06DL + 81CT	0.82
	PV = 608.24 + 4.63NL + 0.06DL + 0.0CC	0.82

El modelo para producción de leche tuvo un coeficiente de determinación del 0.87. Al hacer la comparación respectiva del modelo para producción de leche (PL) de cada genotipo se obtuvo que cuando las vacas son de genotipo TT, tienen un aumento en la producción de leche diaria de 18.06 L más que el genotipo CC y 10.47 L más que el genotipo CT (ES 0.8122,  $p < 0.0001$ ); mientras que las vacas con el genotipo CT tienen una producción mayor de 7.59 L sobre el genotipo CC (ES 0.9095,  $p < 0.0001$ ). Para el caso del consumo de materia seca (CMS), las vacas con el genotipo TT consumieron 5.40 kg más de materia seca que las vacas con genotipo CC, y 2.78 kg más que las vacas con genotipo CT (ES 0.3138,  $p < 0.0001$ ); asimismo, éstas últimas tuvieron un consumo mayor de 2.62 kg de materia seca que las vacas con genotipo CC (ES 0.3424,  $p < 0.0001$ ). Respecto al peso vivo del animal (PV), las vacas con genotipo TT tuvieron en promedio 169.02 kg más peso que las vacas con genotipo CC y 88.02 kg más que las vacas con genotipo CT (ES 9.8066,  $p < 0.0001$ ). Por su parte, las vacas con el genotipo CT fueron 81 kg más pesadas que las vacas con genotipo CC (ES 10.7012,  $p < 0.0001$ ).

Con relación el genotipo y su potencial productivo, las vacas que se identificaron con el genotipo TT mostraron ser superiores a las vacas con cualquiera de los otros dos genotipos (CT y CC) en todas las variables estudiadas, ya que las vacas con dicho genotipo tuvieron una capacidad de mayor consumo de materia seca, lo que a su vez conllevó a un aumento de peso vivo, esto también lo menciona Vallone *et al.*, (2014), al igual que Liefers *et al.*, (2002), quienes señalan que la correlación entre el tamaño de la vaca y el consumo; de alimento es alta y positiva, de manera tal que las vacas de mayor tamaño tienen mayor consumo, además se asocia el incremento del consumo de alimento con una mayor producción de leche (Banos *et al.*, 2007).

Se observaron correlaciones positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) de la producción de leche (PL) con días de lactancia (DL), consumo de materia seca (CMS), peso vivo de la vaca (PV), porcentaje de grasa (PG), porcentaje de proteína (PP) y con el genotipo TT, y correlación significativa ( $P < 0.05$ ) con sólidos totales (ST). También se observó correlación negativa y altamente significativa ( $P < 0.01$ ) con el genotipo CC. La correlación entre producción de leche y el genotipo heterocigoto (CT) no fue significativa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de coeficientes de correlación de Spearman.

	NL	DL	CMS	PV	PL	PG	PP	ST
DL	0.011							
CMS	0.175	0.407**						
PV	0.165	0.397**	1.000**					
PL	0.091	0.384**	0.945**	0.935**				
PG	0.230	0.235*	0.369**	0.364**	0.349**			

PP	0.037	0.031	1.000**	0.337**	0.935**	0.369**		
ST	-0.063	0.038	0.248*	0.249*	0.253*	0.051	0.260**	
TT	0.020	0.120	0.830**	0.767**	0.830**	0.371**	0.420**	0.427**
CT	0.158	0.389	-0.032	0.042	-0.032	-0.104	-0.179*	0.285**
CC	0.174	-0.497**	-0.792**	-0.803**	-0.792**	-0.267**	-0.243*	-0.147

Estos resultados demuestran la importancia de sustitución C/T, la cual trae consigo un cambio en uno de los aminoácidos alterando de forma radical la estructura la proteína leptina generando que el polimorfismo se relacione con los parámetros como producción y los componentes de calidad de la leche (Liefers *et al.*, 2002).

## CONCLUSIONES

El polimorfismo del gen leptina (genotipo TT) tiene un efecto positivo y significativo sobre el consumo de materia seca, el volumen de producción de leche, y está asociado con el incremento en el contenido porcentual de los distintos componentes de la leche tales como porcentaje de grasa y proteína, representando así este polimorfismo una valiosa herramienta genética para evaluaciones futuras, y su aplicación práctica en el mejoramiento genético asistido teniendo ventajas económicas a productores lecheros, debido a que la realización del estudio genético a una edad temprana del animal facilitará la selección de ganado asociado con los rasgos de producción y poder así determinar el manejo remunerador que el productor le dé a cada animal.

## BIBLIOGRAFIA

- Banos G., Woolliams J. A., Woodward B. W., Forbes A. B., Coffey M. P. 2007. Impact of Single Nucleotide Polymorphisms in Leptin, Leptin Receptor, Growth Hormone Receptor, and Diacylglycerol Acyltransferase (DGAT1) Gene Loci on Milk Production, Feed, and Body Energy Traits of UK Dairy Cows. *American Dairy Science Association* 91: 3190–3200.
- Cerón-Muñoz M. F., Montoya A. A. E., Trujillo B. E. R., Ramírez T, E. J., Monsalve F. Z. I. 2009. Marcadores del Gen Leptina en Bovinos Cruzados con Angus, Cebú, Romosinuano y Blanco Orejinegro. *Revista Científica. FCV-LUZ* 19(4): 371-381.
- Corva P. M., Fernández M. G., Motter M., Soria L., Villarreal E. L., Schor A., Mezzadra C., Melucci L. M., Miquel M. C. 2007. Efecto de polimorfismos en el gen de leptina sobre aptitudes carniceras de novillos correspondientes a biotipos europeos y cebuinos. *Revista Argentina de Producción Animal* 27(1): 239-248.
- Huang H., Wei Y., Meng Z., Zhang Y., Liu X., Guo L., Lou J., Chen G., Lin H. 2014. Polymorphisms of leptin-b gene associated with growth traits in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *International Journal of Molecular Sciences*. 15: 11996-12006.



- Javanmard A., Khaledi K., Asadzadeh N., Solimanifarjam A. R. 2010. Detection of polymorphisms in the bovine leptin (LEP) Gene: Association of single nucleotide polymorphism with breeding value of milk traits in Iranian Holstein cattle. *Journal of Molecular Genetics* 2:10-14.
- Liefers S. C., Pas M. F., Veerkamp R. F., Van der L. T. 2002. Associations between leptin gene polymorphisms and production, live weight, energy balance, feed intake, and fertility in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 85(6): 1633–1638.
- Martínez N. C. A., Manrique P. C., Elzo M. A. 2012. Cattle genetic evaluation: a historical perception. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*. 25: 293-311.
- McNamara, J. P. 2012. Ruminant Nutrition Symposium: A systems approach to integrating genetics, nutrition, and metabolic efficiency in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 2012.90:1846–1854.
- Montoya A. A. E., Cerón M. M. F., Trujillo B. E., Ramírez T. E. J., Ángel M. P. A. 2009. Frecuencia de los marcadores del gen leptina en razas bovinas criollas y colombianas: I. Romosinuano, Chino Santandereano, Sanmartinero y Velásquez. *Revista Científica FCV-LUZ*. 19(1): 38 – 48.
- Nkrumah J.D., Li, C., Yu, J., Hansen C., Keisler D. H., Moore S. S. 2005. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behavior, and measures of carcass merit. *Journal of Animal Science*. 83(1): 20-28.
- Oliveira Peixoto, J, Danielle Assis de Faria, Priscila Vendramini Silva, Isabela Fonseca, Paulo Sávio Lopes, Simone Eliza Facioni Guimarães. 2009. Association between leptin gene single nucleotide polymorphisms and carcass traits in pigs. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.2, p.271-276.
- Piñeira J., Río J., Floody H., Felmer R. 2012. Distribución de polimorfismos asociados al grado de infiltración de grasa intramuscular en siete razas bovinas de carne utilizadas en la Región de La Araucanía, Chile. *Medicina Veterinaria*. 44: 43 52.
- Quintero V., C. y Z. Ruíz T. 2008. Efectos de la leptina en el inicio de la pubertad en animales machos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21: 97-108.
- Raof A. A., Eftekhari S. F., Reza N. M., Heravi M. A., Heydarpour M., Sadeghi B. 2008. Association of SNP in the exon II of leptin gene with and reproduction traits in Holstein Iranian Cows. *Biotechnology* 7(2): 347-350.
- Rivera A., M., E. Rojas M. y D. Zapata P. 2010. Protocolo de extracción de ADN por salting-out para pequeños volúmenes de sangre. *Revista de Ciencia y Tecnología* 14:4-7.
- Souza F. R. P., Mercadante M. E. Z., Fonseca L. F. S., Ferreira L. M. S. Regatieri I. C., Ayres, D. R., Tonhati H., Silva, S. L., Razook A. G., Albuquerque, L. G. 2010. Assessment of DGAT1 and LEP gene polymorphisms in three Nelore (*Bos indicus*) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits. *American Society of Animal Science* 88: 435-441.
- Vallone R., Camiletti E., Exner M., Mancuso W., Marini, P. 2014. Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruces en un sistema a pastoreo. *Revista Veterinaria*. 25(1): 40-44.
- White S. N., Casas E., Wheeler T. L., Shackelford S. D., Koohmaraie M., Riley D. G., Chase C. C., Johnson D. D., Keele J. W., Smith T. P. L. 2005. A new single nucleotide polymorphism in CAPN1 extends the current tenderness marker test to include cattle of *Bos indicus*, *Bos taurus*, and crossbred descent. *Journal of Animal Science* 83(9): 2001–2008.

## MANEJO EMPRESARIAL DE LOS ESTABLOS LECHEROS

Dr. Abelardo Martínez, M.V.Z., PH.D.

Editor, Hoard's Dairyman en español  
Correo electrónico: [editor@hoardsenespanol.com](mailto:editor@hoardsenespanol.com)

### INTRODUCCIÓN

El ganadero productor de leche moderno tiene que ser un empresario. En el mundo competitivo contemporáneo, el productor tiene que aprender a manejar su establo como un complejo corporativo integrado por varias empresas. No importa el tamaño del hato, para sobrevivir hay que tener un tipo de organización interna. El ganadero que tiene varios cientos o miles de vacas, tiene que delegar las responsabilidades en sus trabajadores para que se hagan todas las tareas que se requieren para la producción de leche de calidad.

Mientras que hay varios tipos de liderazgo, el productor tendrá que confiar en sus colaboradores para lograr sus objetivos. El productor de leche que maneja su negocio con métodos obsoletos, está condenado a desaparecer o ya desapareció.

Otra forma de administración de los establos grandes, es dividir el trabajo en dos equipos. El primer equipo de trabajo está conformado por personal de oficina (contadores y auxiliares) quienes están encargados de llevar la contabilidad, los gastos, los presupuestos y las finanzas de la empresa y el segundo equipo se hace cargo del área de producción. Dentro de este grupo encontramos ordeñadores, inseminadores, médicos veterinarios, clínicos, transportistas, personal de mantenimiento, entre otros.

De cualquier manera, en este sistema hay que nombrar un gerente para cada equipo, supervisado por el dueño u operador del establo, que tienen que, a su vez delegar las tareas en jefes de departamento. Traslapándose frecuentemente las responsabilidades de los jefes de departamento, por falta de comunicación o porque las tareas no están lo suficientemente definidas; este era un modelo muy socorrido hace treinta años, pero el funcionamiento de un establo moderno requiere especialistas en cada rama necesaria para el buen funcionamiento y no hacer una revoltura de responsabilidades.

### El concepto de segmentación

Para aplicar el concepto de segmentación no se necesita tener un hato muy grande ni instalaciones inmensas, o poseer grandes extensiones de terreno. Lo importante es entender que las operaciones lecheras pueden estar constituidas por lo menos por seis empresas:

E1. Empresa inmobiliaria

E2. Empresa agrícola

- E3. Centro de alimentación e insumos
- E4. Centro de recría
- E5. Empresa de vacas secas y recién paridas
- E6. Productora de leche.

Cada una de estas empresas deberá tener una misión (un objetivo) y para ello deberá contar con por lo menos tres herramientas para poder ser identificadas debidamente, a saber: Descripción de tareas, fijación de metas y PRESOS (protocolos estándar de operación). Además, las seis empresas deberán ser autosuficientes. La siguiente es una sugerencia de cómo podrían funcionar estas empresas.

E1. La empresa inmobiliaria “renta” los campos de cultivo a la empresa agrícola (E2). La empresa inmobiliaria también “renta” las instalaciones y construcciones del establo al centro de alimentación – silos, fábrica y bodega de alimentos e insumos (E3), centro de recría (E4), área de vacas secas y recién paridas (E5) y área productora de leche – de vacas en producción e instalaciones de ordeño y conservación de leche (E6).

E2. La empresa agrícola produce y vende los forrajes al centro de alimentación. En algunas granjas, la empresa agrícola se dedica a otros cultivos no relacionados con la producción de leche. Pero como en muchas ocasiones estos cultivos no se hacen todos los años, es más conveniente que la fábrica de alimento compre toda la producción del campo (de la empresa agrícola) y se centralice la administración incluso de esquilmos agrícolas. Otro aspecto crítico es la cosecha del forraje y su ensilaje. La responsabilidad total de esto recae sobre la empresa agrícola, desde que se siembra el forraje, hasta que es tapado el último silo. Las operaciones posteriores de mantenimiento de los silos y retiro del forraje para suministrarlo al ganado correrán a cargo de la E3.

E3. El centro de alimentación o fábrica de alimentos vende el alimento a la crianza de becerras y a las de manejo de ganado. La fábrica de alimentos también es la bodega de insumos y se hace cargo de la compra y almacenamiento de insumos, incluyendo refacciones de maquinaria, medicinas veterinarias, selladores y desinfectantes y vende todo eso a las demás empresas. La fábrica de alimento puede hacer ventas al exterior tanto de excedentes de insumos (cuando se ha comprado de más) o cuando la empresa agrícola ha producido otros cultivos que estén disponibles para la venta.

E4. El centro de recría compra el alimento al centro de alimentación. También compra medicinas, sustituto de leche, aditivos y todo lo necesario a la bodega de insumos. El centro de recría compra las becerras y reemplazos ya sea internos (nacidos en la propia granja, provenientes de la E5) o externos (animales comprados, sean vaquillas o vacas adultas) y vende los reemplazos a la empresa de vacas secas y recién paridas (E5). Dicho de otra manera, el centro de recría se hace cargo de todas las entradas de ganado al establo. El centro de recría también compra los becerros machos a la E5 y los vende poco después del nacimiento. La excepción a esto ocurre cuando se engordan becerros en el mismo establo, en ese caso, el centro de recría los engorda y

los vende al exterior cuando están listos para el sacrificio. El centro de recría también se hace cargo de todas las ventas de ganado joven de desecho o de becerras y vaquillas excedentes o de desecho cuando las hay.

E5. La operación de vacas secas y recién paridas (incluye vaquillas próximas al parto) compra alimentos e insumos a la fábrica de alimentos y bodega de insumos, compra reemplazos al centro de recría cuando las vaquillas están próximas a parir o, en su caso, animales comprados de otras fuentes. Renta las vacas de ordeño a la cosechadora de leche y vende las crías, hembras y machos recién nacidos, al centro de recría. La operación de vacas secas y recién paridas se hace cargo de la venta de todo el ganado de desecho adulto, incluyendo vacas secas, recién paridas o en producción y registra la mortalidad de vacas.

Es muy importante aclarar con respecto a la E5 que esta área no debe hacerse cargo de ninguna manera del corral de hospital, sino que, por razones sanitarias y prácticas, las vacas de hospital deben ser manejadas por la E6.

E6. La empresa de producción de leche no sólo está a cargo de las vacas en producción, sino que también está a cargo de la cosecha (ordeño) y enfriamiento de leche; compra raciones, medicinas, detergentes, selladores, etc., a la bodega de alimentos e insumos; renta las vacas de ordeño, las maneja, cuida, aloja y alimenta, y se las devuelve a la E5 una vez que están nuevamente secas o van a ser desechadas. Maneja el ordeño y los ordeñadores. Es responsable de la limpieza y mantenimiento en el ordeño y los corrales. Está a cargo del corral de hospital y debe hacerlo en un área aislada totalmente de las vacas en transición (próximas al parto y recién paridas). Vende la leche a la comercializadora de leche. Vende el estiércol a la empresa agrícola o a un comprador externo, en su caso, haciéndose asimismo cargo de su colección y entrega. Es importante que la operación lechera maneje la maquinaria utilizando equipo diferente para la limpieza del establo y colección de estiércol y para el suministro de alimento. La asignación de maquinaria – y en su caso su renta – entre las seis empresas del establo debe hacerse en forma casuística, pero siempre respetando la observación de utilizar equipo diferente para tareas agrícolas y para manejo de alimentos.

Es pertinente agregar una nota aclaratoria con respecto a la empresa de producción de leche – la E6. En la inmensa mayoría de los establos, el área de corrales de vacas en producción y el área de ordeño se manejan por separado; es más, hay un encargado de las vacas y un encargado de la sala de ordeño. Esta división de responsabilidades, con dos jefes distintos para una tarea que exige un alto grado de coordinación, es el origen de muchos problemas que afectan la productividad de la granja. Debe haber un solo gerente para el manejo de corrales de vacas en producción y de la sala de ordeño; sin prescindir, desde luego, de un encargado de los corrales y un encargado de la sala. De esta manera se evitan las órdenes contradictorias que ocurren cotidianamente en muchos establos.

## **CONCLUSIÓN**

La recomendación de segmentación que he presentado es una sugerencia general. No hay una receta única para administrar un establo. En algunas operaciones, algunas actividades se realizan de manera diferente. Todos los sistemas son aceptables mientras sean funcionales y no haya duplicidad de funciones, sin embargo este es el sistema más dinámico, que permite el manejo más oportuno de los recursos y la autosuficiencia de cada una de las seis empresas.

Este sistema facilita el manejo del establo y la rendición de cuentas. Los establos modernos hacen juntas semanales, quincenales o mensuales de sus gerentes o encargados de departamento y cuentan con la asesoría de especialistas externos, como el consultor nutricionista, el médico veterinario, el ingeniero agrónomo y el contador, que se deben reunir también periódicamente para analizar la eficiencia de la operación.

## PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SUSTENTABLE Y ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL USO DEL NOPAL, SARGAZO Y RESIDUOS ORGÁNICOS

MC Miguel Angel Perales de la Cruz<sup>1</sup>, Ing. Cesar Fernando Perales Vega<sup>1</sup>, Ing. Job Alberto Ríos Soto<sup>1</sup>, I.E. Miranda Michelle Olmedo<sup>2</sup> e I.T.A. Mario Alberto Sánchez Almaguer<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>PAAKAM Innovación Mexicana en Bionenergía S.A. de C.V., Km32 Carr Federal 45 Aguascalientes-Zacatecas Pabellón de Arteaga, Ags. [miguel.perales@yahoo.com.mx](mailto:miguel.perales@yahoo.com.mx); Cel 465 105 53 73, <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags.,

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de La Laguna. San Pedro de la Colonias, Coah.

### INTRODUCCION

Aún y cuando se han firmado diversos acuerdos entre los líderes mundiales sobre la estructuración de programas y estrategias que promuevan una disminución en el uso de combustibles fósiles, siguen siendo estos la principal fuente de energía primaria a nivel mundial, ejerciendo una fuerte dependencia global de esta fuente de energía, causa de grandes efectos adversos en el ambiente y en los seres humanos; disminuyendo la seguridad energética y generando altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otras emisiones contaminantes por la combustión de gas natural, carbón y derivados del petróleo, además de accidentes y derrames de petróleo durante su extracción, transporte o refinación, magnificando entre otros problemas el cambio climático y el progresivo calentamiento global por los altos niveles de contaminación, el arribo de miles de toneladas del sargazo al Caribe Mexicano, entre otro; evidenciando que se requiere de la búsqueda de alternativas que conduzcan a su solución universal.

Una de las posibles soluciones implica una transición energética radical, donde una parte crucial corresponde a las fuentes renovables de energía y, dentro de ellas, a la bioenergía. Hoy en día, las fuentes de energía renovable proveen alrededor del 10% de la demanda de energía final, de la cual, la bioenergía es la fuente principal con una oferta de 55.6 EJ/año o el 47% del total de energía renovable (REN21, 2014). El 67% de la bioenergía se utiliza en el sector residencial y en usos tradicionales (cocción de alimentos en zonas rurales y periurbanas empleando leña, residuos agrícolas y estiércol). El 33% se usa con tecnologías modernas (incluyendo 23% para generación de calor) y el 10% remanente se divide entre biocombustibles líquidos y generación eléctrica (REN21, 2014). Sin embargo, a México todavía falta un largo camino por recorrer en el tema bioenergético, ya que depende en un 91.6% de los combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades de energía primaria. El petróleo representa el 64.3% de la demanda total, seguido del gas natural (22.7%) y el carbón (3.5%) (SENER, 2014).

En el caso específico de la biomasa, es una fuente de energía renovable y limpia, con un portafolio extenso de tecnologías maduras para la mayoría de sus distintas aplicaciones. A nivel internacional, la bioenergía, o energía obtenida de la biomasa, representa el 10% del consumo total de energía y 77% de las energías renovables. Se estima que para el año 2035 podría contribuir con cerca del

25% de la energía requerida en el mundo, y constituir así uno de los pilares de la transición a fuentes renovables de energía. La bioenergía en nuestro país abastece el 5% (432 PJ en el 2008) del consumo de energía primaria. Se utilizan principalmente la leña, el bagazo de caña y el carbón vegetal. En México existe una experiencia importante en el área de biodigestores, captura de metano y generación de electricidad en rellenos sanitarios, así como en estufas eficientes de leña para la cocción en zonas rurales. Además, se cuenta con iniciativas incipientes en la generación de biogás con sargazo y otros residuos orgánicos, así como en los procesos de para la generación de biocombustibles líquidos, particularmente bioetanol y biodiesel de primera y segunda generación.

## MATERIALES Y METODOS

El presente proyecto se constituye por cuatro etapas, **Etapa 1.** Investigación. Desarrollada durante el período febrero del 2009 a mayo del 2012 en terrenos y laboratorios del INIFAP Campo Experimental Pabellón de Arteaga, Ags., así como en el rancho “El Parraleño” en El Salto de lo Salado, Aguascalientes, Ags y en el laboratorio de biotecnología del Centro de Investigación de Graduados de Aguascalientes (CIGA) del ITEL. La fase de campo consistió en la evaluación de 12 selecciones de las especies *Opuntia ficus indica*, y *O. robusta*, *O.* en una densidad de 50 mil plantas por hectárea y cosechas trimestrales; las variables de selección fue rendimiento de biomasa fresca y seca, grados brix y acidez. La producción de biogás se evaluó en laboratorio en base a las mezclas T0= 100% nopal, T1= 99% nopal/1% estiércol, T5= 95% nopal/5% estiércol, T10=90% nopal/10% estiércol y T20= 80% nopal/20% estiércol, en matraces de 250, 500, 750 y 1000 ml a temperatura ambiente y a 35°C con cuatro repeticiones por tratamiento, seleccionando las de mejor rendimiento de biogás por gramo de materia seca, gramo de estiércol, sólidos totales y sólidos volátiles. **Etapa 2.** Validación desarrollada durante el período 2012-2013 en un módulo de biodigestión de flujo continuo de 10m<sup>3</sup> con tres repeticiones, a una temperatura de 34-36°C y pH de 6.8 a 7.0; registrando la producción de biogás cada dos horas mediante un medidor de flujo “Actaris” calibrado a un mínimo de un litro. El porcentaje y presión del metano generado fue certificado por la empresa Biogas Technology Limited. **Etapa 3.** Escalamiento comercial, desarrollado bajo una alianza público privada entre la empresa cementera Cruz Azul, financiamiento parcial de CONACYT en la convocatoria PROINOVA 2013, los productores del Sistema Producto Nopal del estado de Aguascalientes, el INIFAP y la academia representada por la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes y el Instituto Tecnológico El Llano, operando un sistema de cuatro biodigestores de 1000m<sup>3</sup> cada uno, para generar un promedio de 1000 kwh a partir del 2014. **Etapa 4.** De diciembre de 2017 a la fecha, con el nacimiento de la empresa PAAKAM se inician proyectos basados en el diseño, construcción y puesta en marcha de módulos de biodigestión a escala, con requerimientos específicos de energía y/o uso de residuos orgánicos específicos. Los efluentes líquidos y sólidos, en todos los casos fueron acondicionados y evaluados en su contenido nutrimental a fin de considerarlos como posibles biofertilizantes de cultivos regionales.

### RESULTADOS Y DISCUSION

El termino biogás se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias; en este caso las pruebas realizadas en la Etapa 1 de laboratorio con cinco mezclas de nopal/estiércol, se encontró que la producción promedio de biogás por gramo de fibra, estiércol y sólidos registró los mayores valores con monodigestión de nopal (100%), seguido por la mezcla compuesta por 99% nopal y 1% de estiércol, como se ilustra en la Figura 1 (Perales et al 2011a).

En el caso del sargazo, Olmedo (2018) encontró que con una mezcla de 95% de sargazo y 5% de escreta de bovino, la producción de biogás metano fue de 120 m3 de biogás por ton BS de sargazo, con un poder calorífico de 4213 kca por m3, lo cual lo hace viable como fuente de energía alterna para el sector hotelero, además de mejorar la imagen al eliminar la acumulación de la macroalga en las playas y regresarlo a la población como fibra destoxicada y descontaminada de metano, para continuar con el resto de los usos tradicionales.

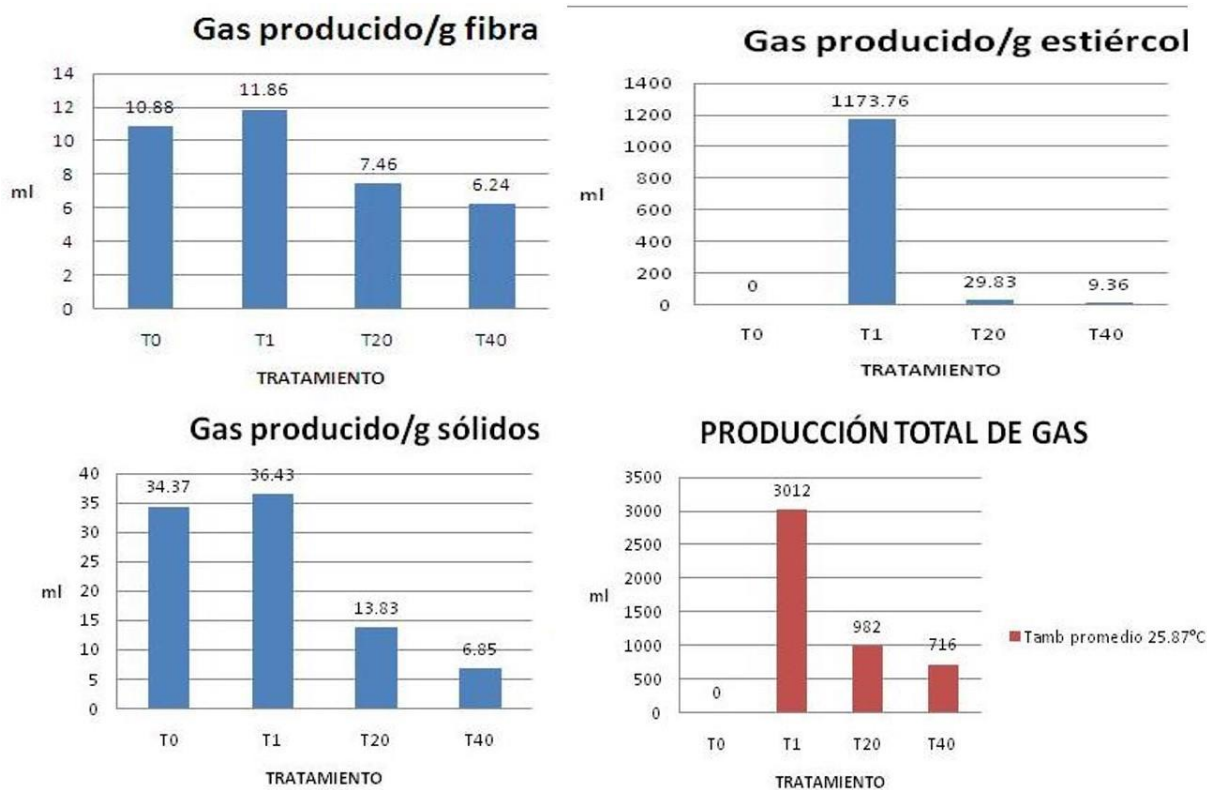


Figura 1. Eficiencia del rendimiento de biogás en diferentes mezclas de nopal-estiércol.

En la Etapa 2 de validación de producción de biogás a nivel campo, el análisis de varianza del tiempo de Retención Hídrica (TRH) o tiempo transcurrido entre la primer carga y el inicio a la



generación de biogás en el presente estudio, revelo que no existe significancia estadística entre los cinco tratamientos evaluados al 95% de probabilidad como lo muestran los resultados del Cuadro 2, donde se reporta un CV del 2.96% que supone un manejo adecuado de la etapa experimental, esto se debe a que el TRH registro una variación muy pequeña entre el tiempo promedio mínimo de T0 que registro 17 horas con el tiempo máximo que registro 17.68 horas.

Cuadro 2. Análisis de varianza del Tiempo de Retención Hídrica en la evaluación de generación de biogás en cinco mezclas de biomasa de nopal/estiércol.

Fuente de variación	G.L:	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	P>F
Tratamientos	4	1.0668	0.2667	1.0003	0.453
Error	10	2.6665	0.2666		
Total	14	3.7333			
C.V.= 2.96 %					

Respecto a los resultados obtenidos en rendimiento de biogás, se puede observar en el Cuadro 3, que el análisis de varianza detecto significancia estadística para las tres fuentes de variación (tiempo, tratamientos e interacción).

La prueba de medias revelo que al 95% de probabilidad el promedio del biogás producido en T1, que corresponde al 99% de nopal, en los 25 días de estudio fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos en estudio, seguido por el tratamiento T0 correspondiente a la monodigestión de nopal (100% nopal) que fue estadísticamente igual que T1 los primeros 13 días de evaluación donde ambos superaron a los T5, T10 y T20, resultados que coinciden con los reportes de Perales et al (2011 a y b) y Montesinos (2011), quienes encontraron que el nopal adicionado con 1 a 5% de estiércol producen mayor cantidad de biogás y en menor tiempo que mezclas con mayores porcentajes de estiércol

Cuadro 3. Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de biogás.

Fuente de variación	G:L:	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	P>F
Días de evaluación (A)	24	4353376	181390.671	287.797	0.000
Mezclas nopal/estiércol(B)	4	1707604	426901.000	677.328	0.000
Interacción (AxB)	96	953312	9930.333	15.755	0.000
Error	250	157568	630.271		
Total	374	7171860			

C.V.= 10.38%

En la Figura 2, se puede apreciar el comportamiento promedio de la producción de biogás de los tratamientos evaluados durante los 25 días del estudio, apreciándose que el nopal solo (T0) y con el 1% de estiércol (T1) además de iniciar primero la generación de biogás, la velocidad y volumen de producción se dio de una lineal casi horizontal en los primeros cinco días de la evaluación, y conforme se incrementó el contenido de estiércol en los tratamientos evaluados el rendimiento de biogás fue incrementando de manera lineal gradual con menores tasas, hasta los 18 días de estudio, cuando T5 llegó a su máximo rendimiento igualando a la mezcla T1.

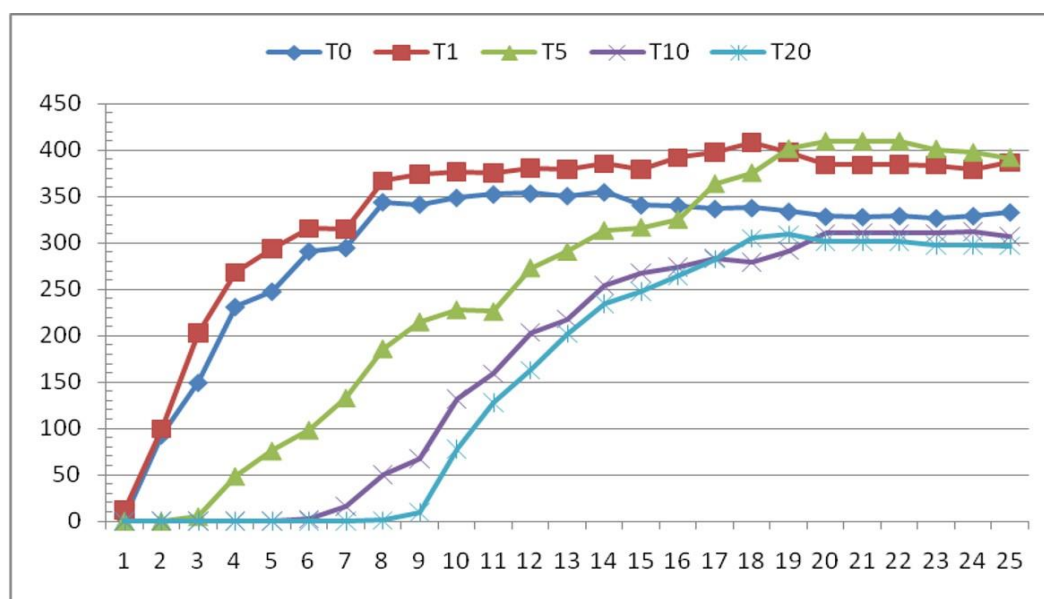


Figura 2. Distribución de la producción promedio de biogás en cinco mezclas de nopal/estiércol en el estado de Aguascalientes.

La calidad del metano generado, fue evaluada por la empresa Biogás Technology Limited, reportando valores de metano que oscilan entre el rango del 59.3 al 63.5%, sin ningún tratamiento de purificación; por lo que estos valores se consideran como adecuados para el funcionamiento de cualquier motogenerador, estando en posibilidades de llegar a obtener un metano superior al 75% si se implementa cualquier sistema de purificación. En relación a la generación de biofertilizantes, se encontró que se generaron un promedio de 830 m<sup>3</sup>/ton base seca de nopal, con valores promedio de 1.3% de N, 2.1% de P y 1.9% de K. Los citados valores encontrados fueron más bajos que los reportados por Varnero (2006) y Perales *et al* (2001b), quien reportó valores superiores al 7% en el contenido de N-P-K de los efluentes de la biodigestión de la biomasa de nopal *Opuntia ficus indica*.



Figura 3. Central de generación de energía eléctrica con biomasa de nopal CZZ Calvillo.

La Etapa 3, constituyó el principal logro del proyecto, ya que se diseñó, construyó y puso en marcha la primera planta de generación de energía eléctrica con el uso de biomasa de nopal, la cual fue autorizada para operar en la red pública a partir del 28 de septiembre de 2015 con el oficio No CENACE/GCROC/645/2015 a favor de cementera la Cruz Azul, en la cual se alcanzaron los siguientes parámetros: rendimiento promedio de biomasa de nopal de 725 ton/ha en una superficie de 70 hectáreas, producción de 680 a 850 Nm<sup>3</sup> de biogás metano al 65% y una producción de energía eléctrica de 1.8kwh/Nm<sup>3</sup> de biogás, con lo cual se

generan 7'200,000 kwh anualmente a un costo de producción de \$0.75 a \$0.89 kw, además de los bioles que se utilizan para la elaboración de biofertilizantes.

La Etapa 4 a cual se ha llegado con el presente proyecto, es la constitución la empresa PAAKAM, a partir del 2017, donde se genero un sistema análisis la información de suelo-planta-biodigestión, mediante el cual se elaboran proyectos de acuerdo a las necesidades del cliente, sobresaliendo la construcción de módulos de



Figura 4. Modulo de biodigestión para generar 12kwd

biodigestión de 2 mil m<sup>2</sup>, que incluyen la plantación de nopal, biotriturador, biodigestor, sedimentador y mechero, para generar hasta 24 Nm<sup>3</sup>, útiles para generar 24 kwd de energía eléctrica. La biomasa a utilizar en este sistema de generación de energía alterna, puede ser el propio nopal o bien desechos orgánicos de mercados y fruterías locales, constituidos por tomates, lechuga, chile, pepinos, melón, sandía, etc. La producción diaria de biogás es en promedio de 24 Nm<sup>3</sup>, sin embargo y dado que la generación de energía eléctrica en sistema baja escala es de menor eficiencia, solo se pueden generar un promedio de 12 a 13kwd, ya que 1Nm<sup>3</sup> de biogás genera de 0.5 a 0.6 kw a un costo de producción promedio de \$1.31kw, contrario a los sistemas comerciales, donde 1Nm<sup>3</sup> de biogás genera un promedio de 1.8 kw a un costo más económico.

## CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos en las investigaciones de laboratorio y validación de campo, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Si es posible obtener biogás económico a partir de biomasa de nopal.
- Las mejores mezclas nopal/estiércol para la generación de biogás fueron Nopal 99% + 1% de estiércol, Nopal 100%, y Nopal 95% + 5% de estiércol.
- Entre más estiércol se le adiciona al nopal, es mayor el tiempo de retención y menor la cantidad de biogás producido.
- Se generan un promedio de 830 m<sup>3</sup> de biofertilizantes por tonelada base secas de nopal.
- El contenido de metano producido con biomasa de nopal es del 65%, sin purificación.
- El sargazo si puede ser una opción viable para la generación de energías alternas en el caribe Mexicano.
- Otra opción de biomasa para la generación de energías alternas es el uso de desechos orgánicos de mercados y fruterías.

## BIBLIOGRAFIA

- Contreras S. and Toha C, 1984, "Biogas Production from suspension of Homogenized Cladodes of the cactus *Opuntia cacti*." J. Ferment. Technol., Vol 62, N°6, p 601-605.
- Montesinos, M. R. 2011. Producción de biogás a partir de biomasa de nopal. Memoria de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Octubre del 2011. 81p.
- Perales, C. M.A., M.A. Perales V., F. Garibaldí M. y M.A. Cortés Ch. 2011 (a). Validación de la generación de biogás a partir de biomasa de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.). Colegio de Postgraduados. Veracruz, Ver. Septiembre de 2011.
- Perales, C.M.A., R. Mendoza M., M.A. Perales V. y H. Silos E. 2011 (b). Evaluación de mezclas de nopal/estiércol para la generación de biogás en las zonas áridas de México. XXIII Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Dgo. 9 al 11 de noviembre de 2011.
- Olmedo, M.M. 2018. Evaluación del potencial energético del sargazo y el uso potencial de los subproductos. Tesis de Licenciatura para obtener el título de Ingeniera en Energías. Universidad Politécnica de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags. Diciembre 2018,
- Varnero, M.T. 2006. Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopales. En: Sáenz, C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín No. 162 FAO. Roma, Italia. ISBN: 1020-4334 113120.

# **SECCIÓN DE CARTELES**

---

# **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

---

## SUSCEPTIBILIDAD DE HÍBRIDOS DE SORGO AL PULGÓN AMARILLO *Melanaphis sacchari* (Zehntner)

Ulises Aranda Lara<sup>1\*</sup> y Luis Ángel Rodríguez-del-Bosque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP. Campo Experimental Rio Bravo, Tamaulipas. Carretera. Matamoros-Reynosa Km-61. CP.88900. [aranda.ulises@inifap.gob.mx](mailto:aranda.ulises@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCION

El sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, es un cultivo importante en México, con casi dos millones de hectáreas sembradas anualmente, principalmente en los estados de Guanajuato, Michoacán, Sinaloa y Tamaulipas (SIAP, 2019). Antes de 2013, las principales plagas de insectos de sorgo en México incluían la mosquita de sorgo (*Contarinia sorghicola* Coquillet) (Diptera: Cecydomidae), gusanos defoliadores (*Spodoptera frugiperda* JE Smith y *Helicoverpa zea* Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), varias especies de áfidos (*Sipha flava* Forbes) (*Schizaphis graminum* Rondania) (*Rhopalosiphum maidis* Fich) como chinches (Hemiptera: Pentatomidae) y gallinas ciegas (Coleoptera: Scarabaeidae) (Rodríguez-del-Bosque y Loera 2006).

Un nuevo genotipo (MLL-F) del pulgón amarillo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), invadió el sur de los Estados Unidos y el noreste de México durante 2013, causó graves daños y pérdidas de granos en sorgo, se expandió a todas las regiones importantes productoras de sorgo de ambos países, y desde entonces se convirtió en la principal plaga del sorgo (Rodríguez-del-Bosque y Terán 2015, Bowling *et al.*, 2016, Nibouche *et al.*, 2018). Después de la invasión por *M. sacchari*, varias instituciones mexicanas han realizado una serie de estudios sobre biología, enemigos naturales, dinámica de la población y tácticas de control (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2018). El objetivo del trabajo presente fue evaluar la susceptibilidad de híbridos experimentales y comerciales a *M. sacchari* bajo infestación natural en el Bajío de México.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un campo comercial de riego en La Soledad, Irapuato, Guanajuato, México (20 ° 36 '30.4 "N, 101 ° 24' 54.2" W; 1,710 msnm), durante el ciclo Primavera –Verano 2017. Se evaluaron nueve híbridos experimentales de sorgo de Texas A&M University (TX-01, TX-02, TX-03, TX-04, TX-05, TX-06, TX-07, TX-08 y TX-09) y 11 híbridos comerciales de la región (Apache, Cobalto, Domingo, DK-44, DK-48, DK-50, DK-BRS72, Jerónimo, Lucas, Syngenta-5389 y UPM-219), la siembra se realizó el 8 de junio, el manejo del cultivo fue de acuerdo con Pecina (2016).



El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de dos surcos de 0.9 m de ancho por 5 m de largo. La densidad de *M. sacchari* se determinó en ocho hojas de cinco plantas en cada híbrido por repetición, de acuerdo con el método de estimación visual de Bowling *et al.*, (2015) en la etapa de floración. Para estimar el rendimiento se cosecharon los 3 m centrales de ambos surcos el 17 de noviembre, el cual fue estimado en kg ha<sup>-1</sup> se ajustó al 15 % de humedad. La incidencia del *M. sacchari* y el rendimiento se sometió a análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias utilizando Tukey (P <0.05) (SAS 2012). La relación entre la densidad de *M. sacchari* (x) y el rendimiento de sorgo (y) se examinó mediante regresión lineal ( $y = a + bx$ ).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró efecto significativo en la densidad de *M. sacchari* y el rendimiento entre los 20 híbridos de sorgo (Cuadro 1). Los híbridos con menor número de áfidos (<100 / hoja) y mayores rendimientos (> 3,600 kg /ha<sup>-1</sup>) fueron TX-05, TX-02, Jerónimo, Apache y TX-04. Los híbridos con densidades de áfidos más altas (> 1,000 / hoja) fueron Syngenta-5389, Domingo, UPM-219 y DK-BRS72.

Tanto Domingo como UPM-219 resultaron como los híbridos más susceptibles sin producción de grano. En contraste, DK-BRS72 tuvo la máxima incidencia de *M. sacchari* (1,500 / hoja), pero resultó con un rendimiento moderado (2,644 kg/ha).

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables densidad y rendimiento por hectárea. Irapuato, Guanajuato. México. P-V, 2017.

Híbridos	Pulgones/hoja	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
TX-05	27 i	3767 ab
TX-02	33 i	4722 a
Jerónimo	45 i	3622 b
Apache	70 i	4800 a
TX-04	92 hi	3028 ab
TX-08	157 h	3333 b
TX-01	160 h	4500 a
TX-06	174 h	2667 b
TX-07	361 g	3711 b
DK-50	564 f	3055 b
DK-48	665 e	2333 cd
TX-03	739 e	2694 bc
Cobalto	743 e	2222 cd
TX-09	834 d	722 e
Lucas	936 c	3194 b
DK-44	988 c	1500 d
Syngenta-5389	1370 b	1778 d
Domingo	1474 a	0 d
UPM-219	1494 a	0 d
DK-BRS72	1500 a	2644 bc

El rendimiento se asoció negativamente con la densidad de *M. sacchari* ( $R^2 = 0,6329$ ); cada pulgón causó una pérdida de 2.067 kg/ha (Fig. 1), similar a las estimaciones en los EE. UU. de Gordy *et al.*, (2019).

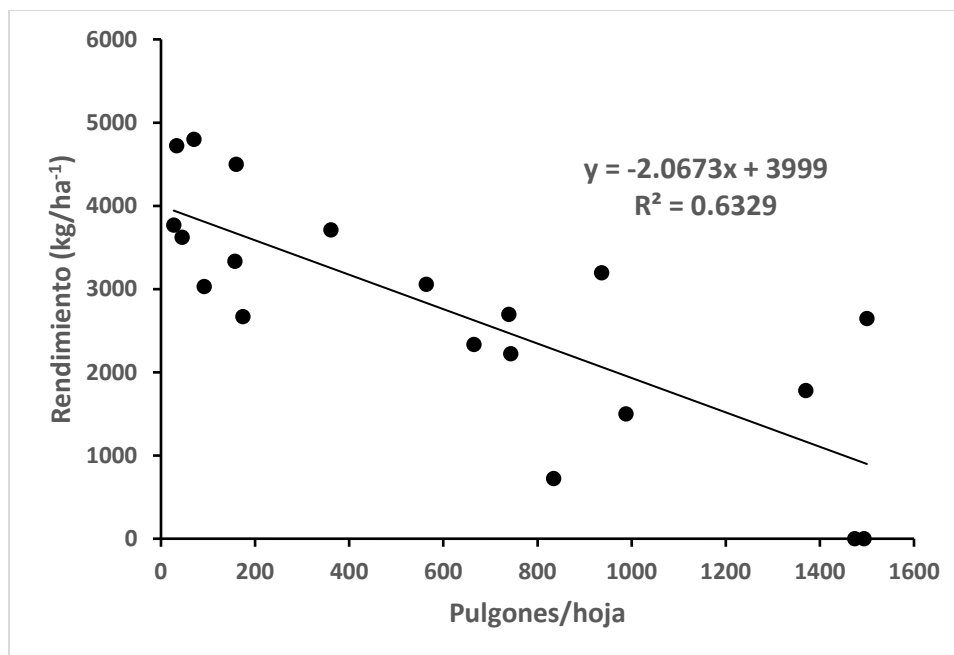


Fig. 1. Relación entre la densidad de *Melanaphis sacchari* en la floración (x) y el rendimiento de 20 híbridos de sorgo grano (y). Irapuato, Guanajuato., México. 2017.

Este estudio preliminar mostró una resistencia evidente a *M. sacchari* en algunos híbridos, lo cual puede ser atribuido a los mecanismos (antibiosis, antixenosis, tolerancia) (Painter, 1951). Los híbridos que muestran la densidad de áfidos más baja podría ser el resultado de antibiosis o antixenosis, mientras que DK-BRS72 parece mostrar cierto grado de tolerancia. Al menos dos de esos tres mecanismos están involucrados en genotipos de sorgo resistentes a *M. sacchari* (Armstrong *et al.* 2015). por lo cual es necesario más investigación al respecto.

## CONCLUSIONES

La evaluación permitió observar híbridos con tolerancia, pero es importantes investigar los mecanismos de resistencia que están involucrados.

## BIBLIOGRAFIA

- Armstrong, J.S, Rooney, W.L, Peterson, G.C, Villeneuve, R.T, Brewer, M.J, Sekula-Ortiz, D 2015. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross resistance from greenbug sources. J. Econ. Entomol. 108: 576-582
- Bowling, R. D., M. J. Brewer, A. Knutson, M. Way, P. Porter, E. Bynum, C. Allen, and R. Villanueva. 2015. Scouting sugarcane aphids. Texas A&M Agrilife NTO 043. 2 p.

- Bowling, R. D., M. J. Brewer, D. L. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N. E. Elliott, G. D. Buntin, M. O. Way, T. A. Royer, S. Biles, and E. Maxson. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *J. Integr. Pest Manag.* 7: 1-13.
- Gordy, J. W., M. J. Brewer, R. D. Bowling, G. D. Buntin, N. J. Seiter, D. L. Kerns, F.P.F. Reay-Jones, and M. O. Way. 2019. Development of economic thresholds for sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) in susceptible grain sorghum hybrids. *J. Econ. Entomol.* 112: 1251-1259.
- Nibouche, S., L. Costet, J. R. Holt, A. Jacobson, A. Pekarcik, J. Sadeyen, J. S. Armstrong, G. C. Peterson, N. McLaren, and R. F. Medina. 2018. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. *PLoS ONE* 13: e0196124.
- Painter, R. H. 1951. *Insect Resistance in Crop Plants*. 6th edition. Macmillan & Company. New York, USA. 520 p
- Pecina, Q. V. 2016. Paquete tecnológico para producción de sorgo en riego. Agenda Tecnología Agrícola del Estado de Guanajuato. SAGARPA-COFUPRO. INIFAP. p. 226-229.
- Rodríguez-del-Bosque and A. P. Terán. 2018. Manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. Folleto Técnico No. Mx-0-310304-45-03-13-09-72. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 71 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., and A. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): a new sorghum insect pest in México. *Southwest. Entomol.* 40: 433-434.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., and J. Loera. 2006. Entomología, pp. 163-191. In L. A. Rodríguez-del-Bosque [ed.], *Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Libro Técnico 1*. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México.
- SAS Institute. 2012. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SIAP (Servicio de Información Agrolimentaria y Pesquera) 2019. *Producción Agrícola*. México <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Fecha de consulta 19 de enero del 2019.

## ANTAGONISMO DE *Macrophomina phaseolina* POR MICROORGANISMOS

Luis Fernando Armijo-Martínez<sup>1</sup>, Raúl Rodríguez-Guerra<sup>2</sup>, María Genoveva Álvarez-Ojeda<sup>3</sup>, Raúl Asael Rodríguez-Villarreal<sup>1</sup>, Carlos Jesús Ruiz-Amaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 66450 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carr. Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México.  
Autor de correspondencia: rodríguez.raul@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

En el norte de México se establecen anualmente diversas especies de plantas cultivadas que son susceptibles al ataque del hongo fitopatógeno *Macrophomina phaseolina*. Este hongo, o especies relacionadas, causan la enfermedad comúnmente conocida como pudrición carbonosa en plantas hospedantes como sorgo, soya y melón (Cohen *et al.*, 2016; Reyes-Franco *et al.*, 2006). Las principales estrategias para el control del fitopatógeno se basan en el uso de fungicidas (Cohen *et al.*, 2016) y en la selección de genotipos resistentes (Ambrosio *et al.*, 2015). Otra estrategia para el control de *M. phaseolina* y la enfermedad que causa consiste en el uso de microorganismos como agentes de biocontrol. Diversas investigaciones se han realizado al respecto con hongos (Cubilla-Ríos *et al.*, 2019; Gajera *et al.*, 2012) y bacterias (Cruz-Martín *et al.*, 2014; Al-Ani *et al.*, 2012; Etebarian, 2006). Previamente se ha reportado que fragmentos de tejido de frijol naturalmente infestados con *M. phaseolina*, son incapaces de formar colonias del fitopatógeno cuando son colocados a distancia del borde de colonias de *Streptomyces* spp. en pruebas en medio de cultivo (Vázquez-Puga *et al.*, 2016). Lo que sugiere que algún factor producido por los actinomicetos y liberado al medio de cultivo tiene actividad biológica contra este hongo. Adicionalmente, es importante seleccionar nuevas cepas de microorganismos con actividad contra este fitopatógeno que permita contar con más opciones de posibles agentes de biocontrol. En esta investigación se evaluó la capacidad de eluciones elaboradas a partir de colonias de actinomicetos, así como la confrontación en placa de un grupo de cepas de hongos y otro de cepas bacterianas, por su actividad antagónica en inhibir el crecimiento de *M. phaseolina*.

## MATERIALES Y METODOS

### Eluciones de actinomicetos

Las cepas de *Streptomyces* Rayones-4, Rayones-8, Rayones-28 y CP-5, así como la cepa no identificada del actinomiceto Bustamante-7, previamente reportadas como antagónicas contra *M. phaseolina* (Vázquez-Puga *et al.*, 2016) fueron reactivadas de su conservación. Las cepas utilizadas de *M. phaseolina* fueron aisladas de melón, soya, frijol y chile; las últimas tres se reactivaron de su conservación, mientras que la cepa de melón se encontraba activa y fue aislada en mayo de 2019.

Las cepas de actinomicetos fueron reactivadas en el medio papa dextrosa agar (PDA) de su conservación en glicerol o agua. Posteriormente se transfirió un fragmento de colonia de cada cepa y se dispersó en el centro de cajas Petri conteniendo el mismo medio. A partir de colonias desarrolladas por 16 días en PDA se obtuvieron 4 discos del medio de cultivo cercanos al borde las colonias de actinomicetos y se transfirieron a tubos de 50 mL conteniendo 4 mL de agua estéril. Los tubos fueron puestos en agitación a 150 rpm en un agitador orbital por 24 h. Posteriormente, se obtuvieron 400 µL de la elución de medio de cultivo de cada actinomiceto y se transfirió a tubos cónicos de 1.5 mL. Diez fragmentos de colonia de las cepas de *M. phaseolina* de melón, soya y frijol se incorporaron a 4 tubos (repeticiones) conteniendo las eluciones de cada actinomiceto y se mantuvieron así durante 24 h. También se establecieron dos testigos, uno de agua y otro con elusion de medio solido de PDA solamente. A las 24 h se retiraron cuatro fragmentos de colonia del fitopatógeno de cada repetición y se transfirieron a cajas conteniendo sólo PDA, y 24 h después se determinó el porcentaje de éstos que desarrollaron colonias en cada repetición de los tratamientos.

### Hongos y bacterias de suelo

A partir de suelo cultivado de sorgo y suelo no cultivado colectado en Río Bravo, Tamaulipas, durante julio de 2019, se realizó el aislamiento de hongos y bacterias mediante la técnica de dilución, y se sembró en cajas Petri en el medio PDA y agar nutritivo, respectivamente. A las 24 h de la siembra se obtuvieron colonias y fueron designadas como morfotipos con base a sus características de crecimiento en cada medio de cultivo. Un grupo de hongos (43 cepas) y otro de bacterias (17 cepas), fueron evaluados por su capacidad de inhibir el crecimiento de *M. phaseolina*, mediante un escrutinio sin repeticiones. Los hongos y bacterias de suelo fueron inoculados en el centro de cajas Petri con 7 y 1 días de anticipación a la confrontación con las cuatro cepas del fitopatógeno, en PDA y agar nutritivo respectivamente. La confrontación se realizó colocando un fragmento de colonia de 2 días de edad de cada cepa del fitopatógeno en

los puntos cardinales de las cajas Petri de cada hongo o bacteria. Se estableció un testigo en PDA y agar nutritivo inoculando en una misma caja las cuatro cepas del fitopatógeno en los puntos cardinales. A las 24 h se registró el crecimiento (mm) de cada cepa del fitopatógeno en dirección al centro de las cajas Petri donde se inocularon previamente los hongos. En la confrontación con bacterias no se registró el crecimiento de los fitopatógenos a las 24 h debido a la ausencia de inhibición.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contacto por 24 h de fragmentos de colonias de tres cepas de *M. phaseolina* en elusiones de actinomicetos, no inhibió la capacidad de las cepas del fitopatógeno para desarrollar colonias en el medio PDA; el 100 % de los fragmentos de *M. phaseolina* fueron capaces de formar colonias. Con base a los resultados observados previamente por Vázquez-Puga *et al.* (2016), se esperaba que hubiese ocurrido una fuerte inhibición en la formación de colonias del fitopatógeno. Aunque no se encuentra con una clara explicación para esta respuesta, es posible que la inhibición observada por esos investigadores se deba a la inducción y liberación de factores inhibitorios por los actinomicetos sólo cuando estos detectan la presencia del fitopatógeno en la confrontación como ellos la realizaron, quizás a una baja concentración de factores químicos en las elusiones, u otras causas.

A partir de los hongos y bacterias que se aislaron de suelo cultivado con sorgo y suelo nativo sin cultivar se identificaron 59 morfotipos (colonias que difieren en morfología) de hongos, de los cuales 11 fueron comunes en ambos tipos de suelo; mientras que de las bacterias se identificaron 25 morfotipos con 15 morfotipos comunes en los dos tipos de suelo. De estos bancos de microorganismos y para realizar el escrutinio, se seleccionaron 43 morfotipos de hongos y 17 de bacterias con crecimiento lento a moderado (de 2 a 7 cm de diámetro en 7 días en hongos, y menos de 2 cm en bacterias en 1 día). De los morfotipos bacterianos ninguno inhibió el crecimiento de las cepas de *M. phaseolina*, y sólo uno fue capaz de inhibir pobremente el crecimiento de las cepas de *M. phaseolina* (Figura 1) a los 4 días de realizada la confrontación. Dieciséis morfotipos de hongos mostraron de moderada a elevada actividad antagónica al menos a una cepa del fitopatógeno. Algunos morfotipos de hongos aislados de suelo cultivado con sorgo (M-7, M-11, M-29, M-33, M-38) y de suelo nativo no cultivado (M-6, M-14, M-38, M-39, M-45) con elevado antagonismo hacia el fitopatógeno, así como dos morfotipos de suelo nativo (M-53, M-58) sin importante actividad antagónica, se muestran en la Figura 2. Los morfotipos de hongos con mayor actividad contra el fitopatógeno fueron identificados como miembros de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

Diversas especies de bacterias comúnmente presentes en suelo han sido reportadas con actividad antagónica contra *M. phaseolina* (Al-Qaysi *et al.*, 2016; Reetha y Mohan, 2015; Cruz-Martín *et al.*, 2014), sin embargo, en este trabajo sólo fue posible identificar una entre las evaluadas, pero con pobre actividad contra las cepas del fitopatógeno.



Figura 1. Inhibición causada por el morfotipo 9 de bacteria aislada de suelo de sorgo respecto al testigo, en medio de cultivo agar nutritivo.

Entre los hongos de suelo fue posible encontrar mayor cantidad de cepas, respecto a las bacterias, con actividad antagónica contra *M. phaseolina*. En los últimos años se ha dedicado gran esfuerzo a la búsqueda y evaluación de cepas de *Trichoderma* contra *M. phaseolina*, pero son escasos los esfuerzos en la identificación de hongos antagónicos de suelo (Mallikarjuna y Jayapal, 2015). La identificación en esta investigación de cepas de *Aspergillus* y *Penicillium* antagónicas a *M. phaseolina* fortalece hallazgos previos (Sreevidya y Gopalakrishnan, 2016; Ullah *et al.*, 2011) que reportan especies de estos géneros con importante inhibición del fitopatógeno.



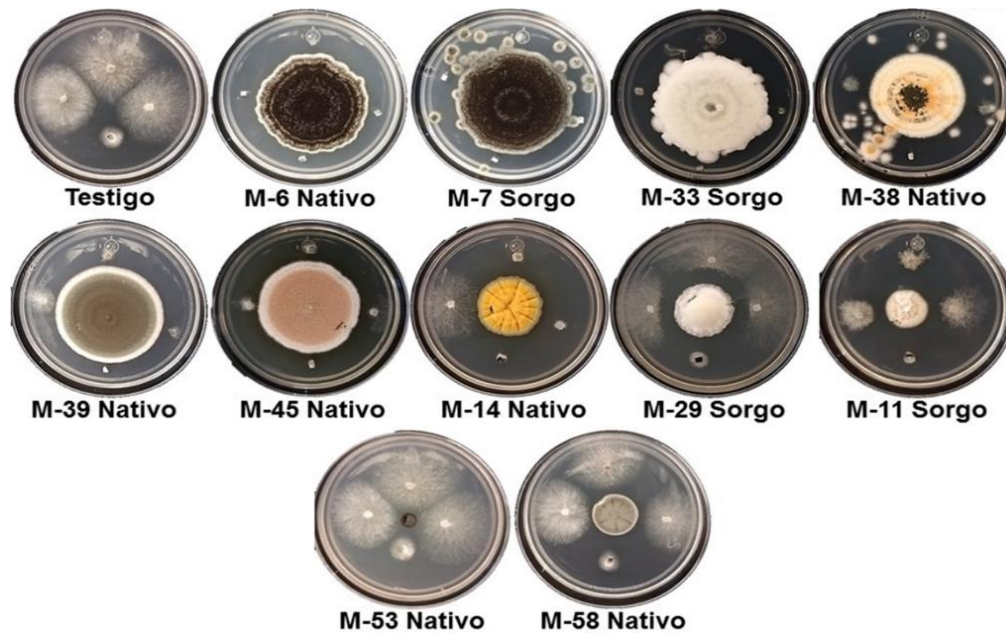


Figura 2. Inhibición causada por once morfotipos de hongos aislados de suelo de sorgo o suelo nativo respecto al testigo, en medio de cultivo PDA.

### CONCLUSIONES

Elusiones de medio de cultivo sólido inoculados con actinomicetes son incapaces de inhibir el crecimiento de *M. phaseolina*. Dieciséis cepas de hongos morfológicamente diferentes de un grupo de 43 cepas, causaron de moderada a elevada inhibición del fitopatógeno.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el apoyo financiero para la realización de esta investigación como parte del Proyecto “Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste.

### BIBLIOGRAFÍA

- Al-Ani, R.A., Adhab, M.A., Mahdi, M.H., Abood, H.M. 2012. *Rhizobium japonicum* as a biocontrol agent of soybean root rot disease caused by *Fusarium solani* and *Macrophomina phaseolina*. Plant Protection Science, 48: 149-155.
- Al-Qaysi, S.A.D.A., Taha, Z.R., Al-Halbosi, M.M., Abd, W.M. 2016. Antagonistic activity of rhizospheric bacteria and arbuscular mycorrhiza isolated from Iraqi soil against fungal pathogen *Macrophomina phaseolina*. Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences, 7: 1154-1163.
- Ambrosio, M.M., Dantas, A.C., Martínez Pérez, E.M., Medeiros, A.C., Sousa Nunes, G.H.D., Picó Sirvent, M.B. 2015. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. Euphytica 206: 287-300.

- Cohen, R., Elkabetz, M., Edelstein, M. 2016. Variation in the responses of melon and watermelon to *Macrophomina phaseolina*. *Crop Protection* 85: 46-51.
- Cubilla-Ríos, A.A., Ruíz-Díaz-Mendoza, D.D., Romero-Rodríguez, M.C., Flores-Giubi, M.E. Barúa-Chamorro, J.E. 2019. Antibiosis de proteínas y metabolitos en especies de *Trichoderma* contra aislamientos paraguayos de *Macrophomina phaseolina*. *Agronomía Mesoamericana* 30: 63-77.
- Cruz-Martín, M., Sánchez-García, C., Acosta-Suárez, M., Leiva-Mora, M., Hernández Durán, Y., Roque, B., Alvarado-Capó, Y. 2014. Antagonismo in vitro de cepas bacterianas frente a *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid). *Revista de Protección Vegetal*, 29: 66-69.
- Etebarian, H.R. 2006. Evaluation of *Streptomyces* strains for biological control of charcoal stem rot of Melon caused by *Macrophomina phaseolina*. *Plant Pathology Journal*, 5: 83-87.
- Gajera, H.P., Bambharolia, R.P., Patel, S.V., Khatrani, T.J., Goalkiya, B.A. 2012. Antagonism of *Trichoderma* spp. against *Macrophomina phaseolina*: evaluation of coiling and cell wall degrading enzymatic activities. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3:149. doi:10.4172/2157-7471.1000149.
- Mallikarjuna, M., Jayapal, G.B. 2015. Isolation, identification and in vitro screening of rhizospheric fungi for biological control of *Macrophomina phaseolina*. *Asian Journal of Plant Pathology*, 9: 175-188.
- Reetha, A. K., Mohan, S. 2015. Inhibitory effect of bacterial antagonists on the growth of *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid. causing charcoal rot of sunflower (*Helianthus annuus* L.) invitro. *Journal of Applied and Natural Science*, 7: 489-492.
- Reyes-Franco, M.C., Hernández-Delgado, S., Beas-Fernández, R., Medina-Fernández, M., Simpson, J., Mayek-Pérez, N. 2006. Pathogenic and genetic variability within *Macrophomina phaseolina* from Mexico and other countries. *Journal of Phytopathology* 154: 447-453.
- Sreevidya, M., Gopalakrishnan, S. 2016. *Penicillium citrinum* VFI-51 as biocontrol agent to control charcoal rot of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *African Journal of Microbiology Research*, 10: 669-674.
- Ullah, M.H., Khan, M.A., Sahi, S.T., Habib, A. 2011. Evaluation of antagonistic fungi against charcoal rot of sunflower caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5: 616-621.
- Vázquez-Puga, K.M., Rodríguez-Guerra, R., Peña-Carrillo, K.I., Martínez-Medina, J., Almeyda-León, I.H. 2016. Inhibición de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanichen (Botryosphaerales: Botryosphaeriaceae) por cepas de actinomicetos. XXXIX Congreso de Control Biológico. Guadalajara, Jalisco.

## EVALUACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) PINTO CENTAURO EN CONDICIONES DE RIEGO FRENTE A EL TRADICIONAL PINTO SALTILLO.

Avila-Cisneros; R<sup>1</sup>., Rocha-Valdez; J.L<sup>1</sup>., González-Torres; A<sup>1</sup>., González-Avalos; R<sup>2</sup>., y Ogaz, A<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Profesores e Investigadores del Dpto. de Ciencias Básicas de la UAAAN-UL e Integrantes del Cuerpo Académico UAAAN-CA-034, <sup>2</sup>Profesor e Investigador del Dpto. de Ciencias Básicas e integrante del Cuerpo Académico UAAAN-CA-040, <sup>3</sup>Profesor e Investigador del Dpto. de Suelos de la UAAAN-UL e integrante del Cuerpo Académico UAAAN-CA-034. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N, Col. Valle Verde, Torreón Coahuila México. Contacto: raavci2003@yahoo.com.mx.

### INTRODUCCIÓN

El 18 de Enero de 2019 se publicó el decreto presidencial en el cuál se crea el organismo público denominado Seguridad Alimentaria Mexicana, ese mismo día el Gobierno Federal anunció precios de garantía para pequeños y medios productores de maíz, frijol, arroz y leche con la finalidad de incentivar la producción y apoyar la autosuficiencia alimentaria; y combatir la pobreza. Para el frijol se fijó un precio de \$14500 pesos/tonelada a productores de hasta 20 hectáreas de temporal o 5 hectáreas de riego (Cámara de Diputados-CEDRSSA; 2019).

Cómo efecto inmediato se generó la discusión de porque el gobierno del Presidente Andrés Manuel López Obrador generaba una “regresión” en las políticas del campo contrarias a las que aplicaron los tres sexenios anteriores. Ante esta discusión abierta y además de actualidad es necesario recordar que los precios de garantía de 1970 a 1987 se aplicaban con criterios que tomaban en cuenta los costos de producción, la tasa inflacionaria y los precios internacionales. Pero además fueron mecanismos de compensación y de estabilización social para fortalecer programas de gobierno como el Pacto para la Estabilidad y Crecimiento Económico (PECE) en 1988 (Martínez-Fernández; 1990). Además los países más desarrollados como la Unión Europea (UE), Estados Unidos (EE UU) y Japón son los que mayores subsidios otorgan a sus productores agropecuarios y en donde la mayor parte de dichos subsidios se destinan principalmente a grandes agricultores que no lo necesitan; de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) el 20% de los agricultores más ricos recibe el 80% de los subsidios de la UE; y en EE UU el 45% de los subsidios se destinan al 7% de las tierras más grandes cultivadas (Cámara de Diputados-CEFP; 2008). Ante semejantes asimetrías es necesario recordar la forma en que los EE UU histórica mente han subvencionado a sus agricultores y ganaderos mediante la Farm Bill (Ley Agraria) que en su aprobación del primer semestre del 2002 autorizó apoyos federales para subsidiar agricultura y ganadería por

aproximadamente 180 mil millones de dólares en los siguientes seis años (Abarca-Hernández; 2003). En tiempos más recientes la ley Farm Bill 2014 promulgada en Febrero de ese año autorizó alrededor de 489 mil millones de dólares en el presupuesto de los EE. UU. Para seguir apoyando la producción, comercialización, aseguramiento e investigación previstos en 12 capítulos que abarca la ley agrícola 2014 de ese país; donde el capítulo I incluye los cultivos básicos (Cámara de Diputados LXII-CEDRSSA; 2015 y Cámara de Diputados LXIII-CEDRSSA; 2016).

Siendo el frijol uno de nuestros cultivos básicos pues en México se le considera un producto estratégico en el desarrollo rural y social; mismo que presenta una estadística de consumo de 1.1 millones de toneladas promediando los años 2013-2015 y cuyas preferencias que varían de región en región han ocasionado que en los últimos 30 años el consumo per cápita de ésta leguminosa a pasado de 16 kg por habitante a 8.4 kg en la actualidad (FIRA; 2016). Éste dato tiene congruencia con la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) donde la oferta nacional para el frijol ha caído significativamente y de manera negativa a un 0.6% de 1994 a 2017 pues se redujo la superficie sembrada de 2.3 millones de hectáreas en 1994 a 1.7 millones de hectáreas sembradas en 2017(Cámara de Diputados-CEDRSSA; 2019).

Éste decrecimiento en la TMCA debe ser aún más preocupante si lo relacionamos con los rendimientos promedio por hectárea que se están presentando en los últimos años. En 2013 el frijol generó el 3.2% del valor de la producción agrícola nacional y registro un rendimiento promedio de 0.7 toneladas/hectárea; y en ese abanico de producción sobresalen con un 52% de la producción nacional en el periodo 2000 al 2013 solamente tres estados: Zacatecas con un 28%, Sinaloa con un 13% y Durango con un 11%. Los precios tan variables han sido también un factor para esos decrecimientos en la superficie sembrada en los últimos años pues en 2013 Sinaloa comercializó en \$12 135 pesos/Tonelada y Zacatecas vendió en promedio a \$7 993 pesos/Tonelada.(Cámara de Diputados LXII Legislatura-CEDRSSA; 2014).

Ante éste panorama actual de mucha variación en el precio de región en región y el promedio tan bajo de producción de grano por hectárea; las investigaciones más recientes sobre variedades de frijol con rendimientos más altos y el apoyo en comercialización por medio de los nuevos precios de garantía dan a la actividad agrícola del frijol nuevos panoramas y grandes desafíos para seguir llevando a la mesa de millones de mexicanos esta leguminosa que forma parte de canasta básica actual.

En el norte de México sigue siendo la variedad de frijol pinto Saltillo una de las preferentes pues la tolerancia al oscurecimiento acelerado del grano proporciona a los agricultores un margen más amplio para la negociación y venta de producto. El éxito comercial del pinto Saltillo y su vida de

anaquel prolongada permiten que los agricultores obtengan mayores beneficios económicos derivados de la producción de frijol (Sánchez-Valdez y Colaboradores; 2009)

Siguiendo con esa misma línea de nuevas variedades de frijol de mejores características para la producción y la comercialización en el instituto de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias (INIFAP) de Durango se registró la variedad pinto Centauro que se generó mediante el método genealógico a partir de las cruces entre pinto mestizo y pinto Saltillo; esta variedad ha registrado rendimientos promedio de 1220 kg/ha. Y fluctuaciones entre 169 Kg/ha hasta 2935 Kg/ha. Al comparar al pinto Centauro con el pinto Saltillo resultó en Centauro ser más precoz (90 a 94 días) y presentó mayor tamaño de grano, el promedio de altura del dosel es de 32 cm y la guía crece hasta 68 cm (Rosales-Serna y Colaboradores; 2012).

Además nuevos sistemas de producción de característica más sustentable como son los agro sistemas de conservación con multi arado en el cultivo del frijol; han logrado en la variedad pinto Saltillo diferencia estadística en producción de grano seco/planta al compararlo con los sistemas convencionales de producción barbecho-rastreo-siembra (Avila-Cisneros y Colaboradores; 2018).

Sin embargo para regiones del semi desierto duranguense siguen siendo los pintos criollos una opción económica para seguir produciendo frijol en esas zonas donde la actividad agrícola es de alto riesgo por los temporales y las sequías recurrentes. Una investigación de Antonio-Vázquez (2014) al comparar el pinto laguna; criollo tradicional del municipio de Hidalgo Durango contra la variedad comercial pinto Americano logró una mejor producción promedio/planta de grano seco; en particular el criollo logró una producción de 16.4 gm/planta contra 14.5 gm/planta del pinto Americano.

Planteamiento del Problema:

Las variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en los últimos 30 años ha presentado una disminución en sus rendimientos promedio por hectárea generando un daño económico en los productores del sector social.

Objetivo: Cuantificar matemáticamente y de manera estadística las variedades de frijol pinto Saltillo y pinto Centauro en sus variables altura de planta, número de ejotes y producción de grano seco.

Hipótesis: Las variedades pinto Saltillo y pinto Centauro liberadas en los últimos años en México; generan mejor desarrollo de plantas y mayor producción de grano que los pintos criollos tradicionales que se siembran en regiones áridas y semiáridas del norte del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el verano de 2018 se estableció en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN-UL en una ubicación geográfica de Latitud Norte:  $25^{\circ} 33' 21''$  , Longitud Oeste:  $103^{\circ} 22' 36''$ . un experimento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*): Pinto Centauro (A), Pinto Saltillo (B) y Pinto Criollo (C) mediante el diseño bloques al azar con tres repeticiones cada uno. La fecha de siembra fue el 28 de junio de 2018 con una densidad de siembra de 16 semillas por metro lineal. Los bloques presentaron una superficie de  $8.25 \text{ m}^2$  para tener un área final en el experimento de  $74.25 \text{ m}^2$ . Desde el inicio del experimento se fertilizó con vermicomposta a razón de 0.5 kg por cada 3 metros lineales y se aplicaron 3 fumigadas con el insecticida comercial Muralla max a razón de 250 ml diluidos en 200 lts de agua contra mosquitas blancas y trazadoras aproximadamente cada mes; así mismo fueron 3 riegos de auxilio aproximadamente cada 26 días. Se realizó el análisis estadístico y matemático con el apoyo de Microsoft Excel y la interpretación de las funciones cuadráticas apoyándose en las fórmulas aportadas por Budnick; S. F.(2007).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con mediciones terciadas que abarcaron el periodo del 06 de julio al 08 de septiembre de 2018 se generaron las ecuaciones cuadráticas de crecimiento de planta tal como lo muestra el cuadro 1; siendo la constante que su coeficiente cuadrático fue negativo; es decir la parábola se comportó cóncavo hacia abajo propio de un desarrollo de especies biológicas que nacen, crecen, llegan a un punto de desarrollo máximo y enseguida viene el decrecimiento.

Cuadro 1: Funciones cuadráticas y Coeficientes de correlación de las 3 variedades.

VARIEDAD	F. CUADRÁTICA	COEF. DE CORR. r	INTERPRETACIÓN DE r
Pinto Centauro	$Y = -0.0097x^2 + 1.4351x - 7.3223$	.98	Muy Buena
Pinto Saltillo	$Y = -0.0082x^2 + 1.3214x - 6.3851$	.97	Muy Buena
Pinto Criollo	$Y = -0.0101x^2 + 1.4794x - 7.9133$	.97	Muy Buena

Otra de las variables analizadas fue la del número de vainas; en éste dato se generó el valor de la F calculada; y resultó menor a la F tabulada solo por un pequeño margen y tomando un alfa del 5%; es decir no hubo diferencia estadística entre el pinto centauro, el pinto saltillo y el pinto criollo tal como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2: Comparación de la prueba F para la variable número de vainas.

Fc en Tratamientos = 6.05	<	Ft=6.94
------------------------------	---	---------

Ésta diferencia mínima entre Fc y Ft puede apreciarse mejor en el gráfico 1 que por medio de las barras se aprecia mejor; en relación al número de ejotes la variedad pinto centauro se separa de las otras dos variedades; aun así en no cambio de letra es un comportamiento similar entre las 3 variedades de frijol.

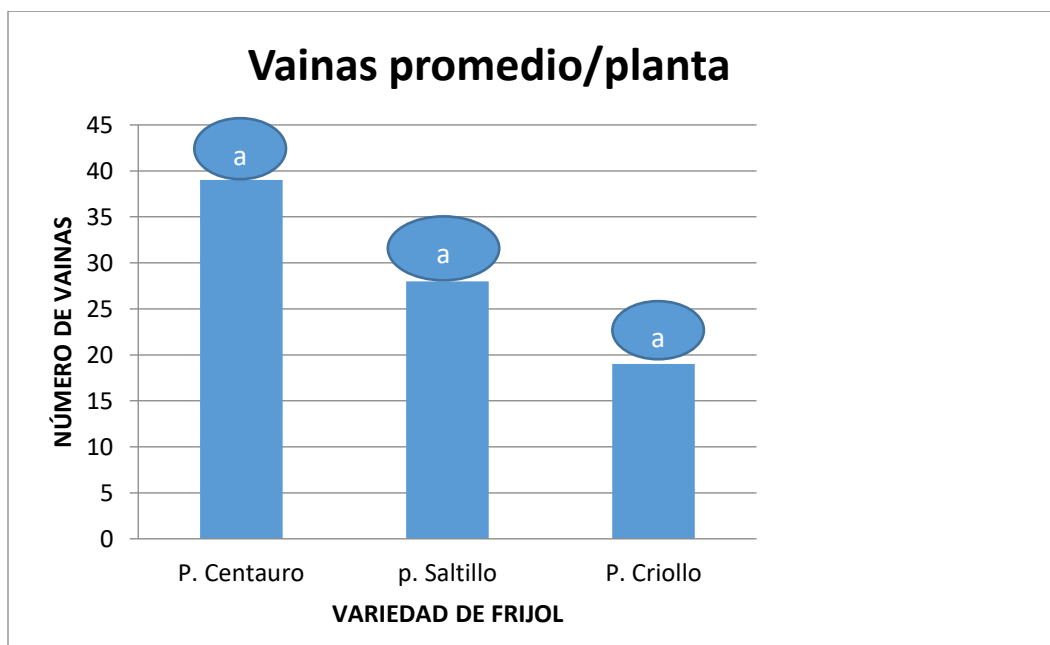


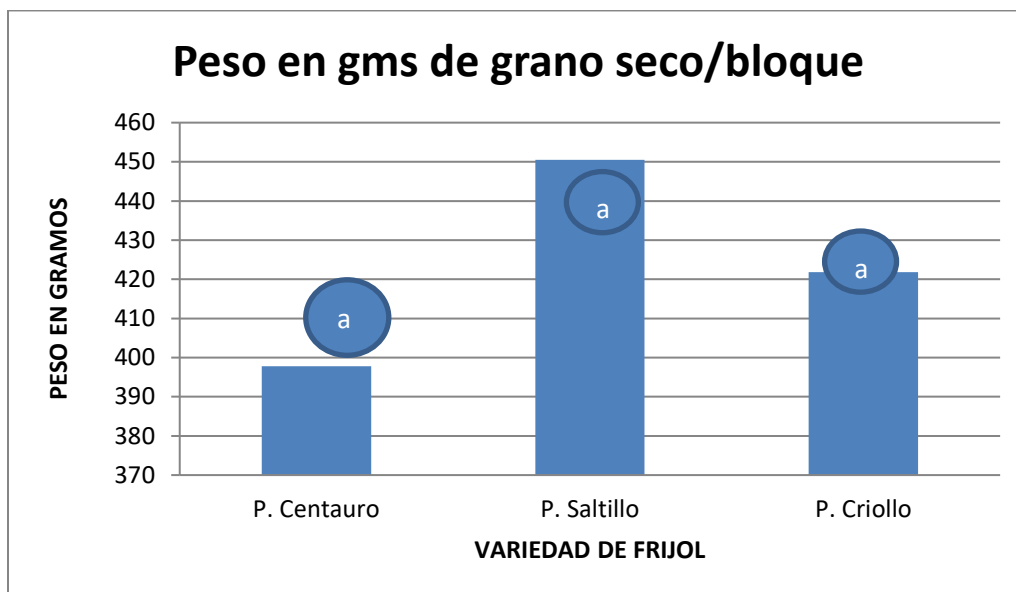
Gráfico 1: Comparación del No de vainas promedio/planta entre Pinto Centauro, Saltillo y Criollo.

En lo relacionado en peso de grano seco por bloque para cada una de las variedades se obtuvieron los siguientes valores en la Prueba F con un alfa del 5% resultante del análisis de varianza tal como lo muestra la tabla 3. En ella podemos ver que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos es decir; relacionado con la variable arriba mencionada las tres variedades se comportaron semejante producción de grano seco.

Tabla 3: Comparación de la prueba F para un alfa del 5% en peso en gramos de frijol por bloque

Fc en Tratamientos = 0.12	<	Ft=6.94
------------------------------	---	---------

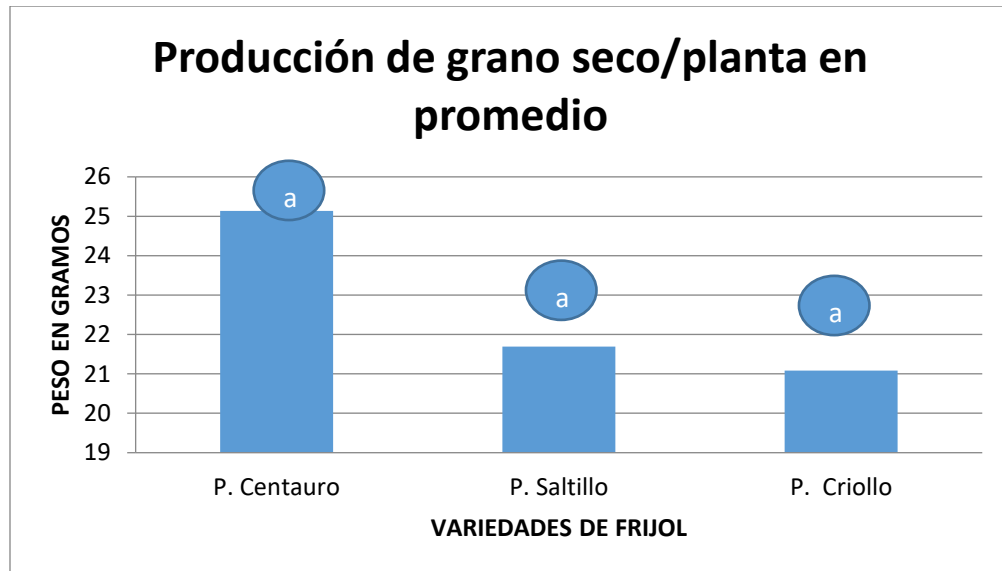
Pero al identificar de manera visual esta variación tal como lo muestra la gráfica 2; son los bloques de la variedad pinto saltillo que mejor peso promedio presentan pero sin llegar a una diferencia estadística; mandando hasta el tercer lugar el peso del pinto centauro.



Grafica 2: Comparación de peso promedio en gramos/bloque entre Pinto Centauro, Saltillo y Criollo.

Tomando en cuenta que los resultados de peso de grano seco por bloque puede ser sesgado por la pérdida de plantas en el ciclo productivo; se han analizado también la variable producción promedio de grano seco por planta; éste procedimiento nos generó una Fc de 0.19 contra una Ft de 6.94 es decir; tampoco en ésta variable se generó diferencia estadística entre los tratamientos; y de manera visual se presenta en la gráfica número 3; en ella podemos ver que fue la variedad pinto centauro la de mejor producción promedio por planta con 25.14 gramos.





Gráfica 3: Producción promedio de grano por planta

### CONCLUSIONES

Las tres variedades de frijol analizadas en la investigación (pinto Saltillo, pinto Centauro y pinto Criollo) presentaron un desarrollo de planta de tipo cuadrático cóncavo hacia abajo, es decir; se comportaron de acuerdo al modelo biológico de nacer, desarrollarse y avanzar hacia el final de su ciclo. Las tres funciones creadas presentaron un coeficiente de correlación del 0.98 lo que se explica en una correlación muy buena entre el tiempo del ciclo vegetativo y la altura de la planta. En relación a las variables: número de vainas, producción de grano seco por bloque y producción promedio de grano seco por planta no se presentó diferencia estadística entre las variedades. Realizando un ejercicio de análisis síntesis se puede decir que los propósitos planteados en el proyecto de trabajo fueron abarcados en su totalidad; y en relación a la hipótesis formulada esta se rechaza pues en relación a la producción de grano seco el frijol pinto criollo se comportó de manera similar a los híbridos sembrados.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abarca-Hernández; O. 2003. La agricultura y la doble verdad del comercio internacional. InterSedes; revista de las sedes regionales. Vol. 5(8). Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica.
- Antonio-Vázquez; A. 2014. Evaluación de producción de frijol pinto laguna criollo en 9 parcelas demostrativas. Tesis de licenciatura de la UAAAN-UL. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N. Col. Valle Verde, Torreón Coahuila México.
- Avila-Cisneros; R., Rocha-Valdez; J.L., González-Torres; A., González-Avalos; R. y Ogaz, A. 2018. Los agrosistemas de conservación utilizando el multiarado en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad pinto Saltillo. *Agraria*. Vol. 5(1). Buena vista Saltillo Coahuila México.
- Budnick; S.F. 2007. Matemáticas aplicadas para la administración, economía y ciencias sociales. McGraw-Hill/Interamericana. 4ª edición. Prolongación Paseo de la Reforma 1015 Torre A, piso 17. Delegación Álvaro Obregón. México; D.F.
- Cámara de Diputados- Centro de estudios de las finanzas públicas (CEFP). 2008. Precios de los alimentos básicos en el mercado mexicano. Palacio legislativo de San Lázaro, México D.F.

- Cámara de Diputados-Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria (CEDRSSA) 2014. Evolución de los precios del maíz, frijol y sorgo. Palacio legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.
- Cámara de Diputados-Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria (CEDRSSA) 2015. Los programas de productos básicos de la Farm Bill (Ley Agraria) 2014. Palacio legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.
- Cámara de Diputados-Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria (CEDRSSA) 2016. Los programas del seguro agrícola de la "Farm Bill" (Ley Agraria) 2014 de los Estados Unidos. Palacio legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.
- Cámara de Diputados-Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria (CEDRSSA) 2019. Los precios de garantía en México. Palacio legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.
- Fideicomisos instituidos en relación a la agricultura (FIRA)-Banco de México. 2016. Panorama agroalimentario. Frijol 2016. <https://www.fira.gob.mx>
- Martínez-Fernández; B. 1990. Los precios de garantía en México. Revista Comercio Exterior. Vol. 40(10). México, D.F.
- Rosales-Serna; R., Ibarra-Pérez; F.J., y Cuellar-Robles; E.I. 2012. Pinto centauro, nueva variedad de frijol para el estado de Durango. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 3(7). INIFAP. Campo experimental Valle de México. Km 13.5, Carretera Los Reyes-Lecherías. Texcoco Edo. De México.
- Sánchez-Valdez; I., Acosta-Gallegos; J.A., Ibarra-Pérez; F.J., Rosales-Serna; R., y Cuellar-Robles; E.I. 2009. Pinto Saltillo: variedad mejorada para el estado de Durango. Folleto técnico 36, primera edición, ISBN 978-607-425-134. INIFAP- Campo experimental Valle del Guadiana, Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital. Durango, Durango.

## CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS Y ÉPOCA DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE NITROGENADO

Miguel A. Avila Perches<sup>1\*</sup>, A. Josué Gámez Vázquez<sup>1</sup>, Ramón Huerta Zurita<sup>1</sup>, F. Paúl Gámez Vázquez<sup>1</sup> y J. José García Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. [\\*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:avila.miguel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante en el mundo, se siembran 239, 614,584 ha y se producen 1,393,981,150 t (FAO, 2019). México es el séptimo país más importante a nivel internacional, donde se cultivan cerca de 7.4 millones de ha y se cosechan más de 27 millones de t de grano con un rendimiento promedio de 3.81 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019).

En Guanajuato se establecen 408,634 ha con maíz y se obtienen cerca de 1.7 millones de t, por lo que se ubica en el décimo lugar en importancia en nuestro país; del total, el 36 % de la superficie y el 73 % de la producción estatal se ubica en condiciones de riego, por lo que resulta importante generar tecnología que permita obtener altos rendimientos y mejorar la rentabilidad y sustentabilidad del cultivo.

El fertilizante químico es el insumo de mayor impacto dentro de los costos de producción del maíz en condiciones de riego en la región Bajío de Guanajuato, ya que constituyen el 58.8 % del costo total por hectárea (Guzmán *et al.*, 2014).

Dentro de la producción de granos básicos, los rubros económicos de mayor impacto en los costos de producción, son aquellos que limitan el crecimiento de los cultivos, como el uso y manejo del agua, además de los fertilizantes químicos. La falta de esfuerzos para mejorar de la producción agrícola ha afectado la capacidad del suelo para producir. Paradójicamente, el uso de variedades de maíz con mayor potencial de rendimiento y sistemas intensivos de producción, demandan el uso de mayores cantidades de fertilizantes. Lo anterior origina un elevado costo de producción, ya que con la crisis petrolera y aumento en el precio del gas natural, se ha provocado un incremento desmesurado del precio de los fertilizantes, lo cual afecta considerablemente la economía del productor (Castellanos *et al.*, 2005).

Para el agricultor es de fundamental importancia conocer cuándo aplicar el fertilizante para optimizar la absorción por el cultivo y minimizar las pérdidas potenciales del nutrimento por diferentes rutas, como la lixiviación y transformaciones microbianas que se dan en el suelo. Es decir, identificar el mejor momento de aplicación, durante el ciclo de desarrollo del cultivo, para

promover la mayor absorción por las plantas cultivadas y disminuir así el riesgo de contaminación ambiental (Peña *et al.*, 2002)

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue cuantificar el efecto de tres dosis y dos épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado en el rendimiento y comportamiento agronómico de dos híbridos de maíz .

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo primavera-verano de 2018 en terrenos del Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar. El suelo del lote experimental donde se realizó la evaluación de los tratamientos se clasifica como vertisol, de textura franco arcilloso, moderadamente alcalino (pH: 7.81), con contenido mediano de materia orgánica (1.88 %), en tanto que su contenido de nitrógeno (38.27 ppm) se clasifica como moderadamente alto, mientras que el fósforo (29.53 ppm) y potasio (993.43 ppm) se consideran altos.

El ensayo se estableció con un arreglo en parcelas subdivididas en un diseño experimental de bloques al azar, en la parcela grande se ubicaron dos híbridos de maíz: H-377 y H-386A con grano de color blanco y amarillo respectivamente, mientras que en la parcela mediana se situaron tres dosis de fertilizante nitrogenado (FN): 120, 240 y 360 unidades ha<sup>-1</sup>, asimismo en la parcela chica se evaluaron dos épocas de aplicación del FN, (1) la mitad en la siembra y el resto en la segunda escarda y (2) un tercio en cada una de las siguientes etapas: en la siembra, en la segunda escarda y en la hoja bandera del cultivo.

La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y 80 cm de separación, en tanto que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 5 m de longitud. Se utilizó sulfato de amonio como FN, además se incorporaron 60 unidades de fósforo de forma uniforme en todo el ensayo. El experimento se estableció el 30 de mayo de 2018, con una densidad de población de 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>, después de la siembra se aplicó un riego para promover la germinación de la semilla y emergencia de plántulas, posteriormente el desarrollo del cultivo dependió de la presencia de las lluvias, además se realizó un riego en la etapa de espigamiento del cultivo. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes variables: rendimiento de grano (RG), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera de la mazorca (NGHM) y profundidad de grano (PG). Se

realizó el análisis estadístico utilizando el programa SAS. Cuando las diferencias fueron significativas se empleo la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (ANVA) detectaron diferencias significativas ( $\geq 0.01$  de probabilidad) para RG en genotipo (G) y dosis de nitrógeno (DN), y sólo para genotipo en AP y PG (Cuadro 1). En la manifestación del RG, el factor que más influyó fue la DN, mientras que en AP y PG, el material genético tuvo la participación más relevante. Es importante destacar, que las interacciones evaluadas no fueron significativas, por lo que se puede afirmar que en RG, AP, AM y PG, los factores estudiados tienen una respuesta independiente. Además, cabe señalar que los coeficientes de variación presentaron valores inferiores a 10 %, por lo que se consideran bajos y son indicativos de la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano y características agronómicas de 2 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados con 3 dosis y 2 épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Fuente de Variación	Cuadrados medios			
	Rendimiento de grano	Altura de planta	Altura de mazorca	Profundidad de grano
Genotipo (G)	14.402 **	0.613 **	0.101 NS	3.430 **
Dosis de Nitrógeno (DN)	33.088 **	0.008 NS	0.002 NS	0.052 NS
Época de Aplicación (EA)	2.285 NS <sup>1</sup>	0.124 NS	0.003 NS	0.015 NS
G X DN	0.673 NS	0.036 NS	0.015 NS	0.012 NS
G X EA	0.789 NS	0.002 NS	0.017 NS	0.001 NS
DN X EA	0.626 NS	0.013 NS	0.009 NS	0.019 NS
G X DN X EA	0.201 NS	0.059 NS	0.014 NS	0.081 NS
CV <sup>2</sup> (%)	7.13	9.57	8.60	5.85

<sup>1</sup>NS: No Significativo

<sup>2</sup>CV: Coeficiente de variación

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

En rendimiento de grano (Cuadro 2), el híbrido de grano blanco, H-377 superó en más de 1 tonelada a H-386A, sin embargo este último mostró mayor altura de planta y mazorca, lo cual puede ser atribuido a que es un genotipo que fue liberado para la producción de forraje en los Altos de Jalisco. Además, H-377 superó en más de 16 % la profundidad de grano de H-386A. Es importante destacar que la dosis de nitrógeno de 120 unidades, presentó el menor RG, y que el más alto promedio fue para 360 UN, sin embargo este último no fue estadísticamente diferente

con la dosis de 240 UN, lo cual es un indicativo de que no se justifica utilizar altas dosis de fertilizante nitrogenado, porque no hay una respuesta significativa en RG y sólo se afectaría el costo de producción por ha y la rentabilidad del cultivo, además de que se incrementa el riesgo de contaminación ambiental.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y características agronómicas de 2 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados con 3 dosis y 2 épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Factor de Estudio	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Profundidad de grano (cm)
<b>Híbrido</b>				
H-377 <sup>1</sup>	14.28	2.07	1.00	4.42
H-386A <sup>2</sup>	13.01	2.33	1.10	3.80
DMS <sup>3</sup>	0.98	0.09	0.27	0.19
<b>Dosis (UN<sup>4</sup>)</b>				
120	11.78	2.22	1.06	4.04
240	14.18	2.21	1.05	4.11
360	14.97	2.17	1.06	4.17
DMS	1.09	0.16	0.06	0.12
<b>Época de Aplicación (EA<sup>5</sup>)</b>				
1	13.90	2.14	1.04	4.13
2	13.39	2.26	1.06	4.09
DMS	0.7	0.15	0.06	0.17

<sup>1</sup>Grano blanco

<sup>2</sup>Grano amarillo

<sup>3</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa

<sup>4</sup>UN: Unidades de nitrógeno

<sup>5</sup>EA: Época de Aplicación del fertilizante nitrogenado

Los análisis de varianza (Cuadro 3), detectaron diferencias no significativas para características de mazorca en la mayoría de los factores de estudio, sólo hubo diferencias significativas ( $\geq 0.01$  de probabilidad) para genotipo en diámetro de mazorca, para las interacciones DN X EA y G X DN X EA en número de hileras por mazorca y en la interacción G X DN en número de granos por hilera de la mazorca. Por lo que es importante destacar que en el diámetro de mazorca lo que más influyó fue el genotipo, sin embargo la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado no influyeron significativamente en la manifestación de las variables de mazorca. Asimismo, es necesario destacar los bajos valores de los coeficientes de variación, lo cual está relacionado con la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para características de mazorca de 2 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados con 3 dosis y 2 épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Fuente de Variación	Cuadrados medios			
	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera de la mazorca
Genotipo (G)	1.322 NS	2.356 **	23.684 NS	8.410 NS
Dosis de Nitrógeno (DN)	0.267 NS	0.076 NS	1.497 NS	1.414 NS
Época de Aplicación (EA)	0.667 NS	0.004 NS	0.751 NS	1.210 NS
G X DN	1.920 NS	0.023 NS	3.792 NS	21.083 **
G X EA	0.173 NS	0.029 NS	0.004 NS	0.587 NS
DN X EA	0.541 NS	0.049 NS	8.217 **	1.043 NS
G X DN X EA	1.241 NS	0.030 NS	4.964 **	1.667 NS
CV <sup>2</sup> (%)	7.18	3.62	5.26	8.44

<sup>1</sup>NS: No Significativo.

<sup>2</sup>CV: Coeficiente de variación

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

En el Cuadro 4, se puede observar que H-377 superó en diámetro de mazorca a H-386A, lo cual aunado a que presentó mayor profundidad de grano, podrían explicar el más alto rendimiento de grano del híbrido de grano blanco.

Cuadro 4. Características de mazorca de 2 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados con 3 dosis y 2 épocas de aplicación del fertilizante nitrogenado, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Factor de Estudio	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera de la mazorca
<b>Híbrido</b>				
H-3771	16.06	5.42	16.93	34.65
H-386A2	16.44	4.91	15.31	33.68
DMS <sup>3</sup>	3.64	0.30	1.75	2.96
<b>Dosis (UN<sup>4</sup>)</b>				
120	16.17	5.08	15.80	33.78
240	16.42	5.16	16.06	34.30
360	16.15	5.24	16.50	34.43
DMS	0.53	0.17	0.90	1.37
<b>Época de Aplicación (EA<sup>5</sup>)</b>				
1	16.38	5.17	16.26	34.35
2	16.11	5.15	15.97	33.98
DMS	0.84	0.13	0.61	2.09

<sup>1</sup>Grano blanco

<sup>2</sup>Grano amarillo

<sup>3</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa

<sup>4</sup>UN: Unidades de nitrógeno

<sup>5</sup>EA: Época de Aplicación del fertilizante nitrogenado

### CONCLUSIONES

El mayor rendimiento, profundidad de grano y diámetro de mazorca fue para H-377. Desde el punto de vista económico y agronómico, la mejor fertilización fue con 240 unidades de nitrógeno, aplicadas, la mitad en la siembra y el resto en la segunda escarda. No se justifica utilizar ni altas ni bajas dosis de fertilizante nitrogenado. La dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado, no influyeron significativamente en las características de mazorca.

### BIBLIOGRAGÍA

- Castellanos, R. J. Z., J. A. Cueto W., J. Macías C., J. R. Salinas G., L. M. Tapia V., J. M. Cortés J., I. J. González A., H. Mata V., M. Mora G., A. Vásquez H., C. Valenzuela S., S. A. Enríquez R. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México, Folleto Técnico, núm. 1, INIFAP, CIRCE, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México. 45 pp.
- Guzmán S. E., M. T. de la Garza C., J. P. González F., J. Hernández M. 2014. Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato. Análisis Económico 70(29):145-156.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2019. Datos de alimentos y agricultura. Consultado en [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat) (agosto de 2019).
- Peña C. J. J., O. A. Grageda C., J. A. Vera N. 2002. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (<sup>15</sup>N). Terra 20(1): 51-56.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Consultado en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (agosto de 2019).



## RESPUESTA MORFOMETRICA DE SEMILLAS DE FRIJOL A DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE SELENIO (Se)

Ma. Elizabeth Azpilcueta Pérez<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo Salcedo<sup>2\*</sup>, Ma. Magdalena Villa Castorena<sup>2</sup>, Ricardo Trejo Calzada<sup>1</sup> e Ignacio Sánchez Cohen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Kilómetro 40, Carretera Gómez Palacio-Chihuahua Bermejillo, Durango, México, C.P. 35230.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Canal Sacramento, kilómetro 6.5, Zona Industrial, 4ta. etapa. Gómez Palacio, Durango, C.P. 35140.

\*Autor para correspondencia: jacobos.rosario@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es la especie de leguminosas con mayor importancia para el consumo humano debido a que poseen semillas comestibles con un alto contenido proteico y mineral (Delgado, 2013; Ulloa *et al.*, 2011).

México es de los principales países que produce y consume frijol, dicha producción proviene en su mayoría de genotipos nativos o criollos, y en menor porcentaje de variedades mejoradas que aumentan notablemente su calidad, lo cual representa ventajas agronómicas (Sangerman Jarquín, *et al.*, 2010). Las características fisicoquímicas del grano que el consumidor prefiere determinan su calidad comercial, es así como en la industria se demandan los granos de colores, textura y sabor agradable, así como su rápida cocción (Sangerman Jarquín *et al.*, 2010).

Una fertilización adecuada es necesaria para incrementar el rendimiento de los cultivos. La aplicación de nutrientes directamente al suelo durante el periodo de crecimiento y desarrollo en la planta es un factor determinante en el rendimiento potencial (Eibner, 1986). Adicionalmente, se sabe que la fertilización vía foliar contribuye en el mejoramiento de la calidad y rendimiento de las cosechas ya que esta es una vía de acceso directa a la planta (Fregoni, 1986).

La disponibilidad de los micro y macronutrientes no siempre se tiene en las proporciones o concentraciones necesarias, es por ello que se ha empleado una herramienta agronómica que permite mejorar la calidad nutricional de los cultivos como lo es la biofortificación. La biofortificación consiste en aplicar técnicas que aprovechan la variabilidad existente en las diferentes especies cultivadas respecto a su contenido de nutrientes, para aumentar el nivel de estos en los cultivos (Monserrate-Rojas, *et al.*, 2009).

El selenio (Se) es un micronutriente esencial en los seres vivos, forma parte de más de 20 proteínas. Este elemento es un cofactor esencial de aproximadamente 50 enzimas (Lyons *et al.*, 2004). Sin embargo, los seres humanos y los animales no somos capaces de bio-trasformar el

Se inorgánico a forma orgánica. No obstante, las plantas tienen la capacidad de realizar esta metabolización y mediante el consumo vegetal se subsana el consumo de este nutriente. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento morfométrico de la semilla de frijol a diferentes fuentes y dosis de Selenio (Se).

### **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el Margen Derecho Canal Sacramento km. 6.5 Gómez Palacio, Durango.

Se estableció un diseño experimental de bloques al azar, en condiciones de invernadero. Se establecieron 10 tratamientos producto del factorial 3x3: tres fuentes químicas de selenio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  y  $\text{SeO}_2$ ) y tres dosis del mismo (5, 10 y 20  $\text{mgL}^{-1}$ ), más el testigo y siete repeticiones. Se usó la variedad de frijol Pinto Saltillo. La semilla se seleccionó de acuerdo a su aspecto, posteriormente se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 5 % por 30 min y se lavó con agua corriente dejando secar al aire.

La siembra se realizó en macetas de 18 L de forma manual colocando 3 semillas por maceta. A los 5 días de la siembra se observó una germinación del 100% de plantas y en esa fecha se aplicaron los tratamientos de Se. La aplicación fue por vía foliar durante el transcurso de la mañana, aplicándolo con un aspersor de la marca Pacto de 10 L capacidad; las aplicaciones fueron cada 15 días en un periodo de 3 meses.

La cosecha se realizó a los 120 días de forma manual colocando las vainas en bolsas de papel canela rotulada, según el tratamiento y repetición, después se introdujeron a la estufa con una temperatura de 65°C durante 1 hora para retirar la humedad residual y realizar las mediciones pertinentes.

Las variables medidas correspondieron a: anchura, longitud y espesor mediante vernier digital. Las mediciones se realizaron en 30 semillas de las siete repeticiones de cada tratamiento. El % de esfericidad y radio aspecto se obtuvieron mediante las fórmulas: Esfericidad =  $\text{Diámetro} / \text{Longitud} * 100$ ; y Radio aspecto =  $\text{Anchura} / \text{Diámetro}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se identificó una diferencia estadística entre tratamientos en las variables anchura ( $p=0.001$ ,  $g.l=9$ ,  $F=3.09$ ), longitud ( $p=0.001$ ,  $g.l=9$ ,  $F=6.75$ ), espesor ( $p=0.001$ ,  $g.l=9$ ,  $F=5.67$ ) y esfericidad ( $p=0.044$ ,  $g.l=9$ ,  $f=1.92$ ); mientras que en la variable relación aspecto no se observó efecto de tratamiento. Las plantas que fueron adicionadas con  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  mostraron un mayor desarrollo de anchura y longitud de grano, en comparación con las concentraciones de 10 y 20 mg tanto de  $\text{SeO}_2$  como de  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ .

El espesor del grano de frijol fue mayor cuando se aplicó  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{SeO}_2$ , con respecto a otros tratamientos, incluido el testigo. Lo anterior sugiere que el desarrollo del grano se vio favorecido por la aplicación de Se. En la esfericidad del grano se observó una media del 61.08% en los granos de frijol a base de la adición de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ .

En la relación aspecto no se manifestó una diferencia estadística significativa dentro de los tratamientos establecidos, así como en relación al testigo (Cuadro 1). Los resultados anteriores son similares, aunque menores proporciones a los obtenidos por Aguirre et al. (2010), respecto a anchura, longitud y espesor del grano de frijol.

CUADRO 1. Efecto de diferentes fuentes y dosis de Se en las características morfométricas a granos de frijol variedad Pinto Saltillo.

Fuentes de selenio	Dosis ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Espesor (mm)	Esfericidad (%)	Radio Aspecto
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	5	7.20 <sup>ab</sup>	12.51 <sup>abc</sup>	4.91 <sup>bc</sup>	60.74 <sup>ab</sup>	0.576 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	10	7.38 <sup>a</sup>	12.68 <sup>a</sup>	4.96 <sup>abc</sup>	60.60 <sup>ab</sup>	0.583 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	20	7.12 <sup>ab</sup>	12.45 <sup>bcd</sup>	4.99 <sup>abc</sup>	61.08 <sup>a</sup>	0.572 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	5	7.17 <sup>ab</sup>	12.64 <sup>ab</sup>	5.05 <sup>a</sup>	60.82 <sup>ab</sup>	0.568 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	10	7.03 <sup>b</sup>	12.43 <sup>bd</sup>	4.89 <sup>bc</sup>	60.50 <sup>ab</sup>	0.567 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	20	7.09 <sup>b</sup>	12.62 <sup>ab</sup>	5.07 <sup>a</sup>	60.78 <sup>ab</sup>	0.563 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	5	7.13 <sup>ab</sup>	12.52 <sup>abc</sup>	5.01 <sup>ab</sup>	60.91 <sup>ab</sup>	0.570 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	10	7.05 <sup>b</sup>	12.29 <sup>d</sup>	4.88 <sup>c</sup>	60.92 <sup>ab</sup>	0.574 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	20	7.00 <sup>b</sup>	12.48 <sup>abcd</sup>	4.95 <sup>abc</sup>	60.40 <sup>b</sup>	0.561 <sup>a</sup>
Sin Aplicar	Sin Aplicar	7.03 <sup>b</sup>	12.35 <sup>cd</sup>	4.88 <sup>c</sup>	60.69 <sup>ab</sup>	0.570 <sup>a</sup>

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

## CONCLUSIONES

La aplicación de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  a una concentración de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  propicia una anchura, longitud y radio aspecto del grano de frijol. La aplicación de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  tuvo un efecto positivo en la esfericidad del grano. El uso de Se a partir de la formulación  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  mejora las características del grano de frijol en la variedad Pinto Saltillo, lo cual redonda en una mayor productividad del mismo.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, E., & Gómez-Aldapa, C. a. (2010). Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades; Pinto Saltillo, Bayo Victoria y Negro San Luis. *XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1101–1108.
- Delgado. (2013). Evaluación de líneas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de retrocruce avanzado entre una accesión silvestre y radical cerinza. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 79–86.
- Eibner, R. (1986). Foliar Fertilization - Importance and Prospects in Crop Production. In *Foliar Fertilization* (pp. 3–13). [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4386-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4386-5_1)
- Fregoni. (1986). Some aspects of epidean nutrition of grapevines. pp. 205-211. In: A. Alexander (ed). Foliar fertilization. Proceeding of the first international symposium of foliar fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.
- Lyons, G. H., Lewis, J., Lorimer, M. F., Holloway, R. E., Brace, D. M., James, C. R., & Graham, R. D. (2004). High-selenium wheat: Agronomic biofortification strategies to improve human nutrition. *Food, Agriculture and Environment*, 2(1), 171–178.
- Monserate Rojas, F. A., Pachon, H., Hyman, G. G., & Vesga Varela, A. L. (2009). Metodología para seleccionar zonas de intervención con cultivos biofortificados. *Rev. Panam. Salud Publica*, 26(5), 419–428.
- Sangerman Jarquín, D., Acosta Gallegos, J., Schwentesius Rindermann, R., Damián Huato, M., & Larqué Saavedra, B. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 363–380.
- Ulloa, J. A., Petra, M. C., Ulloa, R., Carmen, J., Ramírez, R., Blanca, I. B. Q., & Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5–9.

## EFFECTOS TEMPRANOS EN FLORACIÓN Y VAINAS POR LA BIOFORTIFICACIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) MEDIANTE LA ADICIÓN FOLIAR DE SELENIO

Ma. Elizabeth Azpilcueta Pérez<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>2\*</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>1</sup>, Ignacio Sánchez Cohen<sup>1,2</sup> y Ricardo Trejo Calzada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Kilómetro 40, Carretera Gómez Palacio-Chihuahua Bermejillo, Durango, México, C.P. 35230.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Canal Sacramento, Km. 6.5, Zona Industrial, 4ta. etapa. Gómez Palacio, Durango, C.P. 35140.

\*Autor para correspondencia: jacobos.rosario@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El frijol del género *Phaseolus* es una planta que se cultiva para obtener semilla por su elevado aporte proteico (22%) (Atilio-Cabrera, 2008). El frijol juega un papel muy importante en la producción agrícola y en la dieta de la población de todas las partes del mundo, además esta leguminosa posee ciertas características nutricionales de los cereales (Gaucin, 2011).

México es uno de los principales países que produce y consume frijol, el cual proviene en su mayoría de genotipos nativos o criollos, y en menor proporción a variedades mejoradas que aumentan notablemente su calidad, lo cual representa ventajas agronómicas. En ambos casos se aprovecha el cultivo para obtener granos, vainas tiernas o ejotes (Sangerman Jarquín, *et al.*, 2010).

La siembra del frijol es el primer eslabón en la cadena de valor, seguido de su cultivo y cosecha. El frijol es cultivado en todas las regiones de México, bajo diversas condiciones de suelo y clima; sin embargo, los principales productores son los estados de: Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chiapas, Chihuahua, Nayarit y San Luis Potosí (SE, 2012). Para el 2004, la producción de frijol fue de 364,184.86, 176,992.18, 86,854.68, 80,846.72, 72, 316.20, 54,013.06 y 58,304.95 Ton en los Estados de Zacatecas, Durango, Chiapas, Sinaloa, San Luis Potosí, Guanajuato y Nayarit, respectivamente (SIAP, 2004).

La biofortificación en los cultivos, es una técnica que consiste en aprovechar la variabilidad existente en las diferentes especies cultivadas respecto a su contenido de nutrientes, aumentando el nivel de estos en los cultivos (Monserrate-Rojas, *et al.*, 2009). La biofortificación se ha realizado con diferentes cultivos y diferentes elementos aunque la respuesta es diversa y depende de las características de cada condición de biofortificación (Khush *et al.* 2012; Simic *et al.*, 2011).

Los agricultores han aplicado fertilizantes al suelo por cientos de años con el objetivo de mejorar la nutrición de sus plantas, lo cual generalmente se limita a ciertos N, P y K; sin embargo, esta estrategia se puede ser empleada para aumentar la concentración de minerales con propósitos nutrimentales (Rengel *et al.*, 1999). ***El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de tres fuentes y dosis de Se en el desarrollo temprano de la floración y en la etapa de vainas.***

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el Margen Derecho Canal Sacramento km. 6.5 Gómez Palacio, Durango.

Se estableció un diseño experimental de bloques al azar, en condiciones de invernadero. Se establecieron 10 tratamientos producto del factorial 3x3: tres fuentes químicas de selenio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  y  $\text{SeO}_2$ ) y tres dosis del mismo (5, 10 y 20  $\text{mgL}^{-1}$ ), más el testigo en siete repeticiones. Se usó la variedad de frijol Pinto Saltillo. La semilla se seleccionó de acuerdo a su aspecto, posteriormente se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio (Cuadro 1).

La siembra se realizó en macetas de 18 L de forma manual colocando 3 semillas por maceta. A los 5 días de la siembra se observó una germinación del 100% de plantas y en esa fecha se aplicaron los tratamientos de Se. La aplicación fue por vía foliar durante el transcurso de la mañana, aplicándolo con un aspersor de la marca Pacto de 10 L capacidad; las aplicaciones fueron cada 15 días en un periodo de 3 meses.

La floración marca el final del crecimiento del pedúnculo o tallo sobre el que nace la flor, puesto que la floración resulta de una modificación del meristemo terminal (Bidwell, 1993). La presencia de las primeras flores propició el primer muestreo destructivo para evaluar el crecimiento de las plantas y observar el efecto de los tratamientos en el frijol.

Durante este periodo de crecimiento (etapa de floración) se había aplicado cuatro aspersiones de los diferentes tratamientos de Se vía foliar. Así mismo, se evaluó número de flores y botones florales en el Cuadro 1.

Se realizó un muestreo destructivo al observarse la aparición de las primeras flores en esta evaluación, se desarrolló el conteo de flores y botones florales durante la etapa de inicios de floración con el objetivo de evaluar un probable efecto toxico o por el contrario un efecto estimulante de la aplicación de los tratamientos evaluados.

Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento; como consecuencia del crecimiento de la vaina, la corola marchita cuelga o se desprende (Schoonhove *et al.*, 1987).

La medición del número de vainas se desarrolló en la fase de llenado de vainas y finalmente en la etapa de cosecha. El número de vainas se determinó mediante muestreo destructivo en la etapa de llenado de vainas con el objetivo de observar si las aplicaciones realizadas presentaban un efecto tóxico o si se veía favorecido el desarrollo por la aplicación de los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La presencia de botones florales observó una diferencia estadística significativa ( $p=0.003$ , g.l.=9,  $F=3.66$ ), en el tratamiento con dióxido de selenio a una concentración de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  se observó una media de 32 botones florales, siendo el tratamiento que mayor número de botones florales presentó en comparación con el testigo que tuvo una media de 10.5 botones.

Los resultados observados sugieren un efecto positivo en la administración foliar con dióxido de selenio y selenato en la planta frijol, en donde se observa una estimulación para el desarrollo anticipado y mayor abundancia de botones florales en 81% con  $\text{SeO}_2$  y 115% con  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  en comparación con el testigo; 327% con  $\text{SeO}_2$  y 390% con  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  en comparación con aquellas que fueron tratadas con  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  (Cuadro 1).

CUADRO 1. Resultados de flores y botones florales en muestreo al inicio de la floración.

Fuente química del Se	Dosis de Se	Flores	Botones florales
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	$5 \text{ mg L}^{-1}$	0 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	$10 \text{ mg L}^{-1}$	0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	$20 \text{ mg L}^{-1}$	0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>
$\text{SeO}_2$	$5 \text{ mg L}^{-1}$	0.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>ab</sup>
$\text{SeO}_2$	$10 \text{ mg L}^{-1}$	3.2 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	$20 \text{ mg L}^{-1}$	0.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>ab</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	$5 \text{ mg L}^{-1}$	0.5 <sup>a</sup>	22.5 <sup>ab</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	$10 \text{ mg L}^{-1}$	0 <sup>a</sup>	17.2 <sup>ab</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	$20 \text{ mg L}^{-1}$	3.2 <sup>a</sup>	28.2 <sup>ab</sup>
Testigo	0	0.5 <sup>a</sup>	10.5 <sup>ab</sup>

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

El número de vainas cuantificado (Cuadro 2) no mostraron una diferencia estadística significativa en las dos etapas evaluadas ( $p= 0.206$ , g.l.= 9,  $F=1.46$  y  $p= 0.980$ , g.l.= 9,  $F=0.277$  respectivamente). Lo anterior nos indica que el número de vainas es similar en el tratamiento testigo que en aquellos que recibieron la aplicación vía foliar de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SeO}_2$  y  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ . Sin embargo, se observa una disminución en el número de vainas resultantes para la etapa de maduración en comparación con la etapa de llenado.

Lo anterior contrasta a los resultados obtenidos en la investigación realizada por Boghdady *et al.*, 2017 en donde estudiaron el efecto de la aplicación foliar de Selenio en planta frijol faba cv. Giza 716 cultivada en arcilla y suelo franco cuyas concentraciones utilizadas fueron 5, 10, 15 y 20 mg  $\text{L}^{-1}$ , registrando un aumento en la cantidad de vainas en un 82% (aplicando una dosis de 10 mg  $\text{L}^{-1}$ ) en comparación con el testigo.

CUADRO 2. Efecto de fuente y dosis de Se en el llenado y número de vainas de frijol durante la floración y maduración.

Fuente química del Se	Dosis de Se	Llenado de vainas	Maduración de vainas
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	5 mg $\text{L}^{-1}$	118.00 <sup>a</sup>	105.46 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	10 mg $\text{L}^{-1}$	173.50 <sup>a</sup>	109.30 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	20 mg $\text{L}^{-1}$	74.75 <sup>a</sup>	106.00 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	5 mg $\text{L}^{-1}$	135.00 <sup>a</sup>	101.23 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	10 mg $\text{L}^{-1}$	109.25 <sup>a</sup>	110.66 <sup>a</sup>
$\text{SeO}_2$	20 mg $\text{L}^{-1}$	180.00 <sup>a</sup>	104.23 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	5 mg $\text{L}^{-1}$	121.75 <sup>a</sup>	103.53 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	10 mg $\text{L}^{-1}$	172.75 <sup>a</sup>	113.53 <sup>a</sup>
$\text{Na}_2\text{SeO}_4$	20 mg $\text{L}^{-1}$	136.25 <sup>a</sup>	114.16 <sup>a</sup>
Testigo	----	126.50 <sup>a</sup>	103.56 <sup>a</sup>

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

## CONCLUSIONES

El número de botones ante la administración de cualquier forma química de Selenio fue similar con el testigo. Así mismo el suministro de 10 mg  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{SeO}_2$  aumenta hasta un 304% el número de botones. El promedio de cualquier dosis de  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  empleado incrementa hasta un 215% el número de botones florales durante la etapa de floración. El número de vainas durante la etapa



de llenado y maduración es igual entre los tratamientos. Por lo tanto, se observó que el desarrollo vegetativo y reproductivo en la planta frijol tuvo un comportamiento similar ante la aplicación de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SeO}_2$  y  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  con respecto al testigo.

## BIBLIOGRAFIA

- Atilio-Cabrera. (2008). *Guía Técnica Para El Manejo De Variedades De Frijol*. 24.
- Bidwell. (1993). *Fisiología Vegetal* (Primera Ed; S. A. AGT EDITOR, ed.). México.
- Boghday, M., Desoky, E., Azoz, samah, & Abdelaziz, D. (2017). Effect of Selenium on Growth, Physiological Aspects and Productivity of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Agronomy*, 0(0), 83–97. <https://doi.org/10.21608/agro.2017.662.1058>
- Gaucin, D. (2011). *Frijol 2011-2012*. 1–17.
- Khush, G. S., Lee, S., Cho, J. II, & Jeon, J. S. (2012). Biofortification of crops for reducing malnutrition. *Plant Biotechnology Reports*, 6(3), 195–202. <https://doi.org/10.1007/s11816-012-0216-5>
- Monserate Rojas, F. A., Pachon, H., Hyman, G. G., & Vesga Varela, A. L. (2009). Metodología para seleccionar zonas de intervención con cultivos biofortificados. *Rev. Panam. Salud Publica*, 26(5), 419–428.
- Rengel, Z., Batten, G. D., & Crowley, D. E. (1999). Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crops Research*, 60(1–2), 27–40. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00131-2)
- Sangerman Jarquín, D., Acosta Gallegos, J., Schwentesius Rindermann, R., Damián Huato, M., & Larqué Saavedra, B. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 363–380.
- Schoonhove, A., & Pastor-Corrales, M. (1987). *Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol* (Francisco,). Cali, Colombia.: CIAT.
- SE. (2012). *Análisis de la Cadena de Valor del Frijol*. 1–39.
- Simic, D., Drinic, S. M., Zdunic, Z., Jambrovic, A., Ledencan, T., Brkic, J., ... Brkic, I. (2011). Quantitative trait loci for biofortification traits in maize grain. *Journal of Heredity*, 103(1), 47–54. <https://doi.org/10.1093/jhered/esr122>

## CRECIMIENTO DE *Agave durangensis* GENTRY EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES EN VIVERO

Gerardo Barvosa-Muñoz<sup>1</sup>, Sergio Rosales Mata<sup>2</sup>, José Leonardo García Rodríguez<sup>2</sup>, María Gabriela Ramírez Valadez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales UJED, Río Papaloapan, Valle del Sur, 34120 Durango, Dgo.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Carretera El Mezquital, Durango 4, Camino Real, 34170 Durango, Dgo.  
Correo electrónico:Gerabar\_1996@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Taxonómicamente el género *Agave*, con más de 200 especies, es el más rico de los nueve géneros de la familia Agavácea. El 75% de sus especies se distribuyen en México, considerado como centro de origen y de diversificación. Durango se encuentra entre los estados con mayor diversidad de *Agave* (García-Mendoza 2007). Las plantas de *Agave* son la fuente principal de materia prima para elaborar mezcal. Anualmente se exportan alrededor de 750,000 L de mezcal con certificación a Asia, Europa, Estados Unidos y Canadá (Martínez-Hernández *et al.*, 2007). En Durango, la producción de mezcal se realiza a partir de plantas de *Agave* obtenidas de poblaciones naturales (Ávila-Reyes *et al.*, 2013), la sobreexplotación de esta especie ha provocado una disminución evidente de estas poblaciones. Por lo que, es importante buscar nuevas tecnologías para su propagación en vivero y enfocarlas al establecimiento de plantaciones comerciales para minimizar la presión hacia este recurso natural (Rosales *et al.*, 2014). El uso de mallas plásticas, técnica empleada en la horticultura protegida, sirve para disminuir la intensidad de la radiación y evitar incrementos de temperatura durante periodos cálidos (Valera *et al.*, 2001). Una de las mallas más utilizada es la de color negro, principalmente por su bajo costo. Sin embargo, esta malla es poco selectiva a la calidad de la luz, y sombrea por igual en toda la banda del espectro electromagnético, disminuyendo la tasa de fotosíntesis y con ello el rendimiento (Valera *et al.*, 2001). Se han desarrollado mallas plásticas de sombreado con propiedades ópticas especiales, con el objeto de mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Fallik *et al.*, 2009, Ganelevin, 2008). Estas mallas sombra de color modifican el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifican su dispersión (luz difusa), y afectan el componente térmico (región infrarroja) (Oren-Shamir *et al.*, 2001). Esta tecnología incrementa el rendimiento comercial mejorando, entre otras, las respuestas fisiológicas relacionadas al tamaño, peso, color y tiempo de cosecha (Shahak *et al.*, 2008). El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el desarrollo morfológico de *Agave durangensis* Gentry en seis condiciones ambientales de luz y dos de aireación del sistema radicular durante su producción en vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Durango. ubicado en el km 4.5 de la carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. (24°01' N y 104°44' O), a una altitud de 1 860 m. Se utilizaron envases de poliestireno expandido de 77 cavidades, de 160 mL por cavidad con un diámetro de 42 mm y un largo de 145 mm. La mezcla de sustrato para cultivo fue perlita expandida (20%), Peat moss (55%), vermiculita (25%) más una dosis de 2 kg m<sup>-3</sup> de fertilizante Multicote® 12-25-12 (N-P-K) de ocho meses de liberación. La semilla de *Agave durangensis* provenía del Ejido Malpais, Nombre de Dios, Durango, la siembra fue directamente en el envase sembrando dos semillas por cavidad. El ensayo se estableció en un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 6 X 2 con seis condiciones ambientales de luz (intemperie, vivero con película de polietileno blanco lechoso, malla sombra azul, malla sombra negra, malla sombra roja y malla sombra verde) y dos de aireación en la raíz, cada tratamiento tuvo tres repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar en la producción de *Agave durangensis* con la interacción condición ambiental-aireación.

Tratamiento	Condición ambiental	Aireación
1	Intemperie	Con Aireación
2	Intemperie	Sin Aireación
3	vivero	Con Aireación
4	vivero	Sin Aireación
5	Malla azul	Con Aireación
6	Malla azul	Sin Aireación
7	Malla negra	Con Aireación
8	Malla negra	Sin Aireación
9	Malla roja	Con Aireación
10	Malla roja	Sin Aireación
11	Malla verde	Con Aireación
12	Malla verde	Sin Aireación

Nota: En lo sucesivo CA=con aireación y SA=Sin aireación.

Las plantas de todos los tratamientos fueron fertilizadas una vez por semana durante seis meses con: 149-32-123 ppm de N-P-K, más una aplicación mensual del producto bioestimulante comercial Alexin-K fósforo. El factor aireación se aplicó a los 5 meses de establecido el experimento una vez que la raíz de la planta llenó la cavidad del envase, en la condición SA las plantas permanecieron en condición normal en los envases, mientras que la condición CA las plantas fueron extraídas de la cavidad dejando expuesto un 50% del tamaño del cepellón (Figura 1).



Figura 1. Plantas de agave con factor sin aireación (SA) y con factor de aireación (CA).

Al final del experimento, se realizó un muestreo destructivo por medio del cual se seleccionaron diez plantas de cada unidad experimental, a las cuales, se les eliminó el sustrato remojándolas en agua. Se evaluó el diámetro del tallo verdadero con vernier digital. Para tomar la medida se localizó el brote del sistema radicular y el inicio del primer verticilo en pencas (hojas), se ubicó un punto medio entre estos dos puntos y ahí se tomó la medición. Se determinó la concentración de azúcares en °Brix, la concentración de azúcares se midió únicamente del tallo verdadero, el cual se exprimió en un exprimidor de limones comercial hasta obtener una gota de jugo para colocarla en un refractómetro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio mayor del diámetro verdadero de la piña se presentó en el tratamiento de invernadero sin aireación (18.87 mm), seguido por el tratamiento de malla sombra roja con 17.43 mm, la condición con aireación tuvo menores resultados en los valores medios de la variable diámetro

verdadero en comparación con la condición de aireación (Figura 2). Los valores más bajos para esta misma variable se presentaron en la malla sombra negra sin aireación con 12.87 mm.

Se desconocen valores medios para plantas de esta especie y de esta edad producidas en vivero. Tampoco existen para especies como *Agave tequilana* o *Agave angustifolia* porque estas éstas se propagan por hijuelos, y en los estudios relacionados con *Agave durangensis* existentes, no se ha estudiado variable, razón por la cual se carece de parámetros de referencia.

En 2007 se realizó una evaluación sobre diferentes tipos de sustratos para la producción de agave azul tequilero y según los resultados de (Crespo *et al.*, 2013) la planta con mayor crecimiento presento valores promedios de 5.07 cm en diámetros de tallo verdadero, el peor tratamiento obtuvo valores medios de 3.63 cm, cabe destacar que al momento de realizar la evaluación de esta investigación la planta tenía 25 meses de edad.

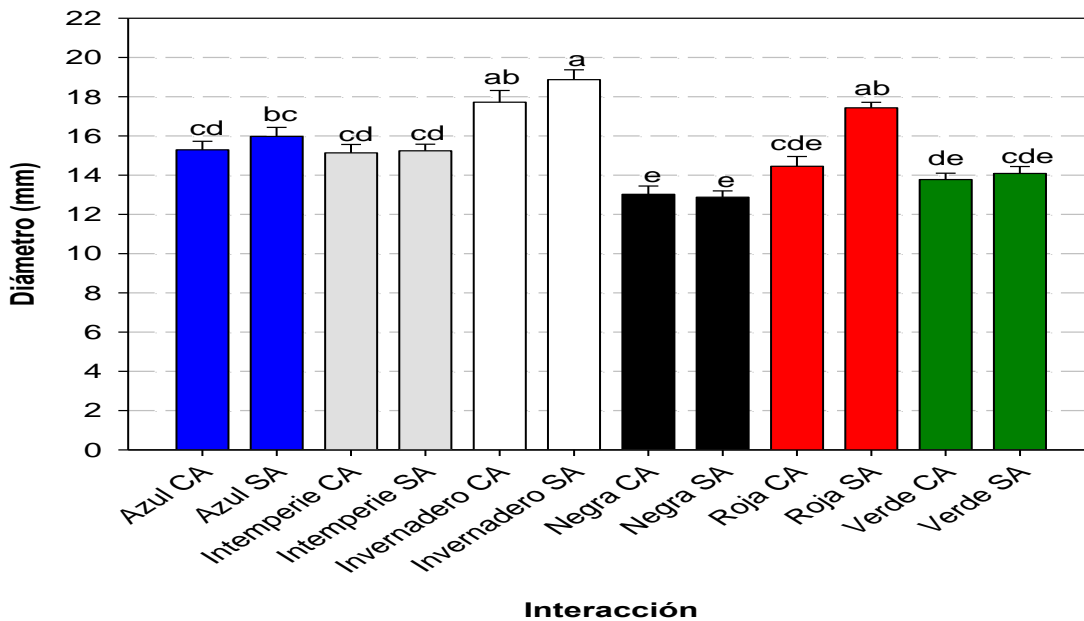


Figura 2. Crecimiento en diámetro del tallo verdadero a los 7 meses y 3 semanas de edad bajo diferentes condiciones ambientales de luz y dos factores de aireación. CA=Con aireación y SA=Sin aireación.

El valor promedio más alto de °Brix se observó en el tratamiento de intemperie con aireación 15.81, pero sin existir diferencias significativas con los demás tratamientos CA, a excepción del tratamiento de invernadero. Se determinó que en esta variable la condición CA resultó más efectiva para el aumento de la producción de azúcares (más °Brix) mostrando siempre un aumento en los °Brix en los tratamientos bajo esta condición, valores medios más bajos siempre fueron producidos en los tratamientos SA (Figura 3). Al respecto Granados (1993) y Tellez (1998)

mencionan que plantas *Agave tequilana* con porcentajes de °Brix menor de 20% son consideradas de baja calidad, porcentajes de 20 a 25% son de calidad media y con porcentajes mayores a 25% son consideradas de buena calidad. De acuerdo con estos autores, las plantas producidas en el presente ensayo serían consideradas de mala calidad, aunque se trata de especies diferentes.

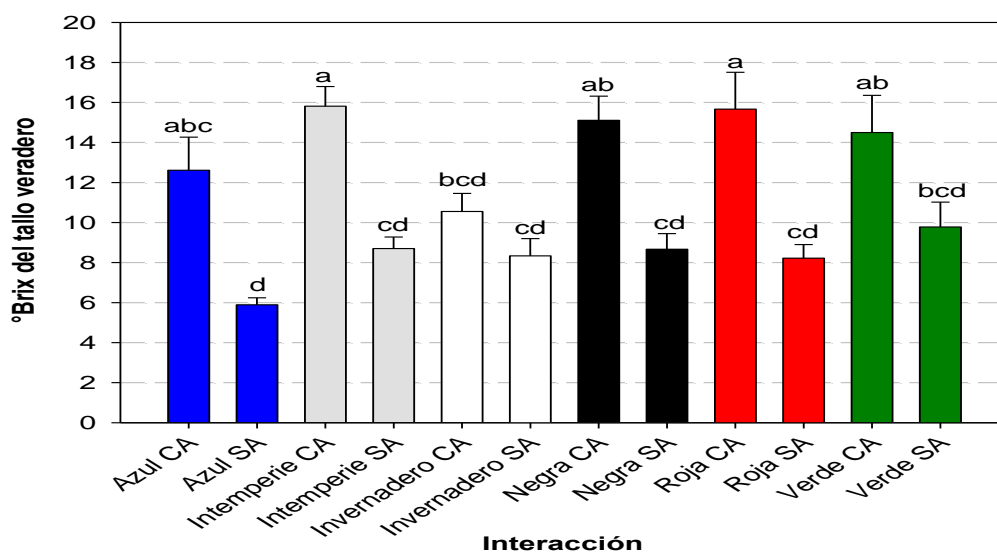


Figura 3. Contenido de azúcares (°Brix) del tallo verdadero en plantas de *Agave durangensis* en diferentes condiciones ambientales y dos factores de aireación. CA=Con aireación y SA=Sin aireación.

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que la condición de luz para el cultivo de plantas de *Agave durangensis*, al igual que para otros cultivos, afecta el desarrollo de variables como el diámetro verdadero de la piña. Las condiciones de luz otorgadas en el tratamiento de invernadero (bajo película de polietileno color blanco lechoso) favorecen destacadamente el crecimiento de las plantas de *Agave durangensis*. Se observó, en general, que en los tratamientos CA se favorece el aumento de °Brix en la condición de cultivo al intemperie y, también, en las mallas sombra color rojo, negra y verde, asumiendo que el rendimiento de estas plantas de agave será mayor en la producción de mezcal. Pero, en esta condición (CA), se reduce el valor promedio de diámetro de tallo verdadero de la piña.

**BIBLIOGRAFIA**

- Ávila-Reyes, JA; Almaraz-Abarca, N; Delgado- Alvarado, EA; González-Valdez, LS; G. Valencia-del Toro, G y Durán-Páramo, E. "Phenol Profile and Antioxidant Capacity of Mescal Aged in Oak Wood Barrels," Food Research International, Vol. 43, No. 1, 2010, pp. 296-300
- Crespo MR; González, DR; Rodríguez R; Rendón, LA; del Real, JI; Torre, JP. 2013. Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4 (8): 1161-1173.
- Fallik E, Alkalai-Tuvia S, Parselan Y, Aharon Z, Elmann A, O-r Y, Matan E, Yehezkel H, Ratner K, Zur N, Shahak Y. 2009. Can Colored Shade Nets Maintain Sweet Pepper Quality during Storage and Marketing? Acta Horticulturae 830: 37-44.
- Ganelevin, R. 2008. World-Wide Commercial Applications of Colored Shade Nets Technology (ChromatiNet). Acta Horticulturae 770: 199-204.
- García-Mendoza, AJ. 2007. Los Agaves de México: Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. No. (87): 14-23.
- González, M; Galván, R; López, IL; Reséndiz, L; Gonzales, MS. 2009. Agaves, magueyes, lechuguillas y noas del Estado de Durango y sus alrededores, México, Rod Cueto. 163 p.
- Granados, S. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México pp. 112-113
- Martínez-Hernández, A; Pastrana-Chávez, J; Sánchez-Villareal, A; Lara-Reyna, J; Herrera-Estrella, L; Herrera-Estrella, A; Martínez de la Vega, O; Simpson-Williamson, J. 2007. Genómica de *Agave tequilana*: Identificación de genes útiles para la industria tequilera y el desarrollo de usos alternativos del *Agave*: CINVESTAV.
- Oren-Shamir M, Gussakovsky EE, Shpiegel E, Nissim-Levi A, Ratner K, Ovadia R, Giller YE, Shahak Y. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 353-361.
- Rajapakse NC, Shahak Y. 2008. Light-quality manipulation by horticulture industry. In: Annual Plant Reviews, Light and plant development. Whitelam GC, Halliday KJ (Eds.). Blackwell Publishing. USA. pp: 308-311.
- Rosales, S; Hernández M; Sarmiento H; Sígala R. 2014. Producción de planta de *Agave durangensis* en sistema de acolchado y riego por goteo. Folleto Técnico, No. 76. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango. Durango. 28 p.
- Shahak Y, Gal E, O-r Y, Ben-Yakir D. 2008. Photosensitive Shade Netting Integrated with Greenhouse Technologies for Improved Performance of Vegetable and Ornamental Crops. Acta Horticulturae 797: 75-80.
- Téllez, M. 1998. "El Cocimiento, una Etapa Importante en la Producción del Tequila". Bebidas Mexicanas 7(1): 19-20.
- Valera MDL, Gil RJA, Molina F. 2001. Las mallas como técnicas de control climático en invernadero. Vida Rural 8: 50-52.
- Vázquez-García, J; Cházaro B; Hernández, G; Flores, E; Varga-Rodríguez YI. 2007. Agaves del Occidente de México, México, Fronteras de biodiversidad, 221 p.

## COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FLAVONOIDES Y FENÓLICOS TOTALES EN SANDÍA DE DESECHO DE LA COMARCA LAGUNERA

Borroel-García V. J<sup>1\*</sup>, Ramírez-Aragón M. G<sup>1</sup>, Moncayo-Luján M. R<sup>1</sup>, Ortiz- Escobar T. B<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Ingeniería en Biotecnología. Carretera El Vergel-La Torreña, Km. .820, Localidad El Vergel. [vborroel@upgop.edu.mx](mailto:vborroel@upgop.edu.mx)

### INTRODUCCION

Un problema que caracteriza algunas regiones del país es la oscilación temporal de los precios, debido a periodos de excesos de oferta. Esta oscilación provoca una contracción en el precio recibido por el productor debido a la saturación del mercado (Ramírez *et al.*, 2015). En la Comarca Lagunera, este problema se presenta específicamente en el cultivo de la sandía, ya que, en ciertas épocas del año, el mercado se satura a tal grado que el precio es tan bajo que el productor pierde menos dejando en el campo el producto que cosecharlo, lo cual le trae graves pérdidas económicas (SNIIM, 2014). En la Comarca Lagunera, la sandía es el segundo cultivo de mayor importancia, representando el 9% de la superficie cultivada a nivel nacional, con un valor de producción de \$9,000,000 (SIAP-SAGARPA, 2016). La temporada de producción de sandía inicia en mayo y finaliza en octubre; los meses de junio, julio, agosto y septiembre se presentan excesos de oferta ya que el 80% de la producción se obtiene en estos meses, esto provoca bajos precios a nivel del mayorista afectando la ganancia del productor (Ramírez *et al.*, 2015). Una de las medidas propuestas para evitar la caída estacional de los precios y por ende las pérdidas económicas de los productores ha sido la alternancia con otros cultivos durante el año (García *et al.*, 2011). Otra alternativa es el aprovechamiento de la producción y/o de los remanentes de sandía mediante la extracción de compuestos bioactivos, entre los que se encuentran compuestos fenólicos y flavonoides (Maroto y Gómez, 2002). La sandía puede ser una fuente valiosa de estos compuestos pudiendo ser aprovechados en cualquier momento post-cosecha. A pesar de los exteriores magullados, deformados o decolorados, la apariencia exterior no tiene ningún efecto en el contenido nutritivo (Al-Sayed y Ahmend, 2013). La sandía es la fruta que más cantidad de agua contiene (93%), por lo que su valor calórico es muy bajo, apenas 20 calorías en 100 gramos. Los niveles de vitaminas y sales minerales son poco relevantes, siendo el potasio y el magnesio los que más destacan, si bien en cantidades inferiores comparados con otras frutas (Akashi *et al.*, 2001). Su contenido en carotenoides y aminoácidos es posiblemente lo que le da



un valor agregado no sólo para su consumo en fresco sino también para su aprovechamiento en la industria de alimentos y de la salud. La extracción de estos compuestos puede llevar a la creación de modelos de negocio orientados a la industria agroalimentaria. Los procesos de extracción pueden variar en el rendimiento obtenido, rentabilidad económica y viabilidad ambiental. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue determinar el contenido de fenólicos totales y flavonoides totales en sandía de deshecho del mercado interno de la Comarca Lagunera empleando los métodos de extracción por ultrasonidos y tradicional.

## **MATERIALES Y METODOS**

### Obtención de la sandía y características de las muestras

La sandía utilizada para este trabajo pertenece a la variedad Charleston y fue sandía cultivada en la Región Laguna de Durango de los municipios de Gómez Palacio, Tlahualilo, y Mapimí. La elección de las muestras se hizo según el criterio de clasificación reportado por Valdiviezo (2010) en sandía de rechazo. La fruta de rechazo postcosecha con mínimos daños tuvo defectos como planchado, rajado y planchado y rajado.

### Muestreo y traslado de las muestras

El muestreo se realizó en cinco localidades de los municipios en estudio de la Región Laguna de Durango, mediante un muestreo aleatorio simple. Se tomaron tres muestras de sandía de cada uno de los tipos establecidos en la clasificación previamente mencionada. Se trasladaron al laboratorio de análisis físico-químicos de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio.

### Preparación de las muestras

Se utilizó el método de extracción por ultrasonicador y como método tradicional el uso de solventes orgánicos con el objetivo de determinar diferencias en el contenido de fenólicos totales y flavonoides totales obtenidos de la pulpa del fruto.

La sandía fue troceada en cubos, separando del fruto la cáscara y semillas. Se licuó la pulpa y mediante un colador la muestra fue filtrada.

### Método tradicional de extracción por solventes

Para el método tradicional se pesó un gramo de muestra molida, se colocó en un tubo falcón y se añadieron diez mililitros del solvente. Se agito en vortex y se dejó reposar durante 24 horas. Pasado el tiempo determinado, se extrajo la fase líquida y se colocó en tubos de ensayo.

### Extracción por ultrasonicador

El método de ultrasonido está basado en la propagación de ondas mecánicas conformada por un conjunto de ciclos, definidos como la combinación de altas y bajas presiones, denominadas compresiones y rarefacciones, respectivamente (Awad *et al.*, 2012; Musielak *et al.*, 2016).

Para el método por ultrasonicador se pesó un gramo de muestra molida, para cada uno de los solventes, se colocó en un tubo falcón y se añadieron diez mililitros del solvente. Se llevó a agitación en ultrasonicador durante tres minutos, en intervalos de un minuto. Se extrajo la fase líquida y se colocó en tubos de ensayo.

#### Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se midió usando una modificación del método de Folin-Ciocalteu (Ainsworth y Gillespie, 2007), 50  $\mu\text{L}$  de extracto se mezclaron con tres mililitros de agua destilada en un tubo de ensayo. Se agregaron 250  $\mu\text{L}$  de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EE.UU.), se agitó en vórtex durante 10 segundos. Después de tres minutos de reacción se añadieron 750  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20% w/v) y se agitaron durante diez segundos, enseguida se añadieron 950  $\mu\text{L}$  de agua destilada, se agitó nuevamente en vortex y se dejó reaccionar durante dos horas a temperatura ambiente y en un lugar oscuro. La absorbancia de la solución se leyó a 765 nm en un espectrofotómetro Genesys 10 UV. El contenido fenólico se cuantificó mediante una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar, y los resultados fueron reportados en miligramos de ácido gálico equivalente por gramo de muestra ( $\text{mg AGE g}^{-1}$ ). Los análisis se realizaron por triplicado.

#### Medición Colorimétrica de Flavonoides Totales

En tubos de ensayo se colocaron 250  $\mu\text{L}$  de muestra, 1.25 ml de agua y 75  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaNO}_2$  al 5%. Se agitó en vortex y se dejó reposar por cinco minutos. Posteriormente, se añadieron 150  $\mu\text{L}$  de  $\text{AlCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  al 10%, nuevamente se agitó en vortex y se dejó reposar seis minutos. Se agregaron 500  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaOH}$  1M y 275  $\mu\text{L}$  de agua procediendo a agitación en vortex. Se llevó a medición en espectrofotómetro a 510 nm. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento.

#### Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza en el programa estadístico SAS (1999), y las comparaciones entre medias se hicieron mediante la prueba de Tukey con un 0.05 de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados indicaron diferencia significativa entre los dos métodos de extracción. Mediante ultrasonidos se obtuvo el mayor contenido de compuestos bioactivos como fenólicos totales y flavonoides totales (Cuadro 1).

De acuerdo con los resultados obtenidos por localidad, al utilizar el método de extracción por ultrasonidos, el contenido de fenólicos totales de las muestras de sandía fue mayor en la localidad L4, mientras que el menor contenido fue en las muestras de la localidad L2. Al utilizar el método tradicional se observó un menor contenido de fenólicos totales en comparación con el uso de ultrasonidos; sin embargo, las muestras de la localidad L5 mostraron un mayor contenido de fenólicos y las muestras de la localidad L2 fueron similares al utilizar ambos métodos (Figura 1).

Cuadro 1. Contenido de fenólicos totales y flavonoides totales mediante dos métodos de extracción: tradicional y ultrasonido en sandía recolectada en diferentes localidades de la Región Laguna de Durango

LOCALIDADES	FENT-TR (mg g <sup>-1</sup> PF)	FENT-SN (mg g <sup>-1</sup> PF)	FLAVT-TR (mg g <sup>-1</sup> PF)	FLAVT-SN (mg g <sup>-1</sup> PF)
L1	1.1464	2.4359	0.6792	2.3042
L2	0.8974	1.2051	0.1792	1.1375
L3	2.9231	2.5385	1.5542	2.5125
L4	3.0000	10.3077	2.9292	5.0542
L5	4.2564	6.3590	1.6792	3.8042

FENT-TR: Fenólicos totales-Tradicional, FENT-SN: Fenólicos totales-Ultrasonidos, FLAVT-TR: Flavonoides totales-Tradicional, FLAVT-SN: Flavonoides totales-Ultrasonidos; L1: Tlahualilo de Zaragoza; L2: Localidad Bermejillo; L3: Localidad Lucero; L4: Localidad Venecia; L5: Localidad Lujan

En relación al contenido de flavonoides totales al utilizar ultrasonidos las muestras de la localidad L4 presentaron mayor cantidad, mientras que el menor contenido se obtuvo en las muestras de la localidad L2. Al usar el método tradicional los resultados coincidieron con las localidades por el método con ultrasonicador (Figura 2).

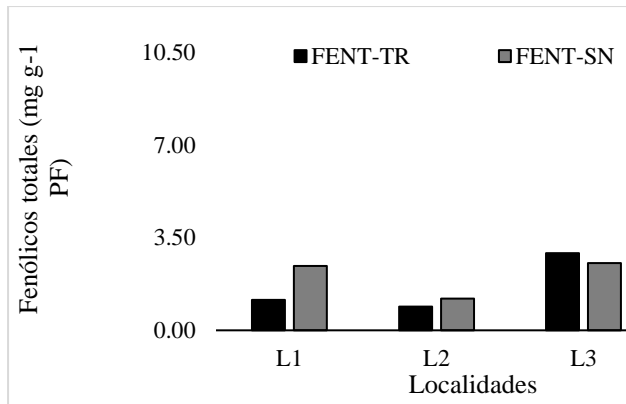


Figura 1. Contenido de fenólicos totales (mg g<sup>-1</sup> PF) mediante dos métodos de extracción: tradicional y ultrasonido en sandía recolectada en diferentes localidades de la Región Laguna de Durango

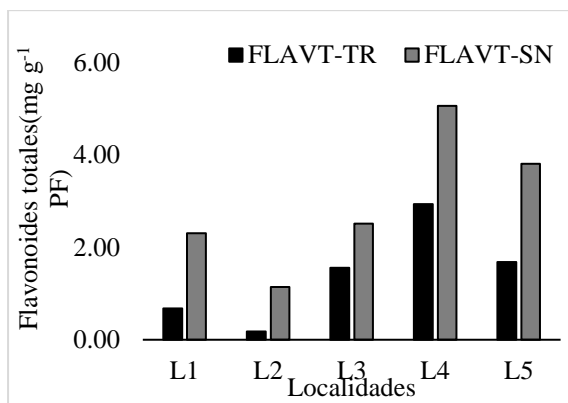


Figura 2. Contenido de Flavonoides totales (mg g<sup>-1</sup> PF) mediante dos métodos de extracción: tradicional y ultrasonido en sandía recolectada en diferentes localidades de la Región Laguna de Durango

Los resultados de este estudio coinciden con los obtenidos por Rojas *et al.* en 2014, quienes analizaron extractos obtenidos con soluciones acuosas de acetona al 31 % (v/v), asistiendo la extracción con ultrasonido durante 100 minutos y mostraron los mayores contenidos de compuestos fenólicos ( $30 \pm 1$  mg ácido gálico  $g^{-1}$  de mora seca).

Torres *et al.*, en 2018, en un estudio llevado a cabo en cilantro, anís y clavo, reportan que en la extracción de polifenoles y flavonoides, por medio del sistema de extracción asistido por ultrasonido se obtienen mejores rendimientos de fitoquímicos que con los métodos de extracción con disolventes convencionales.

El mejoramiento en la extracción de compuestos bioactivos mediante el uso de ultrasonido se atribuye a que los efectos generados por el ultrasonido pueden ocasionar la ruptura de los poros de la pared celular, lo cual mejora el proceso de difusión, la ruptura de las partículas y la transferencia de masa a través de las membranas. Con la ruptura de las partículas se incrementa la superficie de contacto entre la fase sólida y el disolvente. Al romperse la pared celular por efecto de la cavitación ultrasónica aumenta la entrada del solvente en las áreas inertes del material vegetal, lo que incrementa el rendimiento de los extractos y la reducción de los tiempos necesarios para la extracción (Robles Ozuna *et al.*, 2012).

En comparación con los métodos convencionales, es uno de los sistemas de extracción más simples y económicos, y se puede operar rápidamente con una amplia gama de solventes para preparaciones a gran escala adecuadas para fines industriales (Blasco *et al.*, 2008). Como método para extraer compuestos fenólicos de *Potentilla atrosanguinea* y *Pinus radiata*, ha demostrado ser más efectivo que la maceración, pero menos efectivo que métodos de reflujo calentado, ultrasonidos y microondas (Verma *et al.*, 2008). Muchos estudios han involucrado la extracción biológicamente de compuestos activos de diferentes tipos de muestras usando estas técnicas (Kohodami *et al.*, 2013).

## CONCLUSIONES

Los resultados indicaron diferencia significativa entre métodos de extracción, siendo el uso de ultrasonidos el que obtiene mayor contenido de compuestos bioactivos como, fenólicos totales y flavonoides totales. De acuerdo con la localidad, los resultados indicaron diferencia significativa para cada variable evaluada.

## BIBLIOGRAFIA

Ainsworth-E. A. Gillespie, K.M. (2007) Estimation of Total Phenolic Content and Other Oxidation Substrates in Plant Tissues Using Folin-Ciocalteu Reagent. *Nature Protocols*, 2, 875-877.

Akashi K., Miyake, C. Yokota, A. (2001). Citrulline, a novel compatible solute in drought-tolerant wild watermelon leaves, is an efficient hydroxyl radical scavenger. *FEBS Letters*, 508:438-42.

Al-Sayed, H. Ahmend, A. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Journal Annals of Agricultural Science* 58: 83-95.

Awad T.S., Moharram H.A., Shaltout O.E, Asker D., Youssef M.M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*. (48): 410-427.

Blasco M.; Domeño C.; Nerín C. (2008). Lichens biomonitoring as feasible methodology to assess air pollution in natural ecosystems: Combined study of quantitative PAHs analyses and lichen biodiversity in the Pyrenees Mountains. *Anal. Bioanal. Chem.* 391, 759–771.

Corona J. E., Martínez N. N., Ruiz E. H., Carranza C. J. (2016). Extracción asistida por ultrasonidos de compuestos fenólicos de semillas de chía *Salvia hispánica* L. y su actividad antioxidante. *Agrociencia* 50: 403-412.

García V. A., García S. J. A., Guzmán S. E., Portillo V. M., Fortis H. M. (2011). El mercado de la sandía en México: un estudio de caso sobre excesos de oferta y volatilidad de precios. *Región y Sociedad*. Vol.23, No. 52. Hermosillo ISSN 1870-3925.

Khoddami A., Meredith A., Wilkes., Thomas H. R. (2013). Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*. 18, 2328-2375.

Maroto J, Gómez A, Pomare F (2002). El cultivo de la Sandía, Mundi-Prensa Libros, Volumen 1, Edición 1. Madrid, España.

Musielak G., Mierzwa D., Kroehnke J. (2016). Food drying enhancement by ultrasound: A review. *Trends Food Sci Technol*. 56:126-141.

Ramírez-Barraza BT, García S. J. A, Mora T. J. S. (2015). Producción de melón y Sandía en la Comarca Lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad de precios. *Ciencia erg sum*. 22:45-53.

Robles-Ozuna L.E., Ochoa-Martínez L.A. (2012). Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Vol. 13, núm. 2: 109-122.

Rojas-Llanes J. P., Martínez R. J., Stashenko E. E. (2014). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos de mora (*Rubus glaucus* Benth) obtenidos bajo diferentes condiciones. *Vitae*. Vol. 21, No. 3, 218-227.

SAS. Statistic Analysis System 9.0. Program. Stat Soft. Inc. Cary, NC; EEUU.

SIAP-Sagarpa (Servicio de Información Agroalimentaryaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimetación). 2016. Avance de siembras y cosechas. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EE.UU, 3306, 3300 S 2nd St, St. Louis, MO 63118, Estados Unidos.

SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2014). Mercados nacionales, anuarios estadísticos, agrícolas, frutas y hortalizas. Disponible en <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>

Torres-Aguirre G. A., Muñoz-Bernal O. A Emilio Álvarez-Parrilla A. E., Núñez-Gastélum J. A., Wall-Medrano A., Sáyago-Ayerdi S. G., De la Rosa L.A. (2018). Optimización de la extracción e identificación de compuestos polifenólicos en anís (*Pimpinella anisum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) mediante HPLC acoplado a espectrometría de masas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2): 103-115.

Valdiviezo-Macías J. A. (2010). Extracción de carotenoide licopeno a partir de los rechazos post cosecha del mercado interno de *citruillus lanatus* (sandía) para su futura aplicación en alimentos. Tesis de grado. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31658>

Verma B, Hucl P., Chibbar R.N. (2008). Phenolic content and antioxidant properties of bran in 51 wheat cultivars. *Cereal Chem*. 85, 544–549.

## INFLUENCIA DEL RIEGO Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LA TUNA EN PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Cruz-Bravo, Raquel K; Zegbe-Domínguez Jorge; Gutiérrez Dorado, Gabriela  
INIFAP Zacatecas. E-mail: raquelcb81@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Se denomina tuna al fruto del género *Opuntia* (familia *Cactaceae*) y se le conoce también con los nombres de “Cactus pear”. México es uno de los centros de origen y dispersión de este género, que por su gran diversidad de especies y cultivares es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. En el Altiplano del territorio nacional se encuentran las principales áreas productoras de tuna, particularmente en los estados de Zacatecas, México, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla bajo condiciones silvestres y de cultivo (Flores *et al.*, 1995).

Por su composición química, la tuna es considerada un fruto de alta calidad nutricional y por su contenido de fibra y polifenoles, se le considera un alimento funcional (Stintzing *et al.*, 2001). Además de estas propiedades, también se le conoce por su uso medicinal, químico, industrial, ecológico, entre otros (Amaya-Robles, 2009; Hmamou *et al.*, 2012). En el aspecto agroindustrial, es importante mencionar que los pigmentos responsables de la coloración de la tuna están relacionados con el contenido de betalaínas (Stintzing *et al.*, 2005), las cuales son hidrosolubles, e incluyen a las betacianinas de color rojo-violeta y las betaxantinas de color amarillo. El conocimiento de la influencia del riego y el almacenamiento de las tunas es de importancia para identificar la conveniencia de aplicar los diversos tratamientos para la obtención de compuestos de importancia industrial y nutracéutica que contribuya en el incremento de la competitividad del cultivo. Asimismo, se puede contar con alternativas de aprovechamiento de los frutos para reducir las pérdidas poscosecha, que, además, tengan importancia comercial y de beneficios para la salud. Con base en lo anterior, en el presente trabajo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de las condiciones hídricas de cultivo y las de almacenamiento poscosecha de los frutos en algunos parámetros físicoquímicos de los frutos de tuna variedad Roja Lisa.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Materiales

Los frutos de tuna Roja Lisa fueron provistos por el laboratorio de Fisiología Poscosecha del INIFAP Zacatecas.

#### Metodología

Localización y características de las áreas donde se desarrolló el estudio. Los ensayos para la extracción de pigmentos y la caracterización del jugo de tuna se realizaron en el laboratorio de fisiología poscosecha y de ciencia de los alimentos en el Campo Experimental Zacatecas. Extracción de jugo de tuna.

Una vez que las tunas llegaron al punto de maduración adecuada, se cosecharon seis frutos por cada una de las cuatro repeticiones para cada condición hídrica y de almacenamiento manejada en este estudio. Se realizó la remoción de las espinas, cáscara y, posteriormente, se licuó la pulpa para separar las semillas y obtener el jugo de tuna, el cual fue envasado en viales estériles a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

Rendimiento de jugo y de semillas de tunas. Se midieron los mililitros obtenidos del jugo de tuna por cada tratamiento y sus respectivas repeticiones. Asimismo, se recolectaron las semillas, se dejaron secar toda la noche a temperatura ambiente, y, al siguiente día, se pesaron y se registró su rendimiento.

Caracterización del extracto se realizaron los siguientes análisis. Se determinó la humedad, sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), pH y acidez en los jugos de tuna, de acuerdo a los métodos descritos en AOAC (2005).

Extracción y análisis del pigmento. La extracción del pigmento se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Aquino *et al.* (2012). La pulpa fue homogenizada con agua en una relación 1:5 (g de pulpa: mL agua) por 30 s mientras que el tejido vegetal residual fue removido por centrifugación a  $15\ 000\ \times\ g$  por 10 min (Eppendorf). El sobrenadante fue concentrado por liofilización (Labconco). La concentración del pigmento fue expresada como betanina ( $\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}\ \text{PF}$ ) y calculada usando el peso molecular  $\text{PM} = 550\ \text{g}\ \text{mol}^{-1}$  y el coeficiente de extinción para la betanina a  $535\ \text{nm}$  [ $\epsilon = 60\ 000\ \text{L}\ (\text{mol}\ \text{cm})^{-1}$ ].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el efecto del tratamiento hídrico o riego del nopal tunero en el rendimiento del jugo y de las semillas (Cuadro 1). Como puede observarse, el riego incrementó significativamente la cantidad de jugo extraído por fruto, así como de semillas. Por lo tanto, se sugiere que el riego es un manejo indispensable para obtener frutos de mayor tamaño y, por lo tanto, con más materia prima para explotar agroindustrialmente sus componentes.

Cuadro 1. Efecto del riego en el rendimiento de jugo y semillas de las tunas.

Tratamiento	Jugo (ml)	Semillas (g)
Temporal	$98.04 \pm 6.08\text{b}$	$8.09 \pm 0.34\text{b}$
Riego	$117.46 \pm 3.63\text{a}$	$9.23 \pm 0.21\text{a}$



Los resultados se presentan como la media  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba *t* de Student,  $\alpha = 0.05$ .

Como parte de la caracterización fisicoquímica de las tunas, se determinó el pH, contenido de sólidos totales en función de los grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), el contenido de humedad, cenizas y la glucosa disponible en los jugos de tuna provenientes de dos tipos de condición hídrica: temporal y riego, las cuales se sometieron a tres diferentes condiciones de almacenamiento: recién cosechadas, a temperatura ambiente y en refrigeración.

La elevación del pH en tunas suele ser un indicador indirecto del estado de maduración de los frutos (Albano et al., 2015). En nuestro estudio, se encontró que el pH aumentó significativamente después del almacenamiento a temperatura ambiente (Cuadro 2), lo cual indica que esta condición es menos favorable que la refrigeración para la conservación de los frutos. Asimismo, el pH fue más elevado en las tunas sometidas a temporal que aquellas sometidas a riego (Cuadro 3), por lo que, se sugiere que el riego pudiera contribuir en un estado más avanzado de madurez, y por lo tanto, de dulzor. En general, el pH de 5 y 6, tal como se mantuvo en todas las tunas bajo estudio es más favorable para mantener la estabilidad de los extractos betalaínicos, y, por lo tanto, para mantener los pigmentos de los frutos (Cejudo et al., 2016).

Cuadro 2. Efecto de la condición de almacenamiento en las características fisicoquímicas de las tunas.

Tratamiento	pH	Sólidos totales	Glucosa	Humedad	Cenizas
Recién cosechadas	6.62 $\pm$ 0.06b	12.79 $\pm$ 0.33a	77.59 $\pm$ 4.47a	88.60 $\pm$ 0.28a	0.17 $\pm$ 0a
Temperatura ambiente	6.82 $\pm$ 0.04a	11.71 $\pm$ 0.54b	75.35 $\pm$ 5.46a	89.11 $\pm$ 0.46a	0.17 $\pm$ 0.01ab
Refrigeración	5.59 $\pm$ 0.04c	11.71 $\pm$ 0.11b	82.48 $\pm$ 2.76a	88.69 $\pm$ 0.10a	0.14 $\pm$ 0b

Los resultados se presentan como la media  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

Los  $^{\circ}$ Brix están relacionados, por ejemplo, con los azúcares disueltos, como la glucosa y fructosa (Piga, 2004; Aparicio et al., 2017). Dicho parámetro se encuentra dentro de los rangos establecidos para tunas (Piga, 2004). Sin embargo, cabe mencionar que este disminuyó significativamente (8.4 %) después del almacenamiento tanto a temperatura ambiente, como en refrigeración (Cuadro 2), lo cual puede implicar cierto grado de deterioro por el metabolismo catalítico poscosecha. Este comportamiento fue también observado por Kirigia et al., (2018),

después de 8 días de almacenamiento de garbanzos a temperatura ambiente y en refrigeración. Como se puede observar en el cuadro 3, el tratamiento de riego, implica un menor contenido de sólidos totales, que las tunas bajo condiciones de temporal.

Cuadro 3. Efecto del riego en las características fisicoquímicas de las tunas.

Tratamiento	pH	Sólidos totales	Glucosa	Humedad	Cenizas
Temporal	6.40 ± 0.1a	13.12 ± 0.27a	91.41 ± 2.69a	87.92 ± 0.18b	0.18 ± 0a
Riego	6.29 ± 0.11b	11.23 ± 0.25b	68.12 ± 2.8b	89.50 ± 0.22a	0.14 ± 0b

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba *t* de Student,  $\alpha = 0.05$ .

La glucosa se mantuvo, independientemente de la condición de almacenamiento (Cuadro 2), sin embargo, respecto a la condición hídrica del cultivo (Cuadro 3), las tunas bajo temporal presentaron mayor contenido de glucosa libre que las sometidas a riego, relacionados, congruentemente, con el pH y el dulzor de los frutos, tal como lo muestra Albano *et al.*, (2017) para variedades roja y naranja de tunas.

El contenido de humedad es ligeramente mayor (6 %) a lo reportado por otros autores para diferentes variedades de tuna (Aquino *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2017), lo cual puede influir en la actividad de agua y, por ende, en la conservación de los frutos. Por otro lado, el contenido de cenizas es cuatro veces menor a lo reportado por los autores anteriormente mencionados. El menor contenido de cenizas puede relacionarse con el contenido de minerales de los frutos y estar influido por el mayor contenido de humedad en las muestras.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a la caracterización fisicoquímica del jugo de tuna, se observó que, en términos generales, el riego mejora los parámetros relacionados con la calidad y la vida de anaquel de la tuna. Asimismo, este tratamiento mejora considerablemente el rendimiento de jugo y semillas, por lo que se sugiere emplearlo para obtener mayor cantidad de materia prima para su posible aprovechamiento agroindustrial.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Amaya-Robles JE. El cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica*). 2009. Gerencia Regional Agraria La Libertad; p. 35.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, Va.: AOAC.
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., De Bellis, L., Blando, F., 2015. Betalains, phenols and antioxidant capacity in cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruit from Apulia (South Italy) genotypes. *Antioxidants*, 4, 269-280. DOI: 10.3390/antiox4020269.
- Aparicio-Fernández, X., Loza-Cornejo, S., Torres-Bernal, M.G., Torres-Bernal, N.J., Arreola-Nava, H.J. 2017. Características físicoquímicas de frutos de variedades silvestres de *Opuntia* de dos regiones semiáridas de Jalisco, México. *Polibotánica*. 43, 1-26.
- Aquino-Bolaños, E.N., Chavarría Moctezuma, Y., Chávez Servia, J.L., Guzmán Gerónimo, R.I., Silva Hernández, E.R., Verdalet Guzmán I. 2012. Caracterización físicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia*. 55, 3-10.
- Cejudo-Bastante, M.J., Hurtado, N., Delgado, A., Heredia, F.J., 2016. Impact of pH and temperature on the colour and betalain content of Colombian yellow pitaya peel (*Selenicereus megalanthus*). *J. Food Sci. & Technol.* 53, 2405-2413. DOI: 10.1007/s13197-016-2215-y
- Flores, V. C. A. y Gallegos, V. C. 1995. La producción de tuna en México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. P. 174-178.
- Hmamou, D. Ben; Salghi, R.; Bazzi, Lh.; Hammouti, B.; Al-Deyab, S. S.; Bammou, L.; Bazzi, L.; Bouyanzer, A. 2012. Prickly Pear Seed Oil Extract: A Novel Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Solution. *International Journal of Electrochemical Science*. 7: 1303-1318.
- Kirigia, D., Winkelmann, T., Kasili, R., Mibus, H. 2018. Development stage, storage temperature and storage duration influence phytonutrient content in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Heliyon*. In press.
- Piga, A. 2004. Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *J. Prof. Assoc. Cactus D.* 6, 9-22.
- Stintzing, F.C.; Schieber, A.; Carle, R. 2001. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology*. 212(4): 396-407.
- Stintzing, F.C.; Herbach, K.M.; Moßhammer, M.R.; Carle, R.; Yi, W.E., Sellappan, S.; Akoh, C.C.; Bunch, R.; Felker, P. 2005. Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* sp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451.

## **LA ADICIÓN DE HARINA DE COTILEDON DE FRIJOL EN LA ELABORACIÓN DE PASTA MEJORA LA INHIBICIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS**

**Mayra Denise Herrera, Raquel Karina Cruz Bravo**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. C.P. 98500. e-mail: [herrera.mayra@inifap.gob.mx](mailto:herrera.mayra@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCION**

El frijol común es actualmente considerado como un alimento funcional, debido a su elevada variedad de fitoquímicos, como los compuestos nutraceuticos, los cuales aportan beneficios a nuestro organismo. Esta leguminosa es una fuente económica de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales y es también una excelente fuente de fibra soluble e insoluble (Bennink et al., 2008; Guzmán et al, 2002; Reynoso et al., 2006). Sin embargo, el consumo per cápita anual de esta leguminosa ha disminuido drásticamente en los últimos años, esta situación se ha relacionado con cambios en las preferencias de los consumidores, lo que ha llevado a la elaboración de diversos productos enriquecidos con harinas de frijol, como tortillas, galletas, panqués, entre otros (Pérez-Ramírez et al., 2018). Por medio de la incorporación de esta leguminosa en los procesos de elaboración de alimentos, se busca el incremento de componentes funcionales como la fibra dietaria y los polifenoles (Herrera et al., 2016), esto con el propósito de incrementar la funcionalidad de los productos con el objetivo de aportar algún beneficio a la salud.

Bajo el contexto anterior, la inhibición de enzimas digestivas es un parámetro medible que puede relacionarse con un incremento en la función benéfica de los alimentos, la inhibición de enzimas digestivas como la lipasa pancreática y la alfa-amilasa han sido estudiadas con anterioridad (Figuroa-Pérez et al., 2014) y se ha demostrado que alimentos con alto contenido de fitoquímicos nutraceuticos tienen mayor poder de inhibición.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de inhibición de lipasa pancreática y alfa-amilasa de pastas elaboradas con harina de cotiledón de frijol, adicionalmente se evaluó la capacidad de inhibición de la harina de cotiledón y testa de frijol de la variedad Flor de Mayo Dolores.

### **MATERIALES Y METODOS**

Obtención y extrusión de harina de cotiledón de frijol

Granos de frijol de la variedad Flor de Mayo Dolores se limpiaron con agua potable en una proporción 1:2 (p/v) y se secaron a temperatura ambiente por 18 h. Los granos de frijol se procesaron en una decorticadora y posterior doble tamizaje (malla 5 mm y 3mm) para separar

los cotiledones de la testa, este proceso se realizó dos veces. Los cotiledones obtenidos se molieron hasta obtener una harina fina. Para la extrusión, se acondicionó la harina a una humedad de 28% y se tamizó con malla #18. Las muestras se procesaron en un extrusor (Brabender®, modelo 815807) a 28% de humedad y temperatura de 105 °C, con una velocidad de alimentación y extrusión de 25 y 85 rpm respectivamente. Se utilizó un dado de salida de 3 mm y tornillo 1:1. Una vez extrudida la harina, se secó en un horno de convección a una temperatura de 100 °C por tres horas y se almacenó hasta su uso.

#### Elaboración de la pasta con harina de cotiledón

La formulación para la elaboración de 100 g de pasta (trigo:frijol 75:25) se realizó con 52.5 g de sémola de trigo, 25 mL de agua, 17.5 g de harina extrudida de cotiledones y 5 g de huevo. Los ingredientes se pesaron por separado y se incorporan hasta obtener una masa homogénea. Se moldeó la masa con un formador de tallarines (Marcato-Atlas® 150) y estos se secaron a 70 °C por dos h; posteriormente, se almacenaron a -70 °C y se liofilizaron y molieron.

#### Inhibición de la $\alpha$ -amilasa.

La actividad de  $\alpha$ -amilasa se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Kandra et al (2005). Por lo tanto, 50  $\mu$ L del extracto acetónico de las muestras de frijol y 50  $\mu$ L de  $\alpha$ -amilasa de *Bacillus subtilis* (50 U/mg) se preincubaron durante 20 minutos en un baño de agua a 37 °C. El sustrato fue almidón (1%) preparado en tampón de fosfato a pH 7,0 con 38 mmol/l de NaCl. Después de la adición de 100  $\mu$ L del sustrato, la mezcla se incubó durante 2 h. El producto (glucosa) se cuantificó mediante el método de glucosa oxidasa-peroxidasa con un kit comercial (RANDOX) y se midió a 500 nm.

#### Inhibición de la lipasa pancreática.

La lipasa pancreática de porcino tipo II se disolvió en agua ultrapura a 10 mg/ml; posteriormente se usó el sobrenadante después de centrifugar la solución a 16,000 rpm durante 5 min. El tampón para el ensayo fue buffer Tris 100 mM (pH 8,2) y se utilizó laurato de p-nitrofenilo (PNP) como sustrato a concentración de 0,08% p/v de laurato de PNP disuelto en acetato sódico 5 mM (pH 5,0) que contenía Triton X-100 al 1%. Esta solución se calentó en agua hirviendo durante 1 minuto para ayudar a la disolución, se mezcló bien y luego se enfrió a temperatura ambiente. En el ensayo cada tubo contenía 400  $\mu$ L de tampón de ensayo, 450  $\mu$ L de solución de sustrato y 150  $\mu$ L de lipasa. Para el caso de los extractos de frijol, se agregaron 450  $\mu$ L y se incluyó un control que contenía el mismo volumen en buffer de Tris 100 mM. Las muestras se incubaron a 37 °C durante 2 h. Luego las muestras se centrifugaron a 16,000 rpm durante 2,5 minutos y se leyeron a 400 nm en un lector de microplacas (MultiScan Go, Thermo Scientific) (McDougall et al., 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la inhibición de enzimas digestivas son una variable importante en el potencial nutracéutico de un alimento (McDougall et al., 2009), en el caso del frijol, se ha demostrado que reduce la concentración de glucosa en sangre y la concentración de triglicéridos (McCarty et al. 2015; Zhang et al. 2013); por lo tanto, la evaluación de la inhibición de las enzimas digestivas *in vitro* representa un enfoque preliminar del potencial biológico del frijol. La  $\alpha$ -amilasa pancreática hidroliza el almidón a oligosacáridos, que luego son hidrolizados a glucosa por  $\alpha$ -glucosidasa intestinal. Por otro lado, la lipasa pancreática hidroliza los triglicéridos a ácidos grasos libres y es responsable de la hidrólisis del 50-70% de las grasas totales de la dieta (Figueroa-Pérez et al., 2014).

Resultó interesante observar que a pesar de que la testa tiene mayor contenido de polifenoles (dato no mostrado), el porcentaje de inhibición de la alfa amilasa y la lipasa pancreática resultó mayor para las muestras del cotiledón, tanto extrudido como no extrudido (Tabla 1). No obstante, a pesar de que la alfa amilasa fue inhibida de manera ligeramente mayor por el cotiledón no extrudido (aproximadamente 7% en comparación con el cotiledón extrudido), el tratamiento térmico provocado por la extrusión provocó un incremento en la inhibición de la lipasa pancreática (58%).

Tabla 1. Inhibición de enzimas digestivas (% de inhibición) de testa y cotiledón de frijol.

Enzima	Testa	Cotiledón	
		Extrudido	Sin extrudir
$\alpha$ -amilasa	22.45 $\pm$ 1.15 c	31.25 $\pm$ 0.23 b	33.10 $\pm$ 0.69 a
lipasa pancreática	0.89 $\pm$ 0.19 c	60.18 $\pm$ 0.09 a	38.14 $\pm$ 0.09 b

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre filas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

Por otro lado, al evaluar el porcentaje de inhibición de ambas enzimas digestivas en las pastas control y la elaborada con harina de cotiledón de frijol, se observó que la inhibición de la alfa amilasa incrementó en la pasta de frijol con un 33% en comparación con la pasta control (Figura 1), mientras que la inhibición de la lipasa pancreática resultó mayor en la pasta control (Figura 2). Al incorporar harina de frijol en la elaboración de algún producto alimentario adicionalmente se busca mejorar la calidad del mismo (Pérez-Ramírez et al., 2018), en este sentido, el efecto positivo de la incorporación de harina de frijol en la elaboración de pastas sobre la inhibición de la alfa-amilasa se puede deber a una mayor concentración de los llamados inhibidores de alfa-amilasa, proteína que se encuentra en grandes cantidades en el frijol común (Jiang et al., 2008).

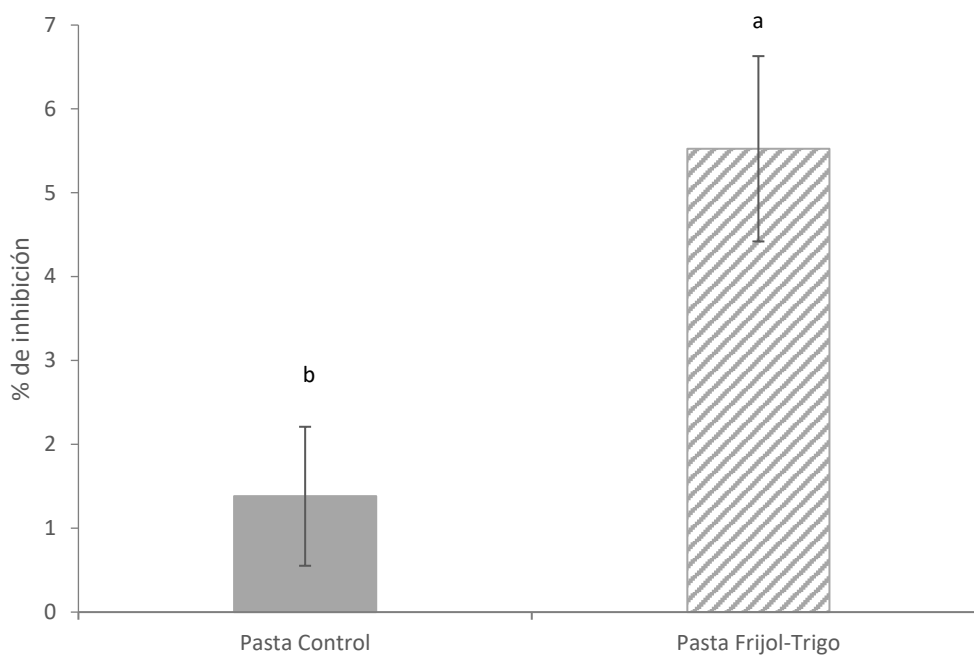


Figura 1. Capacidad de inhibición de  $\alpha$ -amilasa de pasta tipo tallarín elaboradas con harina de frijol-trigo.

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

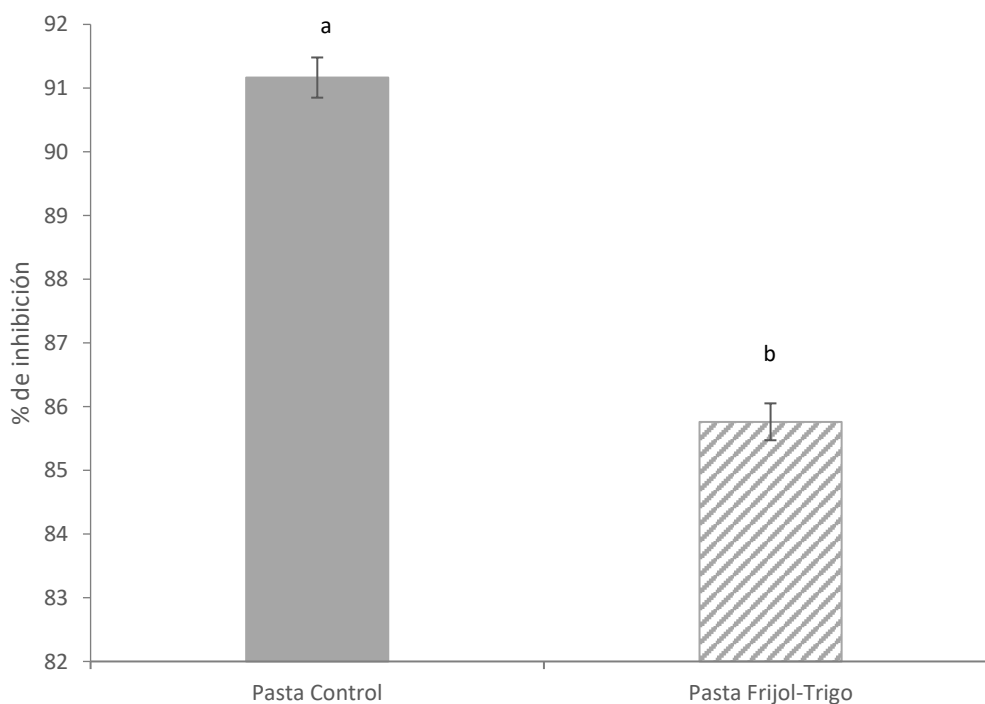


Figura 2. Capacidad de inhibición de lipasa pancreática de pasta tipo tallarín elaboradas con harina de frijol-trigo.

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

## CONCLUSIONES

Debido a las propiedades nutricionales y promotoras de salud del frijol, el desarrollo de productos que llevan alguna porción de esta leguminosa en su formulación se han propuesto, tanto para incrementar el valor del grano, como para promover nuevas oportunidades de mercado. Sin embargo, al incorporar harina de frijol en la elaboración de algún producto alimentario adicionalmente se busca mejorar la calidad del mismo. Los resultados del presente trabajo demuestran que la incorporación de harina de cotiledón de frijol en la elaboración de pastas mejora la inhibición de la alfa-amilasa, lo que incrementa la calidad funcional del producto final.

## BIBLIOGRAFIA

- Bennink, M., Rondini, E. 2008. Dry beans and human health, an overview of the status of the science on dry beans and human health. The Bean Institute. 90-12 p.
- Figueroa-Pérez, M.G., Rocha-Guzmán, N.E., Pérez-Ramírez, I.F., Mercado-Silva, E., Reynoso-Camacho, R. 2014. Metabolite profile, antioxidant capacity, and inhibition of digestive enzymes in infusions of peppermint (*Mentha piperita*) grown under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Science*, 62, 12027-12033.
- Guzmán M., S.H., Acosta G., J.A., Álvarez M., M.A., García D., S., Loarca P.; G. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agricultura técnica en Méx.* Volumen 28: 159-173
- Jiang, B., Obrio, W.C. & Zhang, T. 2008. The nutraceutical role of *Phaseolus vulgaris* alpha-amylase inhibitor. *British Journal of Nutrition*. 100: 1-12.
- Kandra, L., Zajacz, A., Remenyik, J. & Gyemant, G. 2005. Kinetic investigation of a new inhibitor for human salivary  $\alpha$ -amylase. *Biochemistry and Biophysics Research Communications*, 334, 824-828.
- McCarty, M.F. & Nicolantonio J.J. 2015. Acarbose, lente carbohydrate, and prebiotics promote metabolic health and longevity by stimulating intestinal production of GLP-1. *Open Heart*. 2, 205-2011.
- McDougall, G., Kulkarni, N. & Stewart, D. 2009. Berry polyphenols inhibit pancreatic lipase activity in vitro. *Food Chemistry*, 115: 193-199.
- Pérez-Ramírez IF., Becerril-Ocampo LJ., Reynoso-Camacho R., Herrera MD., Guzmán-Maldonado SH., Cruz-Bravo RK. 2018. Cookies elaborated with oat and common bean flours improved serum markers in diabetic rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98:998-1007.
- Reynoso C., R., Ramos G., M., Loarca P., G. 2006. Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Advances in agricultural and food biotechnology*. Research Singpost. Kerala, India. 218 p.



## **LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN FRUTOS DE CHILE ES MODIFICADA POR EL TIPO DE SECADO Y LA EXPOSICIÓN DE LA PLANTA A LA RADIACIÓN UV**

**Mayra Denise Herrera, Jaime Mena Covarrubias, Manuel Reveles Hernández**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. C.P. 98500. e-mail: herrera.mayra@inifap.gob.mx**

### **INTRODUCCION**

Existen reportes de que las plantas de chile reducen significativamente su contenido de clorofila a y b, así como de carotenoides cuando son expuestas a niveles altos de luz UV (Mahdavian et al., 2008). Adicionalmente se ha reportado que la exposición a estas emisiones de luz altera el metabolismo de los fenilpropanoides. Bajo este contexto, Tattini et al. (2005) mencionan que las plantas expuestas a altas radiaciones solares se someten a ajustes fisiológicos y bioquímicos con una marcada acumulación de polifenoles, entre estos, los flavonoides y antocianinas, ya que estos compuestos tienen funciones protectoras contra los efectos perjudiciales de la luz solar y el estrés por la radiación UV-B.

Por otro lado, el secado en planta de los frutos, aunque barato, implica pérdidas en calidad y peso de los frutos cosechados al quedar expuestos a los factores adversos como la radiación ultravioleta, las temperaturas extremas, etc. Sin embargo, en la actualidad es poco común analizar e investigar la calidad fisicoquímica y nutricional de los chiles secos. Además, es importante conocer las características fisicoquímicas y nutricionales en los diferentes tipos de secado del chile seco para determinar o estandarizar su calidad industrial. Por lo anterior, es importante y pertinente hacer un estudio fisicoquímico y nutricional de los chiles secos del estado de Zacatecas secados con diferente proceso para incrementar su valor agregado.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la concentración de compuestos nutraceuticos (polifenoles totales) de frutos de chile después de su secado por diferentes métodos y analizar la posible interacción entre este factor y la exposición de las plantas, durante su crecimiento y desarrollo, a la luz ultravioleta.

### **MATERIALES Y METODOS**

Los muestreos se realizaron en plantas de chile del tipo Mirasol procedentes de una parcela experimental establecida en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP. Se tomó muestras de chile para realizar el secado de los mismos por diferentes métodos (diez chiles tomados al azar para cada tratamiento de secado, N=50). Diez chiles se secaron por diferente método: Deshidratador solar (SECAMPO), Invernadero (SECAMPO), Túnel Solar (SECAMPO), Secador de gas (con productor cooperante a 60°C) y Macrotúnel (INIFAP). Posteriormente se

molieron las muestras y se almacenaron en bolsas selladas herméticamente a 4°C hasta su análisis.

Extracción de compuestos fenólicos.

Se realizó una extracción de los compuestos fenólicos mediante el solvente de extracción propuestos por Xu et al. (2007), a 1 g de muestra liofilizada se le adicionaron 10 mL de acetona acidificada al 70 % con 0.5 % de ácido acético [(acetona/agua/ácido acético (70:29.5:0.5 v/v/v)], protegiendo de la luz y agitando durante 24 h, después se centrifugó a 5000 x g durante 10 min a temperatura ambiente, para obtener el sobrenadante.

Cuantificación de fenoles totales.

Se empleó el método de Folin Ciocalteu, descrito por Singleton et al. (1999). En un tubo de ensayo, se colocaron 40 µL del extracto obtenido de la muestra, posteriormente se le adicionó agua destilada hasta completar un volumen de 500 µL, se agitó el tubo y se le añadió 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu 1N y se agitó. Se dejó reposando por 5 min y se añadió 1.25 mL de carbonato de sodio al 20 % a cada tubo. La lectura de la absorbancia para cada muestra se hizo a 765 nm. La concentración se calculó utilizando una curva estándar equivalente de ácido gálico (0–0.032 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico/g de muestra seca.

Cuantificación de taninos condensados.

Para la cuantificación de taninos condensados se tomaron muestras del extracto acetónico antes mencionado. Se cuantificaron los taninos condensados de acuerdo al ensayo de la vainillina de Desphande et al. (1985). A 100 µL del sobrenadante obtenido del extracto se agregaron 500 µL de una solución (1:1) recién preparada de vainillina al 1% en metanol y HCl 8%. Posteriormente, se preparó un blanco al cual se le se le adicionaron 100 µL de metanol y 500 µL de HCl al 4%. Para cuantificar los taninos condensados se midió la absorbancia a 492 nm en un espectrofotómetro. Se utilizó una curva estándar de (+) catequina (0-0.8 mg/ml). La concentración final se expresó como mg equivalentes de (+) catequina/ g de muestra seca.

Cuantificación de flavonoides totales.

Para la cuantificación de flavonoides totales se realizó la técnica descrita por Liu et al (2002), esta técnica se basa en la capacidad del AlCl<sub>3</sub> para formar quelatos con flavonoides; sin embargo, algunos de estos quelatos son inestables a pH ácidos, por lo cual la reacción se lleva a cabo en un medio básico. A 100 µL extracto se agregaron 1250 µL de agua y 75 µL de una solución de NaNO<sub>2</sub> 5 %, los tubos se agitaron durante 6 min y posteriormente se adicionó 150 µL de AlCO<sub>3</sub> al 10 %, se agitó nuevamente durante 5 min y se agregó a la reacción 500 µL de NaOH 1M y 525 µL de agua, se dejó incubando durante 30 min a temperatura ambiente. Para la cuantificación de flavonoides totales se tomó lectura de la absorbancia a 510 nm en el espectrofotómetro. La concentración final se determinó utilizando una curva estándar de (+)

catequina (0–0.074 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de (+) catequina/g de muestra seca.

Cuantificación de antocianinas.

Previo a la cuantificación de antocianinas, se realizó la extracción de estos compuestos. A 0.5 g de harina se adicionaron 4 mL de etanol acidificado (85 mL de etanol al 95% + 15 mL de HCl 1.0 N), se protegió de la luz y posteriormente se agitó durante 2 min, transcurrido este tiempo, se ajustó el pH a 1.0 con HCl concentrado, se agitó durante 30 min protegiendo de la luz y finalmente se centrifugó 10 000 x g durante 20 min a temperatura ambiente para obtener el sobrenadante.

La determinación de antocianinas totales se realizó siguiendo el método de Abdel-Aal et al. (1999) con modificaciones de Rivera et al. (1999). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de cianidina 3-glucósido/kg de muestra. El sobrenadante del extracto de antocianinas se llevó a un volumen de 10 mL en un matraz aforado usando etanol acidificado. Posteriormente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 535 nm. El valor de la absorbancia obtenido se sustituyó en la siguiente fórmula:  $C = (A/\epsilon) * (V/1000) * PM * (1/g \text{ de muestra} * 106)$ . Donde: C = concentración de antocianinas totales (mg/kg); A = absorbancia a 535 nm;  $\epsilon$  = coeficiente de absorción molar de cianidina 3-glucósido (25965 cm<sup>-1</sup> M<sup>-1</sup>); V = volumen total del extracto de antocianinas (mL); PM = peso molecular de la cianidina 3-glucósido (449 g/mol).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración de compuestos fenólicos en el fruto de chile por efecto de los diferentes métodos de secado se observa en la Tabla 1. Los chiles secados en invernadero tuvieron la menor concentración de fenoles totales, adicionalmente, se puede mencionar que entre el resto de los tratamientos de secado no se observó diferencia significativa en los chiles de las plantas cultivadas sin la cobertura de malla antiáfidos. Al realizar el análisis estadístico de los resultados se encontró un efecto de interacción entre los niveles del factor malla antiáfidos y el factor tipo de secado ( $p < 0.0001$ ).

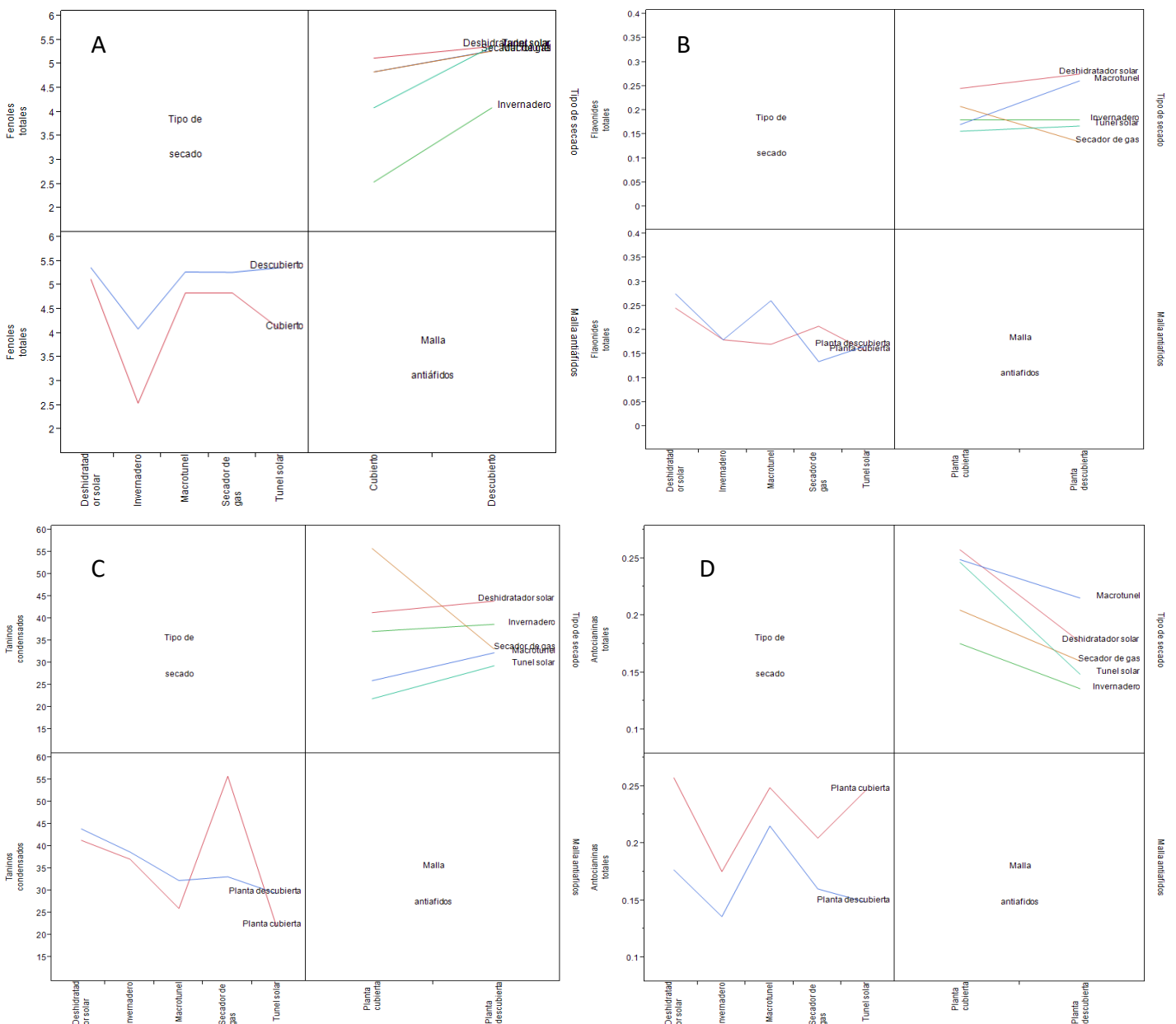


Figura 1. Gráfica de interacción para la concentración de A, fenoles totales; B, flavonoides; C, taninos; D, antocianinas totales en chiles secos de plantas descubiertas y cubiertas con malla antiáfidos.

Tabla 1. Concentración de polifenoles en frutos de chile obtenidos de plantas cubiertas y descubiertas de malla antiáfidos y diferentes tipos de secado.

Malla antiáfidos	Tipo de secado	Fenoles totales <sup>1</sup>	Flavonoides totales <sup>2</sup>	Taninos condensados <sup>2</sup>	Antocianinas totales <sup>3</sup>
Planta cubierta	Deshidratador solar	5.12 ± 0.22 a	0.25 ± 0.03 abc	41.37 ± 1.71 bc	0.26 ± 0.01 a
	Invernadero	2.55 ± 0.21 c	0.18 ± 0.05 bcd	37.11 ± 2.34 de	0.18 ± 0.02 cd
	Tunel solar	4.09 ± 0.42 b	0.16 ± 0.03 d	21.94 ± 2.72 h	0.25 ± 0.01 a
	Secador de gas	4.84 ± 0.33 a	0.21 ± 0.04 abcd	55.82 ± 2.12 a	0.20 ± 0.02 b
	Macrotunel	4.84 ± 0.22 a	0.17 ± 0.03 cd	26.02 ± 1.53 gh	0.25 ± 0.00 a
Planta descubierta	Deshidratador solar	5.37 ± 0.37 a	0.28 ± 0.07 a	43.94 ± 1.90 b	0.18 ± 0.01 c
	Invernadero	4.09 ± 0.53 b	0.18 ± 0.02 bcd	38.73 ± 1.68 cd	0.14 ± 0.01 e
	Tunel solar	5.37 ± 0.30 a	0.17 ± 0.06 cd	29.38 ± 2.63 fg	0.15 ± 0.01 de
	Secador de gas	5.27 ± 0.18 a	0.13 ± 0.07 d	33.15 ± 2.54 ef	0.16 ± 0.02 cde
	Macrotunel	5.28 ± 0.19 a	0.26 ± 0.02 ab	32.31 ± 1.91 f	0.22 ± 0.00 b

Los datos se expresan como la media ± DE. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey. Los datos se expresan como <sup>1</sup> mg eq. de ácido gálico/gramo de muestra seca. <sup>2</sup>mg eq. de (+) catequina/g de muestra seca. TF, Tejido foliar. <sup>3</sup>mg eq. de cianidina 3-glucósido/gramo de muestra seca.

En la Figura 1A se puede observar que el tipo de secado que permitió la mayor concentración de fenoles totales fue el deshidratador solar, para los chiles obtenidos de las plantas cubiertas y descubiertas, no obstante, cabe resaltar que el túnel solar fue otro tratamiento de secado que indujo una alta síntesis de estos metabolitos. En el caso de los flavonoides totales, nuevamente, los chiles secados bajo el deshidratador solar fueron los más sobresalientes por su máxima concentración de flavonoides, y se observó 12% más flavonoides en los chiles de plantas cubiertas en comparación con las plantas descubiertas. Esto se comprueba con la gráfica de interacción ( $p= 0.0015$ ). En los chiles de las plantas descubiertas se encontró que el secado por macrotúnel fue el método que permitió la siguiente más alta concentración de estos compuestos, mientras que, en las plantas cubiertas, este lugar fue ocupado por el tratamiento de secado por gas (Figura 1B), mismo tratamiento que permitió la mayor concentración de taninos condensados en los chiles obtenidos de plantas cubiertas. El análisis estadístico realizado para esta variable respuesta mostro nuevamente un efecto de interacción entre ambos factores evaluados, con un valor de  $p<0.0001$  y se puede observar que la mayor cantidad de taninos condensados fue cuantificada a partir de los chiles de las plantas descubiertas (Figura 1C). La cantidad de antocianinas totales no fue la excepción, al realizar el análisis de los datos obtenidos, se encontró nuevamente un efecto de interacción significativo ( $p<0.0001$ ), y la gráfica de interacción correspondiente (Figura 1D) muestra que cuando la planta se desarrolla bajo el efecto de la cubierta de malla antiáfidos, la concentración de antocianinas totales es mayor en comparación con las plantas descubiertas, en este caso, el efecto en la mayor acumulación de estos fitoquímicos se vio mayormente favorecida por el método de secado de deshidratación solar, mientras que para los chiles de las plantas descubiertas, el método más efectivo fue el de macrotúnel.

### **CONCLUSIONES**

En los frutos de chile, la concentración de polifenoles depende ampliamente del efecto sinérgico entre el método de secado y las condiciones de desarrollo de la planta, como la cobertura con malla antiáfidos. No obstante, resulta importante mencionar que en general, el deshidratado solar permite la mayor concentración de compuestos fenólicos en los frutos de chile de plantas descubiertas, mientras que, en los chiles de plantas cubiertas, el método de secado resultó tener un efecto diferencial.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Aal E-SM., Hucl P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheat. *Cereal Chemistry*. 76: 350-354.
- Deshpande SS, Cheryan M. 1985. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *J. Food Sci.* 50: 905-910.
- Liu M, Qi Li X, Weber C, Yong LC, Brown J, Hai LR. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2926-2930.
- Mahdavian, K., Kalantari, K. M., Ghorbanli, M., Torkzade, M. 2008. The effects of salicylic acid on pigment contents in ultraviolet radiation stressed pepper plants. *Biologia Plantarum*, 52(1), 170-172.
- Tattini, M., Guidi, L., Pinelli, P., Remorini, D., Degl'Innocenti, E., Giordano, C., Massai, R., Agati, G. 2005. On the role of flavonoids in the integrated mechanisms of response of *Ligustrum vulgare* and *Phillyrea latifolia* to high solar radiation. *New Phytologist*. 167:457-470.
- Xu BJ, Chang SKC. 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *J. Food Sci.* 2: 159-166.

## PRIMER REGISTRO DE PRUEBAS DE PATOGENICIDAD DE *Zoophthora radicans* SOBRE *Diaphorina citri*

Santos Díaz-Martínez<sup>1</sup>, Raúl Rodríguez-Guerra<sup>2</sup>, J. Isabel López-Arroyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de Méx., Méx.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, N.L., Méx. [lopez.jose@inifap.gob.mx](mailto:lopez.jose@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Los hongos entomopatógenos registrados a nivel mundial sobre el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), transmisor de las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp. asociadas al huanglongbing (HLB; Bové, 2006), incluye a los ascomicetos *Cordyceps (Isaria) fumosorosea* (Wize) Kepler, B. Shrestha & Spatafora (Subandiyah *et al.* 2000), *Hirsutella citriformis* Speare (Rivero-Aragon y Grillo-Ravelo 2000; Subandiyah *et al.* 2000; Meyer *et al.* 2007), *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Padulla y Alves 2009) y *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin (Lezama-Gutiérrez *et al.*, 2014). Recientemente se ha identificado al ascomiceto *Simplicillium lanosoniveum* (Beyma) Zare & Gams, al zoopagomicete *Batkoa* sp. (Berlanga-Padilla *et al.*, 2018) y *Cordyceps javanica* (Ou *et al.*, 2018) sobre esta plaga, incrementando así el número de especies de hongos entomopatógenos que se reportan atacando a *D. citri*, y que están presentes en regiones cítricas de México. Cepas de *C. fumosorosea*, *C. javanica* (Friedrichs & Bally) Samson & Hywel-Jones, *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *M. brunneum* Petch, han sido caracterizadas por su patogenicidad contra *D. citri* y se ha demostrado que su capacidad de causar mortalidad y micosamiento es variable entre ellas (Mellín-Rosas *et al.*, 2016; Gandarilla-Pacheco *et al.*, 2013). Durante febrero de 2019, se colectaron insectos adultos de *D. citri* cubiertos de un manto blancuzco cuyas características microscópicas son diferentes a las de las especies de hongos entomopatógenos reportados en este insecto. El propósito de esta investigación fue identificar este hongo y evaluar su capacidad patogénica sobre adultos inoculados.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de febrero de 2019 se colectaron de un invernadero ubicado en el Campo Experimental General Terán (CEGET), Nuevo León, México, 19 adultos de *D. citri* cubiertos con un manto blancuzco de hifas. Los insectos fueron colocados en seco sobre portaobjetos y observados al microscopio estereoscópico y compuesto (4X y 10X) y se



capturaron imágenes para registrar las estructuras observadas con una cámara digital Canon ELPH180. Además, se realizaron cortes de los insectos y observaciones al microscopio compuesto a mayor aumento (40X) de porciones del manto de hifas montadas en safranina-O (30  $\mu$ L de hidróxido de potasio 3 %, 1-2  $\mu$ L del colorante y se cubrieron con cubreobjetos; Sneh *et al.*, 1991).

Fragmentos de un adulto de *D. citri* micosado fueron colocados en cajas Petri conteniendo medio de cultivo papa dextrosa agar-quínoa (PDA-Q; PDA 19.5 gr, 20 gr de granos de quínoa hervidos por una hora en 1 L de agua y licuados, 9 gr de agar, aforado a 1 L de agua; Raymundo-Jiménez *et al.* 2019), y una colonia en crecimiento con hifas cenocíticas (la presencia de rizoides en insectos observados a bajo aumento sugirió la presencia de un hongo con hifas cenocíticas) fue transferida a nuevas cajas Petri con el mismo medio de cultivo. A partir de las nuevas colonias se realizaron observaciones al microscopio compuesto, la presencia de hifas cenocíticas y nuevos conidios desarrollados a partir de cerdas finas formadas de conidios descargados de los conidióforos, sugirieron que el hongo es un miembro de los Zoopagomycota (*Spatofora et al.*, 2016). Así, se tomaron discos de las nuevas colonias y se colocaron en el centro de la parte interior de la tapa de cajas Petri conteniendo PDA-Q para determinar la posible liberación de conidios sobre el medio de cultivo. El hongo fue transferido a PDA-Q para su multiplicación y mantenimiento a corto plazo, con transferencias cada dos meses. También, fragmentos de colonias del hongo fueron transferidos a agua estéril para su conservación.

Las características morfológicas y mediciones pertinentes de los conidios del hongo se realizaron a partir de dos fuentes: un insecto naturalmente infestado, y de una colonia desarrollada en PDA-Q. En el caso de insectos, estos fueron seccionados cuidadosamente y fragmentos montados entre portaobjetos y cubreobjetos en agua o safranina-O; mientras que de la colonia se tomaron fragmentos de su superficie bajo el microscopio estereoscópico y se montaron en portaobjetos. Imágenes fueron obtenidas como se mencionó previamente. Para la identificación morfológica se utilizaron claves a géneros (Keller y Petrini, 2005) y especies (Keller, 2006; Barta y Cagáñ, 2006) de hongos relacionados al aislamiento obtenido de *D. citri*.

Se realizó un experimento para evaluar la mortalidad de *D. citri* en arena experimental (Pérez-González *et al.*, 2015) modificado, que consiste de un frasco de rosca transparente (5.5 cm de diámetro en la boca y de 8.0 cm de altura) conteniendo una hoja de naranja Valencia sobre esponja húmeda cubiertas con una tela de tul sostenida con la tapa recortada del frasco. Adultos de *D. citri* fueron colectados con succionador en arena

experimental, y junto con hojas fueron expuestos a la liberación de conidios primarios a partir de fragmentos de 1.5 cm de diámetro de una colonia crecida en PDA-Q adherida por 1.5 hr en el interior de una tapa no recortada del frasco; pasado el tiempo mencionado se reemplazó la tapa con una tela de tul y la tapa recortada del frasco. El testigo consistió de insectos sin exposición al hongo. El experimento se realizó con siete repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Cada tercer día se registró la mortandad de insectos, los cuales fueron colocados en cámara húmedas para determinar el micosamiento por el hongo inoculado. Los datos obtenidos fueron transformados al arcoseno de la raíz cuadrada para realizar un análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ), utilizando la versión 1.0 del programa de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los insectos micosados mostraron estructuras similares entre si vistas al microscopio estereoscópico y compuesto a 10x, resaltando la presencia de rizoides fuera del denso manto de hifas que cubría a los insectos micosados (Figura 1). La observación a mayor aumento de porciones del manto de hifas montadas en portaobjetos y teñidas con Safranina-O, mostró hifas cenocíticas ramificadas organizadas de manera compacta, con la formación de conidios en ápices de conidióforo (Figura 2).

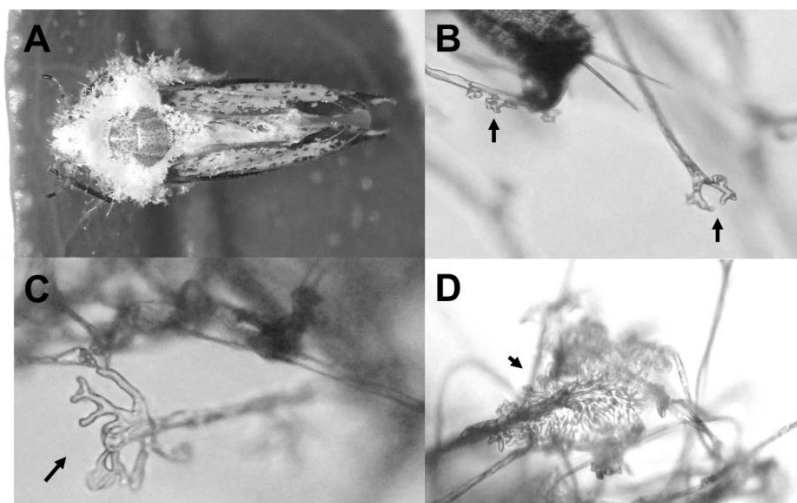


Figura 1. Adulto de *Diaphorina citri* micosado observado en seco a bajo aumento con un manto blancuzco de hifas (A) y presencia de rizoides (B, C, D; flechas) de *Zoophthora radicans*.

En el medio PDA-Q con Safranina O, se observaron hifas cenocíticas y conidios uninucleados (Figura 3), mientras que a las 24 hr, en portaobjetos expuestos a la liberación de conidios, teñidos o no, se apreciaron conidios primarios con papila y bitunicados, y conidios secundarios uninucleados formados en capiliconidioforos producidos por conidios primarios (Figura 4).

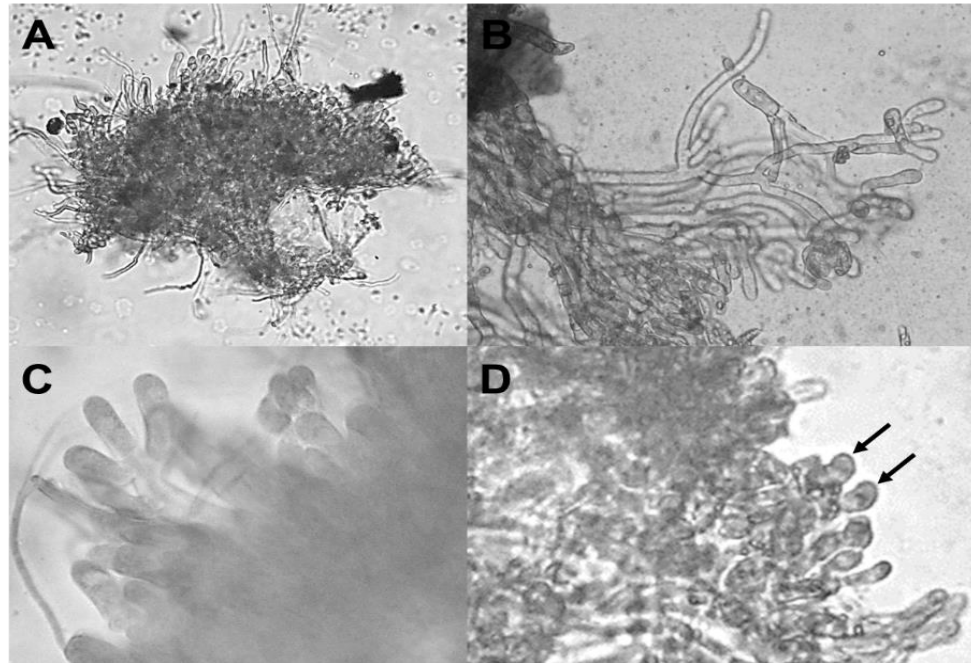


Figura 2. Porción del manto de hifas de un adulto micosado (A; 10x) con presencia de hifas cenocíticas y ramificadas (B 10x, C 40x) y escasos conidios uninucleados (flechas) en formación (D; 40x) de *Zoophthora radicans*.

Los conidios primarios producidos en insectos naturalmente micosados variaron en longitud de 17.5 a 23.75  $\mu$  y en diámetro de 5.5 a 8.0  $\mu$ . Mientras que conidios producidos en medio PDA-Q variaron de 17.5 a 23  $\mu$  de largo y de 5.5 a 8.0 de diámetro. Promedios de mediciones se muestran en la Tabla 1.

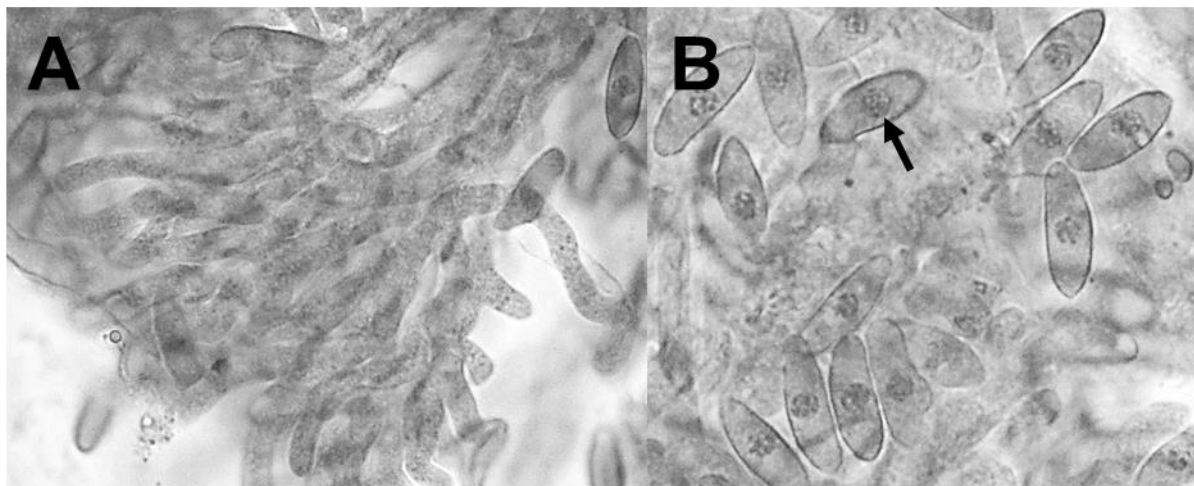


Figura 3. Estructuras de *Zoophthora radicans* producidas en medio de cultivo PDA-Q. A) Grupo de hifas; B) conidios primarios uninucleados (flechas).

El uso de claves basadas en características morfológicas permitió identificar al hongo que se encontró micosando a adultos de *D. citri* como *Zoophthora radicans*.

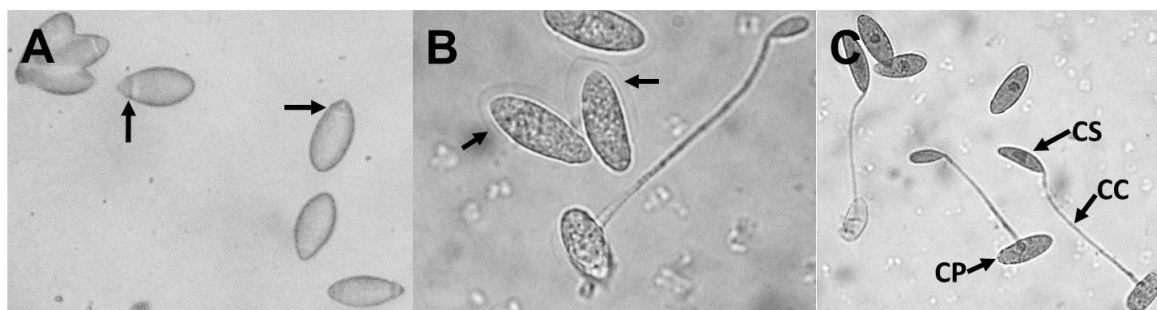


Figura 4. Conidios de *Zoophthora radicans*. A) Conidios primarios papilados (flechas); B) conidios primarios bitunicados (flechas); C) conidio primario (CP), capiliconidioforo (CC) y conidio secundario (CS).

Sólo en adultos de *D. citri* inoculados por la descarga de conidios de fragmentos de colonia, ocurrió una mortandad que varió de 30.8 a 100 %, mientras que en el testigo varió de cero a 28.6 %, con un promedio de mortandad de 69 y 8 % respectivamente.

Tabla 1. Mediciones promedio de conidios primarios obtenidos de dos fuentes.

Fuente	Longitud	Diámetro	L/A
Insecto micosado	21.725 (+/-1.675873692)	7.0375 (+/-0.766378188)	3.133064123 (+/-0.499094445)
Medio de cultivo	20.2 (+/-1.81934054)	7.0 (+/-0.908295106)	2.936772186 (+/-0.485374412)

Con las características observadas, así como las mediciones de conidios primarios tanto de insectos naturalmente micosados como de una colonia del hongo, éste se identificó como un miembro del género *Zoophthora*, considerado como un hongo entomopatógeno que contiene 33 especies (Keller y Petrini, 2005) en el orden de los Entomophthorales, de los Zoopagomycota (Spathofora *et al.*, 2016). De igual manera, la especie fue identificada como *Z. radicans*, la cual se ha reportado en más de 100 hospederos de diversos ordenes de insectos, pero sobre hemípteros se ha reportado en familias como Pentatomidae, Triozidae y Aphididae (Acosta *et al.*, 2016; Keller, 2006). Pruebas con este entomopatógeno se han realizado con *Bactericera cockerelli* (Acosta *et al.*, 2016) en el norte de México; sin embargo, en el caso de *D. citri*, este estudio es el primero en reportar pruebas de patogenicidad en laboratorio hacia esta especie.

### CONCLUSIONES

El hongo aislado de insectos micosados de *D. citri* fue identificado como *Zoophthora radicans* y la inoculación de esporas mostró su capacidad patogénica sobre adultos de esta plaga. La identificación de *Z. radicans* incrementa el acervo de enemigos naturales de *D. citri*, con potencial para incorporarse en el manejo de la plaga.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el apoyo financiero para la realización de esta investigación como parte del Proyecto “Evaluación de dos nuevos hongos entomopatógenos para el control biológico del psílido asiático de los cítricos”

### BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R.I.T., Humber, R.A., Sánchez-Peña, S.R. 2016. *Zoophthora radicans* (Entomophthorales), a fungal pathogen of *Begrada hilaris* and *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Pentatomidae and Triozidae): Prevalence, pathogenicity, and interplay of environmental influence, morphology, and sequence data on fungal identification. *Journal of Invertebrate Pathology* 139: 82-91.
- Barta, M., Cagáñ, L.U.. 2006. Aphid-pathogenic entomophthorales (their taxonomy, biology and ecology). *Biologia* 61: S543-S616.
- Berlanga-Padilla, A.M., Gallou, A., Ayala-Zermeño, M.A., Serna-Domínguez, M.G., Montesinos-Matías, R., Rodríguez-Rodríguez, J.C., Arredondo-Bernal, H.C. 2018. Hongos entomopatógenos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 986-1001.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88: 7-37.

- Gandarilla-Pacheco, F.L., López-Arroyo, J.I., Galán-Wong, L.J., Quintero-Zapata, I. 2013. Pathogenicity of native entomopathogenic fungi from the Mexican citrus-growing area against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Southwest. Entomol. 38: 325-339.
- Keller, S., Petrini, O. 2005. Keys to the identification of the arthropod pathogenic genera of the families Entomophthoraceae and Neozygitaceae (Zygomycetes), with descriptions of three new subfamilies and a new genus. Sydowia 57: 23-53.
- Keller, S. 2006. Species of Entomophthorales attacking aphids with description of two new species. Sydowia 58: 38-74.
- Lezama-Gutiérrez, R., Ramírez-Mancilla, A., Castrejón-Agapito, H., Peralta-Manzo, J.J., Rebollo-Domínguez, O. 2014. Uso de *Metarhizium anisopliae* y *Cordyceps bassiana* (Ascomycetes) para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en Limón Mexicano. Entomol. Mex. 1: 219-224.
- Mellín-Rosas, M.A., Sánchez-González, J.A., Cruz-Ávalos, A.M., Montesinos-Matías, R., Arredondo-Bernal, H.C. 2016. Patogenicidad de cepas de hongos entomopatógenos sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en condiciones de laboratorio. Southwest. Entomol. 41: 791-801.
- Meyer, J.M., Hoy, M.A., Boucias, D.G. 2007. Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. Journal of Invertebrate Pathology 95: 101-109.
- Olivares, S.E. 2012. Programa de diseños experimentales FAUANL, versión 1.0. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión Transportable (en USB).
- Ou, D., Zhang, L.H., Guo, C.F., Chen, X.S., Ali, S., Qiu, B.L. 2018. Identification of a new *Cordyceps javanica* fungus isolate and its toxicity evaluation against Asian citrus psyllid. Microbiology Open e760.
- Padulla, L.F.L., Alves, S.B. 2009. Susceptibilidade de ninfas de *Diaphorina citri* a fungos entomopatógenos. Arquivos do Instituto Biológico 76:297-302.
- Pérez-González, O., Rodríguez-Villarreal, R.A., López-Arroyo, J.I., Maldonado-Blanco, M.G., Rodríguez-Guerra, R. 2015. Mexican strains of *Hirsutella* isolated from *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Morphologic and molecular characterization. Fla. Entomol. 98: 290-297.
- Raymundo-Jiménez, R., García-Ibarra, E., López-Arroyo, J.I., Ramírez-Cabral, N.Y.Z., Rodríguez-Guerra, R. 2019. Producción y germinación de conidios del hongo entomopatógeno *Hirsutella citrififormis* (Ascomycota: Ophiocordycipitaceae). Scientia Fungorum 49: e-1221.
- Rivero-Aragon, A., Grillo-Ravelo, H. 2000. Natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in the central region of Cuba. Centro-Agrícola 27: 87-88.
- Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. APS press.
- Spatafora, J.W., Chang, Y., Benny, G.L., Lazarus, K., Smith, M.E., Berbee, M.L., Bonito, G., Corradi, N., Grigoriev, I., Gryganskyi, A., James, T.Y., O'Donnell, K., Roberson, R.W., Taylor, T.N., Uehling, J., Vilgalys, R., White, M.M., Stajich, J.E. 2016. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. Mycologia 108: 1028-1046.
- Subandiyah S., Nikoh, N., Sato, H., Wagiman, F., Tsuyumu, S., Fakatsu, T. 2000. Isolation and characterization of two entomopathogenic fungi attacking *Diaphorina citri* (Homoptera, Psylloidea) in Indonesia. Mycoscience 41: 509-513.

## EVALUACIÓN DE SUSTRATOS DE USO COMÚN EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CULTIVO DE CHILE ANCHO

Domínguez-López René. F<sup>1</sup>., Galindo-Reyes Manuel. A.<sup>2</sup>., Macías-Valdez Luis. M<sup>2</sup>., Núñez-Romo Pedro<sup>1</sup>., Zarzosa-Vega Ricardo. Z. <sup>1</sup>.

Profesor-Investigador<sup>1</sup>. Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Dirección Académica de Desarrollo de Negocios y Agricultura Sustentable y Protegida. Investigador Titular<sup>2</sup>. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental Pabellón.\*E-mail: [rene.dominguez@utna.edu.mx](mailto:rene.dominguez@utna.edu.mx), C.P. 20400 Tel. (465) 9-65-00-30 Ext: 3312

### INTRODUCCIÓN

Para el año 2015, en nuestro país, la superficie cosechada de diferentes cultivos hortícolas ha aumentado significativamente, ya que se tiene una gran demanda en el mercado de exportación, siendo el cultivo de chile verde uno de los principales (Castellanos, 2004). Los principales estados productores de México en el cultivo de chile son los siguientes: Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas San Luis potosí y Michoacán, ya que en grupo, aportaron el 67.1% del valor de la producción en el año 2012 (SIAP, 2015). Para el estado de Aguascalientes, la producción del cultivo de chile es de suma importancia, ya que en el ciclo primavera- verano del año 2013, se sembró una superficie de 773 hectáreas, teniendo una producción de 11,074 toneladas, con un rendimiento de 14.9 t/ha (SIAP, 2015). Aunque las estadísticas no mencionan la variedad del chile producido, los tipos más producidos en los diferentes estados de la república mexicana son los siguientes: el ancho, guajillo y el pasilla (Macías-Valdez *et al.*, 2010). En las últimas décadas, la horticultura en México, ha cobrado una gran importancia, ya que esta se distingue por presentar un incremento anual del 20 al 30 % (Castellanos, 2004). Debido a lo anterior, se han modernizado y perfeccionado los sistemas de producción agrícola; un gran ejemplo de esto, es el cultivo de estos en suelo, que se ha cambiado a un ritmo progresivo al sistema de cultivo sin suelo o sustrato (Castellanos, 2009). Una de las principales alternativas del uso de los sustratos, lo constituye el menor control de plagas y enfermedades en la raíz, mismas que afectan a una gran diversidad de las plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento (Cruz- Crespo *et al*, 2012). En las diferentes etapas vegetativas del cultivo de chile, la pudrición de la raíz, se ha asociado con un grupo de organismos habitantes en el suelo, entre los que destacan principalmente son los siguientes: los hongos *Rhizoctonia spp*, *Verticillium spp*, *Phytophthora app*, *Fusarium spp*, entre otros; los cuales pueden provocar

de un 40% a 70% de mortandad en la población de los cultivares de Chile (Velásquez-Valle y Medina-Aguilar, 2006). En la actualidad el cultivo de Chile presenta una problemática fitosanitaria aguda, causada principalmente por pudriciones de la raíz, razón por la cual gran cantidad de hectáreas agrícolas ya no se explotan. Cuando se cultiva Chile se manifiesta bajo rendimiento y calidad de fruto, aunado a un costo de inversión elevado por el alto número de aplicaciones de plaguicidas (Macías-Valdez et al, 2010). Por tal motivo, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de sustratos minerales y orgánicos en rendimiento y calidad de Chile tipo ancho.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación, se realizó en un invernadero tipo túnel, que pertenece campo experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, cuyas coordenadas geográficas son cuya localización es de 22° 09' LN y 102° 16' LO y 1,920 m de altitud. Las temperaturas mínimas y máximas promedios fueron de 15.9°C en junio y 35.4°C en julio, respectivamente; con humedad relativa mínima y máxima de 42.3% en junio y 45.2% en julio.

*Solución Nutritiva:* Se calculó con respecto a la etapa vegetativa del cultivo, las concentraciones de (33% y 66% Steiner modificada) fueron aplicadas en trasplante, floración y fructificación junto con cosecha del cultivo de Chile en un recipiente de capacidad de 200 l. *Riegos:* Para la aplicación de los riegos, primeramente se aplicó un riego a las bolsas con los sustratos, para que quede bien humedecido y poder realizar el trasplante. *Densidad Aparente:* Se define como la relación entre la masa del materia sólido seco, por unidad de volumen y se expresa en g/cm<sup>3</sup>. *% de Porosidad:* Es el volumen total no ocupado por la fase sólida, la parte que no está conformada por partículas orgánicas ni minerales. *Capacidad de aireación:* Es la proporción del volumen del sustrato de cultivo ocupado por el aire, o el porcentaje de aire que nos queda en el sustrato cuando se aplica una tensión de 10 cm de carga de agua de tensión. *Capacidad de retención:* Se refiere al contenido máximo de agua que puede retener un sustrato una vez que se ha saturado y se ha dejado drenar. Para esta investigación se evaluaron seis tratamientos, que se describen a continuación; T1= Estiercol 10 % + 90 % Grava, T2= Grava 100 %, T3= composta 10 % + 90 % Grava, T4= Fibra de coco 10 % + 90 % Grava, T5= Rastrojo 10 % + 90 % Grava, T6= Perlita 100. Por medio de un análisis de varianza y los promedios de tratamientos de cada variable de respuesta se compararon mediante pruebas de Tukey



( $P \leq 0.05$ ). Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas de los sustratos

Con relación a las propiedades físicas de los diferentes sustratos evaluados se presentan en el cuadro No 1. En cuanto a densidad aparente, la grava fue la que presentó mayor valor, debido a que su peso es mayor y fue solo en el tratamiento, con relación a los otros tratamientos su valor fue disminuyendo debido a la combinación con otros sustratos y la perlita fue el valor bajo. Para el porcentaje de porosidad total, los valores variaron entre 44 y 61%, esto significa que ningún sustrato alcanzó al valor óptimo recomendado por Cabrera 1999. Lo que respecta a la capacidad de aireación variaron en los diferentes sustratos el cual el mayor fue la grava, de ahí le van siguiendo la grava + fibra de coco, la grava + rastrojo, la que obtuvo menor capacidad fue el sustrato de perlita %. En cuestión a la capacidad de retención de agua para los diferentes sustratos la que obtuvo mayor retención de agua fue la perlita alcanzando un valor del 53 %, y el sustrato que retuvo menos agua fue la grava sola obteniendo un valor del 9.75 %.

Cuadro No.1 Caracterización de las propiedades físicas de los sustratos.

Sustrato	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad total (%)	Capacidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)
Perlita	0.15	61.00	14.00	53.00
Grava + Rastrojo	1.18	44.58	30.02	14.56
Grava + Fibra de coco	1.18	47.05	31.84	15.21
Grava + Composta	1.20	45.77	29.00	16.77
Grava	1.22	48.40	38.65	9.75
Grava + Estiércol	1.15	45.48	29.17	16.31

### Crecimiento en diámetro del chile tipo ancho

Con relación al diámetro del tallo, los datos se empezaron a después de 15 días del trasplante, para esta fecha los diámetros de las plantas de cada sustrato aún permanecían

similares. No obstante, a medida que transcurrió el tiempo después del trasplante, pasado un mes, las plantas empezaron a mostrar diferencias con relación al grosor del tallo, las plantas en que el tallo se desarrolló favorablemente fue en el sustrato de la perlita y la composta. Por otro lado, las plantas cultivadas en grava y en rastrojo mostraron un grosor de menor diámetro. Al finalizar la investigación, los mayores diámetros se lograron en las plantas cultivadas en los sustratos de perlita, estiércol y composta, en cambio, las plantas cultivadas en grava manifestaron el menor diámetro del tallo.

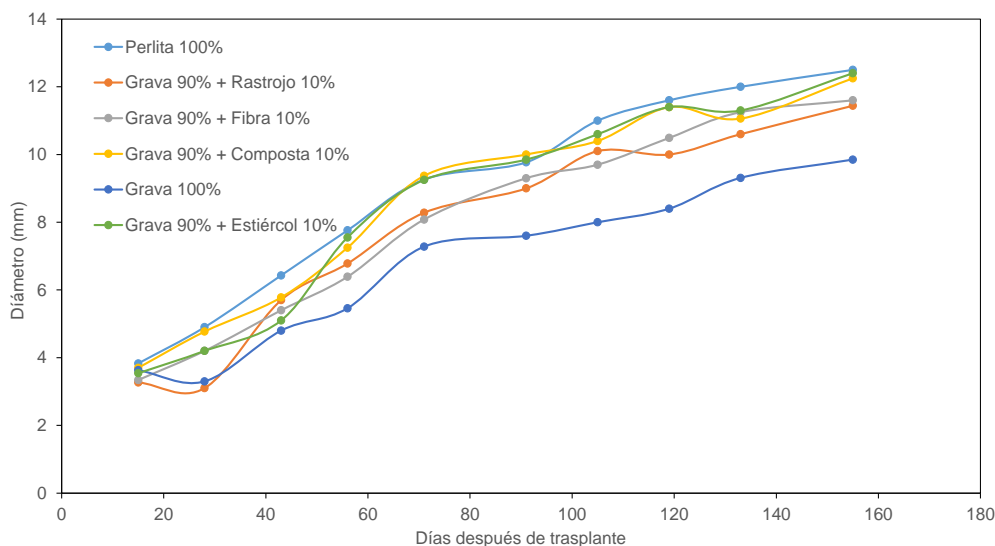


Figura 1. Crecimiento del diámetro de la planta de chile tipo ancho.

#### Crecimiento en altura del chile tipo ancho

En relación a la medición de la altura de la planta, se empezó a evaluar después de 15 días del trasplante, los diámetros de las plantas de cada sustrato aún permanecían similares. No obstante, a medida que transcurrió el tiempo después del trasplante, después de un mes, las plantas empezaron a mostrar diferencias en la altura de la planta, sobresaliendo el sustrato de la perlita y la composta. Pero las plantas cultivadas en grava y en rastrojo mostraron la menor altura. Al finalizar la investigación, las plantas de chile que alcanzaron mayor altura fueron las cultivadas en los sustratos de perlita, estiércol, y las plantas que alcanzaron menor altura fueron las que estuvieron cultivadas en los sustratos de grava y rastrojo.

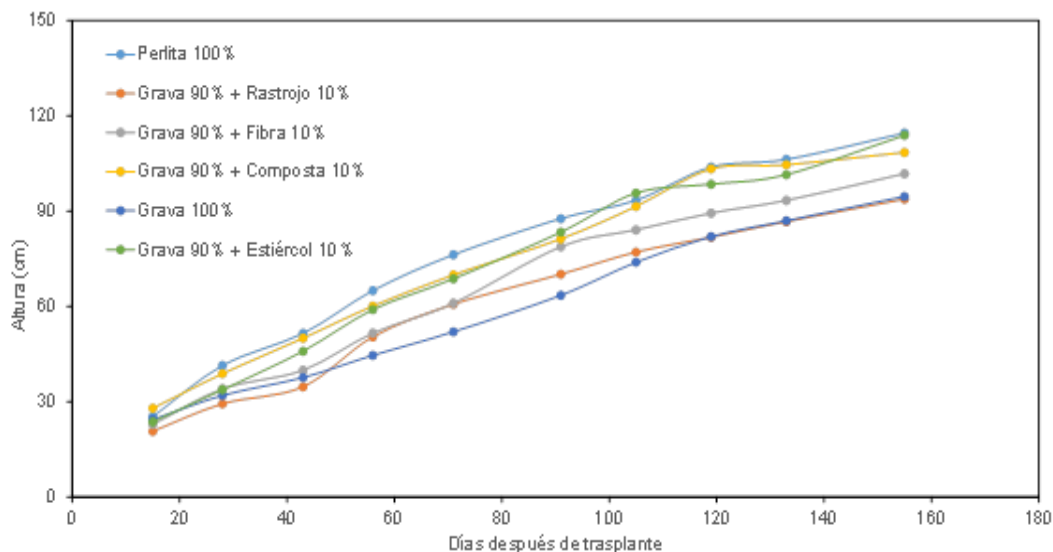


Figura 2. Crecimiento de altura en chile tipo ancho en varios sustratos.

Rendimiento y calidad de frutos en los diferentes tipos de sustratos

Frutos totales

Con relación a los frutos totales, no existe diferencia significativa entre los tratamientos de estiércol, composta, fibra de coco, rastrojo y perlita, con lo que respecta al tratamiento de grava fue el que alcanzo menor producción de frutos, esto posiblemente se deba a que no retuvo suficiente solución nutritiva y retención de agua.

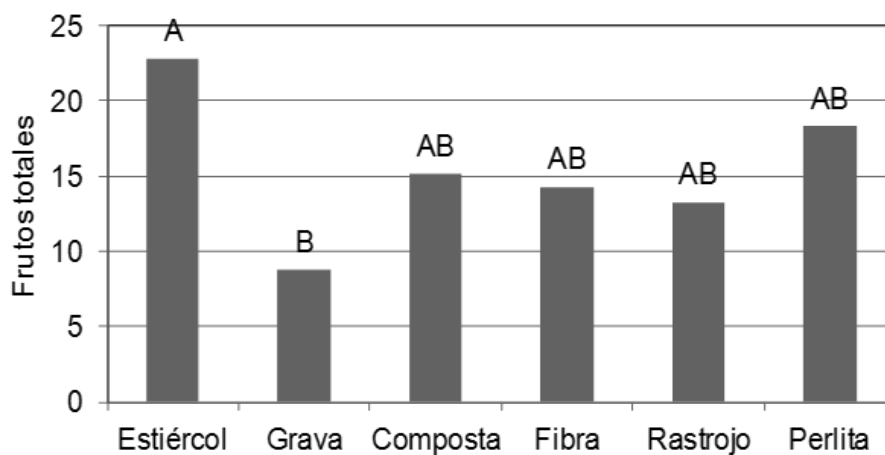


Figura 3. Número de frutos totales por sustrato.

Frutos comerciales

Con relación al análisis estadístico no existe diferencia significativa entre los tratamientos de perlita y estiércol, que son los mejores para la producción de frutos comerciales, para los tratamientos de composta, fibra de coco, rastrojo y grava son los que produjeron menos frutos comerciales. Debido a que no se retuvo la suficiente humedad y solución nutritiva.

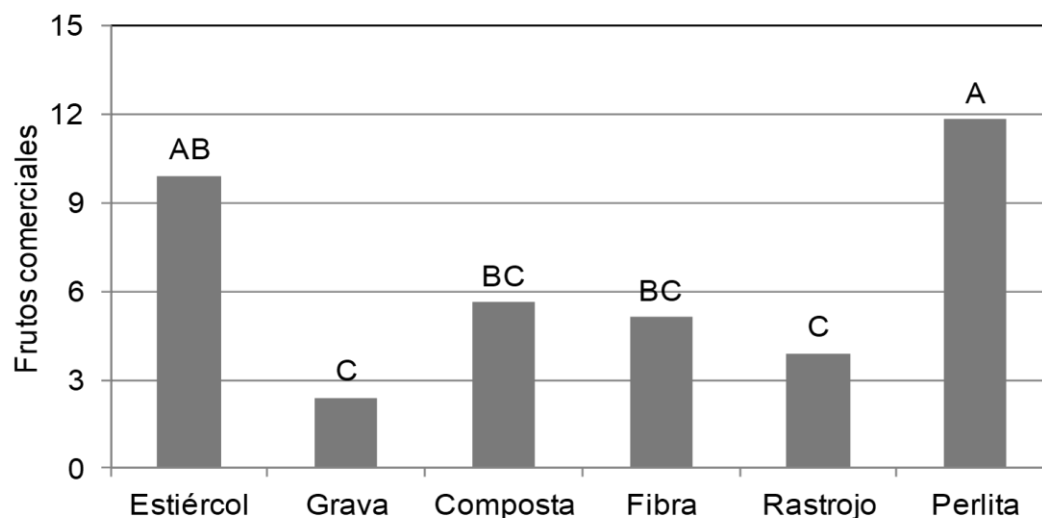


Figura 4. Numero de frutos comerciales.

Frutos no comerciales

En relación a los frutos no comerciales, no existe diferencia significativa en todos los tratamientos, ya que todas las plantas produjeron la misma cantidad de frutos no comerciales.

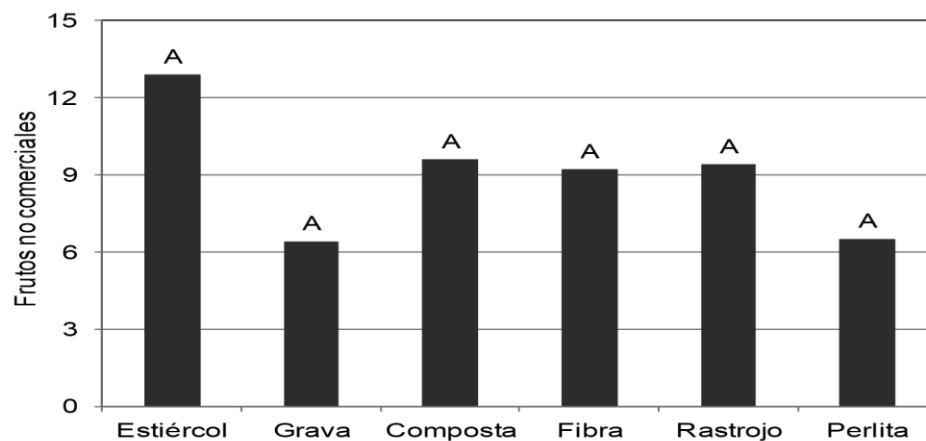
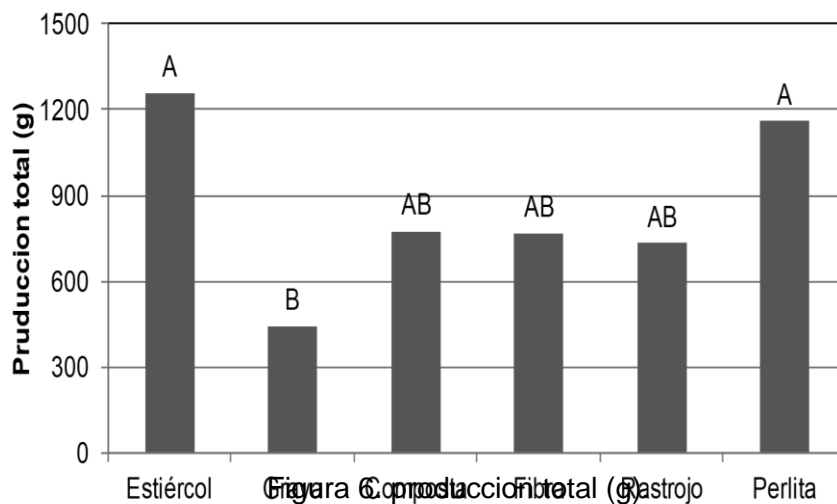


Figura 5. Produccion de frutos no comerciales.

Produccion total (g)

Con relación a la produccion total, se puede afirmar que tratamiento experimental con perlita y estiércol, son los que obtuvieron mayor rendimiento, mientras que los otros tratamientos con composta, fibra de coco y rastrojo no hay diferencias significativas entre los valores, por otro lado, el tratamiento con el sustrato de grava fue con el valor mas bajo en la produccion total.



Produccion comercial

En la figura 7. Se observan los valores estadísticos relacionados a la producción comercial (g), en donde los tratamientos de sustrato de perlita y estiércol son los que obtuvieron la producción comercial más elevada, en los sustratos de composta, fibra de coco, rastrojo y grava no hay diferencia significativa estadísticamente.

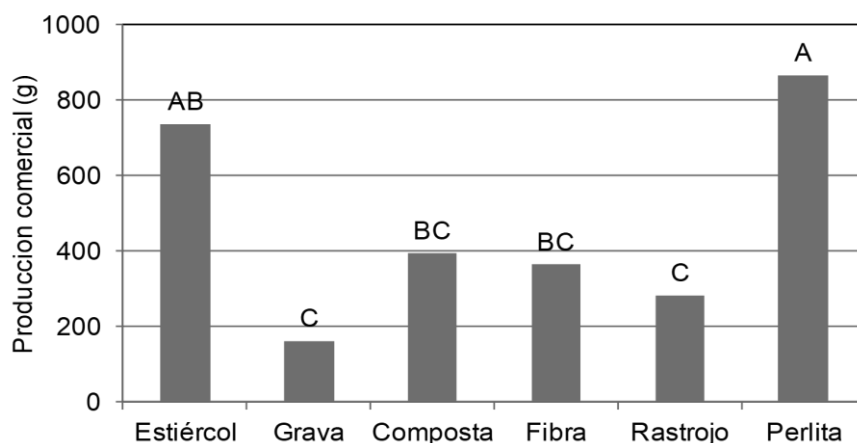


Figura 7. Produccion comercial 60 g como mínimo.

### Produccion no comercial

En la figura 8. De la comparación de medias de la producción no comercial, se encontró que estadísticamente en todos los sustratos no hay diferencia significativa, lo que quiere decir, el mismo peso de los frutos no comerciales.

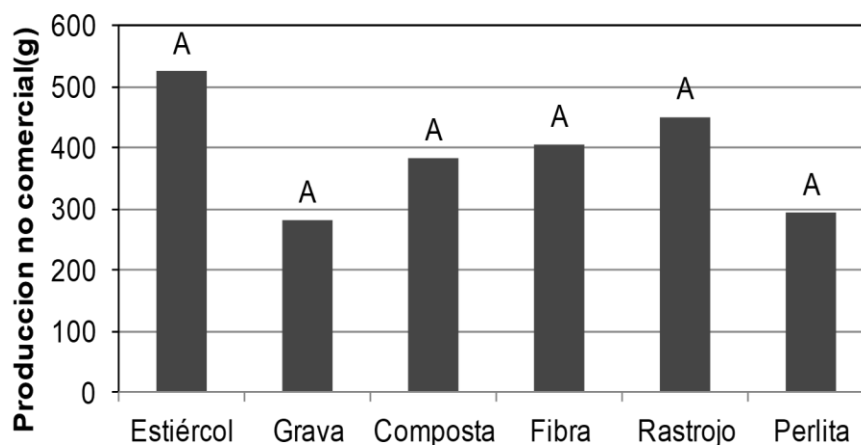


Figura.8 Producción no comercial por planta.

## CONCLUSIONES

Con lo respecta a las propiedades físicas de los sustratos agrícolas la perlita redujo la densidad aparente, incrementa la porosidad, disminuye la capacidad de aireación y la capacidad de retención del agua fue mayor en comparación con los demás sustratos agrícolas. Los sustratos que produjeron mayor rendimiento y calidad del fruto fueron la perlita, grava + estiércol, y los sustratos más bajos fueron los de grava sola y grava + rastrojo. Con relación a la altura de la planta fueron los sustratos de perlita, grava + estiércol, en comparación con los otros sustratos agrícolas. Con relación al diámetro del tallo los sustrato que favorecieron al cultivo de chile fueron perlita, grava + estiércol y grava + composta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ansorena, M.J.1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa- Madrid. España.
- Castellanos Z. J. (2004), Manual de producción hortícola en invernadero, 2 da edición, INTAGRI, Celaya Guanajuato México. 2 p.
- Castellanos J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero INTAGRI, México, Celaya Guanajuato. 105 p.
- Cruz-Crespo E., Sandoval- Villa, V., Ordaz-Chaparro, J.L., Tirado Torres y J. Sánchez-Escudero (2010). Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Terra Latinoamericana 28:219-229.

- Macías-Valdez L. M. Baltazar-Brenes E., González-Gaona E., Serrano-Gómez C., Galindo-Reyes M. A., Maciel Pérez L. H., Robles Escobedo F. J. (2010) Nueva Tecnología de Manejo para el Control de la Marchitez de Chile en Aguascalientes, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Pabellón Publicación Especial Núm. 38.
- SIAP, Servicio de información agrícola y pecuaria 2013. *In:* <http://www.siap.gob.mx/optostadisticosiacon2013parcialsiacon-zip/>. Consultado el 10 de abril de 2015.
- Velásquez-Valle R., Medina-Aguilar M. M. 2006. Tecnología de Producción de Chile Seco, Manejo Integrado de Enfermedades. Libro técnico No. 5. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Región Norte Centro, Campo experimental Zacatecas, Calera Zacatecas, México.

## ESTIMACIÓN DE ÁREA FOLIAR EN HIGUERA (*Ficus Carica*) MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO

Domínguez-López René. F<sup>1</sup>., Galindo-Reyes Manuel. A.<sup>2</sup>., Macías-Valdez Luis. M<sup>2</sup>  
Rodríguez-García Héctor. D<sup>1</sup>., Zarzosa-Vega Ricardo.F<sup>1</sup>.

Profesor-Investigador <sup>1</sup>. Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Dirección Académica de Desarrollo de Negocios y Agricultura Sustentable y Protegida. Investigador Titular<sup>2</sup>. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental Pabellón.\*E-mail: [rene.dominguez@utna.edu.mx](mailto:rene.dominguez@utna.edu.mx), C.P. 20400 Tel. (465) 9-65-00-30 Ext: 3312

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de higo (*Ficus Carica*) es un fruto delicioso y succulento que es apreciado en casi todo el mundo por sus aportes nutricionales, su consumo en fresco o en sus productos derivados de procesos agroindustriales que son aplicables al fruto, botánicamente el higo se considera una inflorescencia ya que sus flores nacen agrupadas dentro de una vaina en forma de pera las cuales después de un tiempo maduran para luego convertirse en el fruto que se consume y es conocido como higo. Mientras tanto México ocupa el lugar número 22 a nivel mundial con aproximadamente 1,200 hectáreas con una producción anual mayor a las 6,000 toneladas de higo fresco las cuales tienen un valor colindante con los 48 millones de pesos. Las entidades que participan en la producción de higo son Morelos (53%), Veracruz (19%), Baja California sur (10%), Puebla (7.4%), Hidalgo (3.7%), Durango (1.2%), Ciudad de México (1.1%), Jalisco (1.1%), Zacatecas (0.4%) y San Luis Potosí (0.3%). (siap, 2017). Todo esto según estudios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). A nivel estatal Aguascalientes no destaca y no cuenta con una producción extensiva de higos y tampoco con datos oficiales emitidos por organizaciones gubernamentales que certifiquen que Aguascalientes este comenzando a establecer superficies para trabajar y cultivar este fruto (siap, 2017). Las hojas, constituyen el órgano más importante de la planta y juega un papel importante en las actividades anabólicas por medio de la clorofila, que poseen en abundancia, único medio para los procesos fotosintéticos. El área foliar total, que ha sido directamente relacionada con la cantidad de clorofila, es un parámetro importante para estimar la habilidad de la planta para sintetizar materia seca (Campostrini y Yamanishi, 2001). Los métodos directos de medición de área foliar están restringidos al uso de los equipos automáticos costosos; el empleo de planímetros resulta muy tedioso y en algunos experimentos, el tiempo es insuficiente para realizar tales mediciones (Manivel y Weaver, 1974). La estimación del



área foliar a través de los modelos matemáticos, con mediciones directas en las hojas, es bastante preciso, económico y no destructivo (Blanco y Folegatti, 2003). El objetivo general de esta investigación fue definir ecuaciones matemáticas lineales para estimar el área foliar en higuera, con la toma de medidas directas de las hojas en campo, sin emplear el muestreo no destructivo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Localización y caracterización del sitio experimental

El cultivo de higo, se localiza en el municipio de Pabellón de Arteaga, Ags. Exactamente en la comunidad de San Luis de Letras, cuyas coordenadas geográficas son;  $102^{\circ} 29' 58''$  LN y  $22^{\circ} 13' 63''$  LO y la localidad se encuentra a una altura de 1900 msnm.

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio para la selección de las hojas, se tomaron diferentes tamaños de hojas en el desarrollo de las plantas, con la variedad de higo Nezahualcóyotl, establecida a .50 metros entre planta y planta, con una distancia entre cama y cama 1.5 metros en macro-túnel, teniendo una densidad de plantación de 704 plantas. Para la determinación de las variables o medidas de las hojas relacionadas con el área foliar, se realizó sobre una muestras de 150 hojas, en cada uno de los estratos, superior, medio e inferior de plantas adultas, determinados por la altura, seleccionando hojas sanas de distintos tamaños. Una vez seleccionados las hojas, se procedió al corte de las mismas, se conservaron en una recipiente térmico (hielera) y se transportaron al laboratorio del Campo Experimental Pabellón (INIFAP). Se midió el largo y ancho de la hoja (sin incluir el peciolo), así como también, se dibujaron en hojas de papel, y posteriormente, se obtuvo el peso seco de las hojas. Lo anterior, con la finalidad de obtener un método alternativo mediante la generación de ecuaciones de regresión lineal para predecir área foliar utilizando como variables de predicción el largo y ancho de la hoja, el producto del largo por ancho de la hoja, el largo y el ancho de la hoja elevado al cuadrado, se acomodaron los datos de largo y ancho en la aplicación de las formulas del triángulo y pentágono. Para la medición del área foliar real (variable independiente) se empleó un integrador de área foliar LI-3100 AREA METER. Para la selección de los modelos, se basó en los criterios de selección: coeficiente de determinación, el cuadrado medio del error y el coeficiente de variación. Las ecuaciones seleccionadas fueron obtenidas mediante el método de regresión lineal simple y ordenada al origen, y  $R^2$ , C.M.E y C.V. fueron obtenidos por el paquete estadístico del SAS.

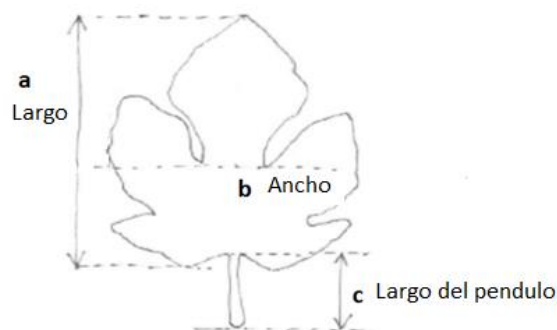


Figura No.1. Vista Isométrica de la hoja del cultivo de higo

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

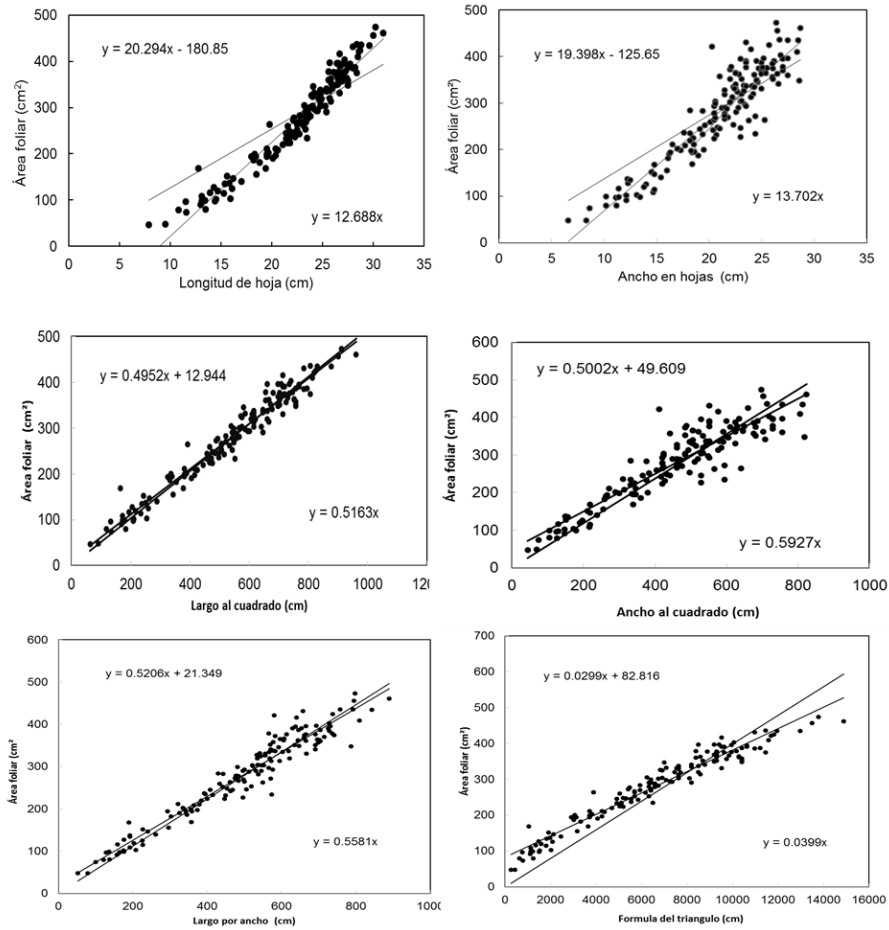
Determinación del área foliar de la higuera

Cuadro No.1. Modelos generados mediante regresión lineal con y sin ordenar al origen con el objeto de predecir el área foliar (cm<sup>2</sup>) de higuera de la variedad Nezahualcóyotl.

Modelo Generado	Criterios de selección			
	R <sup>2</sup>	C.M.E	C.V.	Ecuación
Con ordenada al origen				
AF= -18.85 + 20.294 L	0.9398	625.11	8.90	1
AF= -125.65 + 19.398 A	0.8495	1563.65	14.08	2
AF= 12.944 + 0.4952 L <sup>2</sup>	0.9587	428.85	7.37	3
AF= 49.609 + 0.5002 A <sup>2</sup>	0.8357	1706.423	14.71	4
AF= 21.349 + 0.5206 L*A	0.935	674.979	9.251	5
AF= 82.816 + 0.0299 ((b*h)/2)	0.9457	563.637	8.454	6
AF= 21.349 + 0.2083 ((p*a)/2)	0.935	674.980	9.251	7
AF= 59.88 + 73.248 MSH	0.84	1661.493	14.515	8
Sin ordenada al origen				
AF= 12.688 L	0.9772	2044.60	16.10	9
AF= 13.702 A	0.9738	2348.781	17.25	10
AF= 0.5163 L <sup>2</sup>	0.9950	446.290	7.522	11
AF= 0.5927 A <sup>2</sup>	0.977	2037.122	16.072	12
AF= 0.5581 L*A	0.991	727.624	9.605	13
AF= 0.0399 ((b*h)/2)	0.9785	1928.55	15.638	14
AF= 0.2233 ((p*a)/2)	0.991	727.623	9.605	15
AF= 90.124 MSH	0.975	2191.567	16.670	16

AF = Área Foliar en cm<sup>2</sup>, MSH = Masa Seca de la Hoja (g), L y A = Largo y Ancho de la hoja en (cm), ((b\*h)/2) = Formula del triángulo, ((p\*a)/2) = Formula del pentágono, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación, C.M.E = cuadrado medio del error, C.V. = coeficiente de variación.

En el cuadro No. 1, se presentan las ecuaciones que se realizaron con el método de regresión lineal simple, a partir de esta información se seleccionó la ecuación 11, debido a la importancia de utilizar en trabajos experimentales donde se requiera conocer el área foliar sin realizar muestreo destructivos, además de que la medición se puede realizar *in situ*, es deseable para ser utilizado en investigaciones en donde se desea conocer o darle seguimiento individualmente a la expansión foliar para conocer el área foliar, o bien, para evaluar la dinámica de las plantas intactas en condiciones ambientales ó controladas, de estas ecuaciones, se sugiere utilizar el modelo número 11, que corresponde al largo al cuadrado de la hoja del cultivo de la higuera, debido a que presenta el mayor R2 y de los C.M.E y C.V más bajos y por su simplicidad de la ecuación.



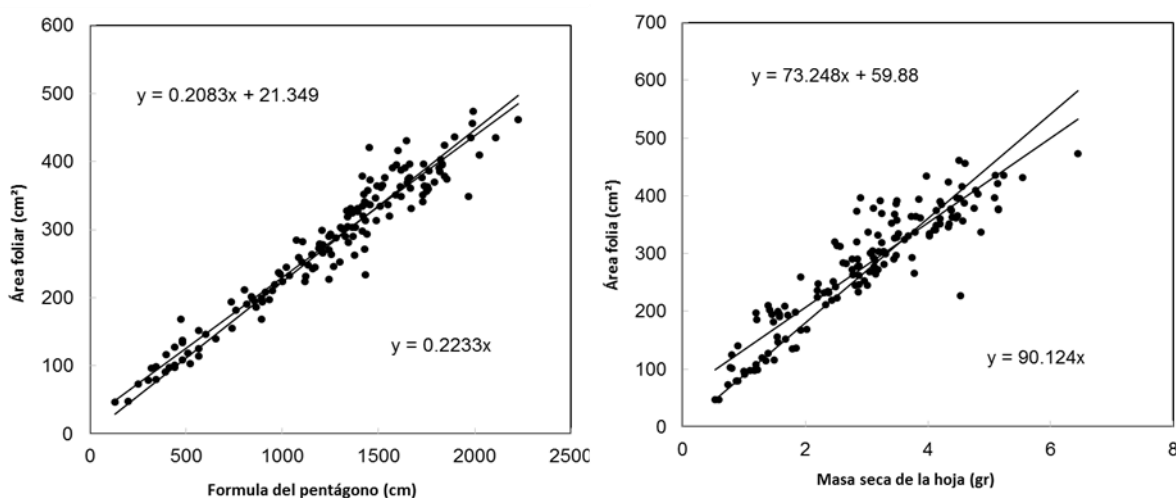


Figura No. 2. Resultados de los análisis de regresión lineal entre las medidas de las hojas de higuera y el producto de ambas, ancho y largo de la hoja elevado al cuadrado, con las formulas del triángulo, pentágono y materia seca de la hoja. Aparecen en cada grafico la ecuación de regresión.

## CONCLUSIONES

Con lo que respecta al emplear Modelos generados mediante regresión lineal con y sin ordenar al origen con el objeto de predecir el área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de higuera de la variedad Nezahualcóyotl. Se concluye lo siguiente: Se seleccionó la ecuación No.11, debido a que su aplicación es de fácil manejo para futuras investigaciones en este cultivo, ya que tuvo un  $R^2 = 0.9950$ , superior a las otras regresiones, con un C.M.E de 446.290 y un C.V. de un 7.522.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, F.F.; Folegatti, M.V. 2003. A new method for estimating the leaf index of cucumber and tomato plants. Hort. Brás, 21(4):666-669.
- Campostrini, E.; Yamanishi, O.K. 2001. Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central. Scientia Agrícola (Brasil) 58(1): 39-42.
- Siap. (1 de enero de 2017). siap. Recuperado el 17 de Marzo de 2019, de siap: <https://www.gob.mx/siap>
- SAS Institute Inc. 1985. SAS use's guide: statistics. Version 5. SAS Institute Inc.Cary, N.C USA.

## **ANÁLISIS DEL USO DE LOS PROGRAMAS DE APOYO A LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL SECTOR PRIMARIO DE LA LAGUNA DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO**

**José de Jesús Espinoza Arellano<sup>1</sup>, José Feliciano García Zamarripa<sup>2</sup>, Víctor Manuel Molina Morejón<sup>1</sup>, Liliana Angélica Guerrero Ramos<sup>1</sup> e Ignacio Orona Castillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Catedráticos Investigadores de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Blvd. Revolución 153 Ote. Col. Centro. 27000, Torreón, Coah., México. E-mail: [jesusespinoza\\_612@yahoo.com.mx](mailto:jesusespinoza_612@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup> Alumno del Doctorado en Administración y Alta Dirección de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón.

<sup>3</sup> Profesor Investigador de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango. Ejido Venecia, Dgo.

### **INTRODUCCIÓN**

El sector agropecuario en México emplea aproximadamente al 15% de la población total ocupada y genera el 4% del producto interno bruto (PIB) total (INEGI-SAGARPA, 2015). Teniendo en cuenta la importancia del sector primario, el gobierno ha dispuesto un sistema integral de apoyos y financiamiento al sector agropecuario, que permite cubrir un gran sector de la población rural con una amplia gama de servicios bancarios. En tal sentido, el financiamiento público federal en la función de desarrollo agropecuario significa el 18.9% del PIB de ese sector (CONEVAL, 2012).

Los apoyos y el financiamiento son elementos fundamentales en una economía en desarrollo, pues contribuyen a la generación de empleo e ingresos que de otra manera no se realizarían. Sin embargo, únicamente el 1.5% del financiamiento total de la economía se canaliza al sector rural.

El subsidio o financiamiento público del sector primario en el campo mexicano es entendido como una estrategia de impulso o detonador de crecimiento y desarrollo económico; sin embargo, existen algunas dudas respecto al uso e impactos de estos programas. El objetivo de este trabajo fue hacer un análisis de la cobertura de los apoyos, órdenes de gobierno de donde proceden los apoyos, destino de los recursos, impacto de los programas en la generación de empleo y el seguimiento a los programas.

## **METODOLOGÍA**

Para obtener la información necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación se diseñó un instrumento (cuestionario), en el que se entrevistó al azar a 89 empresarios que fueron beneficiarios de alguno de los Programas de Apoyo de la SAGARPA en la Región Laguna del Estado de Durango. El instrumento estuvo estructurado con 21 preguntas, todas ellas de opción múltiple, aplicándose a 89 propietarios de empresas agropecuarias, ubicadas en los municipios de Gómez Palacio, 48 y Lerdo, 41, Región Lagunera del Estado de Durango. El levantamiento y procesamiento de datos se realizó en colaboración con personal de la Coordinación Nacional de Grupos Organizados A. C., durante los meses de octubre-noviembre del año 2017.

## **RESULTADOS**

En esta sección se presentan los resultados del trabajo donde se destacan la cobertura, el origen de los recursos, principales programas a los que se destinan tales recursos, contribución de los programas a la generación de empleo y el seguimiento gubernamental a los programas aprobados.

De los 89 productores entrevistados el 97.75% han sido beneficiarios de alguno de los programas de apoyo al campo ya sea del nivel federal, estatal o municipal. Esto habla de la amplia cobertura de los programas de apoyo al campo.

En relación al origen de los recursos para los programas destacan los programas federales con el 72.73% (Figura 1), lo cual es esperable en función de la mayor disponibilidad de recursos de SAGARPA (ahora SADER) en relación a los recursos de la Secretaría de Agricultura del estado de Durango y a los gobiernos de los municipios de Gómez Palacio y Lerdo.

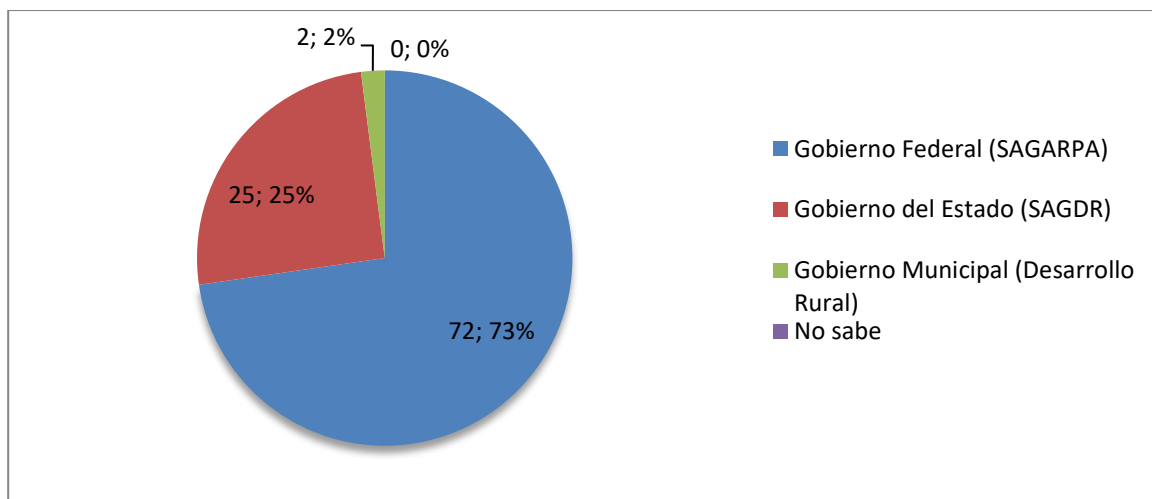


Figura 1. Órdenes de gobierno de origen de los programas de apoyo a los productores

En la Figura 2 se observan los programas a los cuales se tuvo mayor acceso. Se aprecia un acceso diversificado a los diferentes programas destacando los de fomento ganadero y fomento agrícola; más del 50% de los productores tuvieron acceso a estos dos programas.

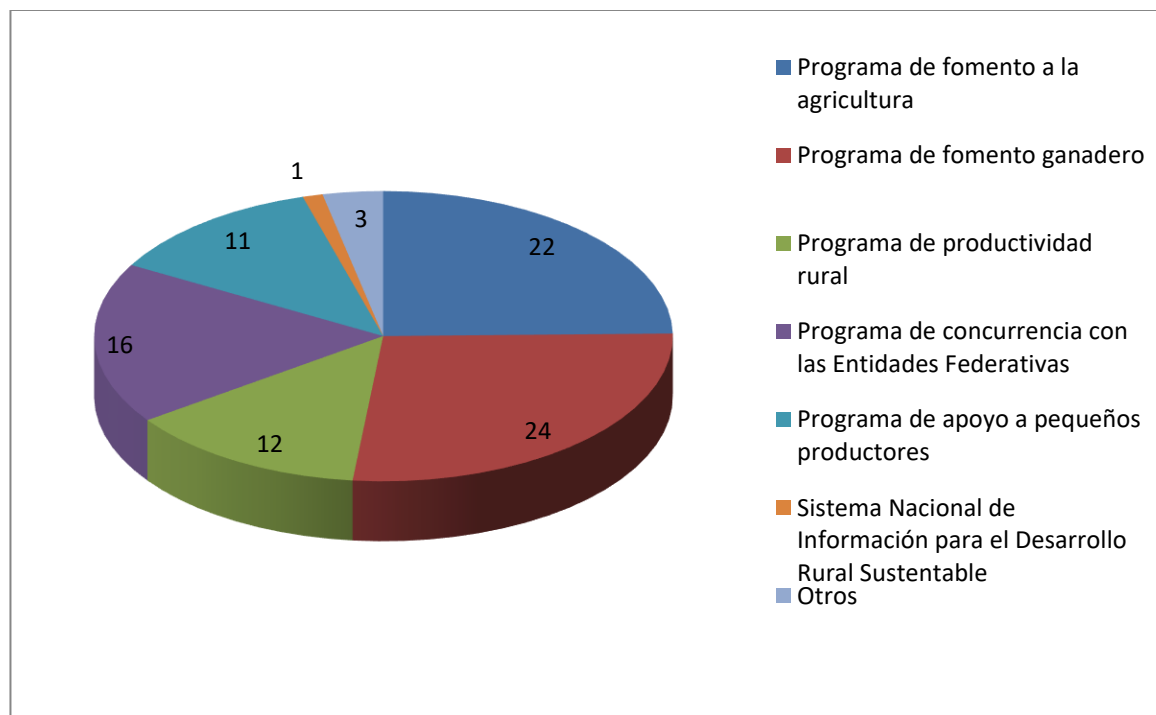


Figura 2. Principales programas gubernamentales de los cuales se recibió apoyo

De acuerdo a las políticas públicas dirigidas al sector y la reglas de operación específicas los recursos de los programas están mas orientados a capital de trabajo que incluye el recurso que el gobierno federal destina para la inversión en los sectores primario agrícola y pecuario. En el sector agrícola se orienta a la adquisición de semillas, fertilizante e insumos, así como tractores e implementos agrícolas; para el ramo pecuario, a la adquisición de alimentos, cabezas de ganado o corrales y/o bodegas. En segundo lugar el destino de los recursos se dirigió a tecnología e infraestructura (Figura 3).

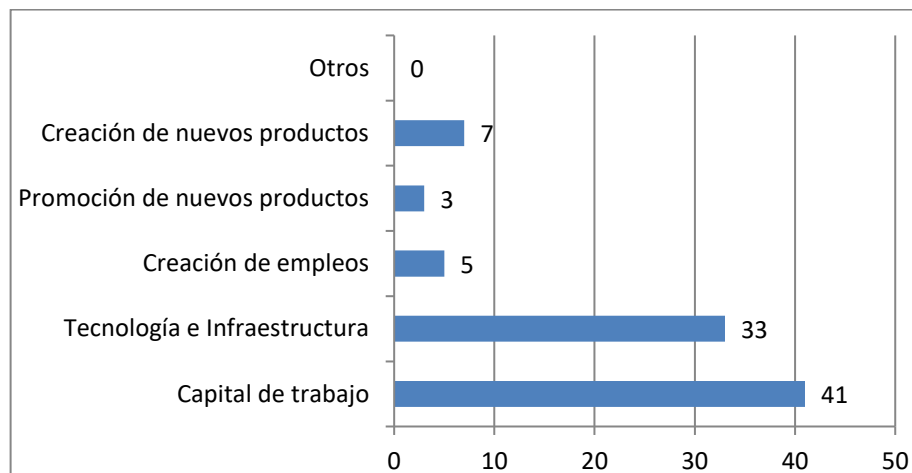


Figura 3. Destino de los recursos recibidos a través de los programas de apoyo

Otro de los aspectos estudiados en el trabajo fue si con la aplicación de los programas se estaba generando empleo en los municipios bajo estudio; cerca del 50% contestó que si se ha generado (Figura 4).

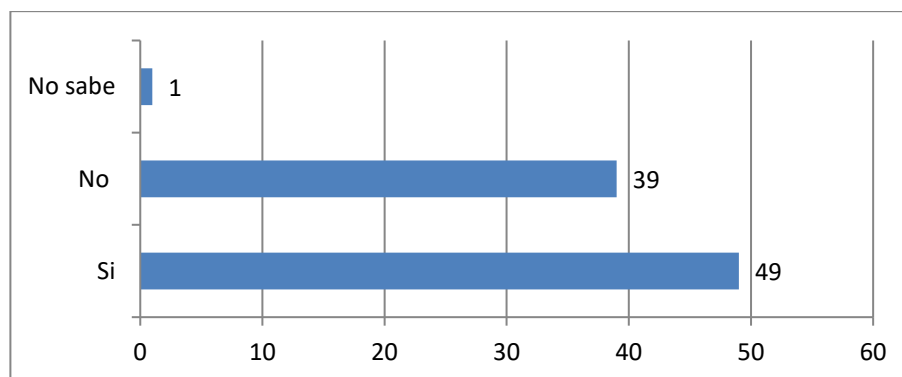


Figura 4. Contribución de los programas de apoyo a la generación de empleo.



Otro de los aspectos estudiados fue el apoyo y seguimiento a los programas de apoyo. Es conocido que muchas veces las instituciones gubernamentales entregan los recursos de los programas a los beneficiarios pero no les dan seguimiento a su utilización. En este caso se encontró que solamente el 24% reportó con certeza que había un apoyo y seguimiento a los programas. El resto contestó que no lo había o no sabía que lo hubiera (Figura 5).

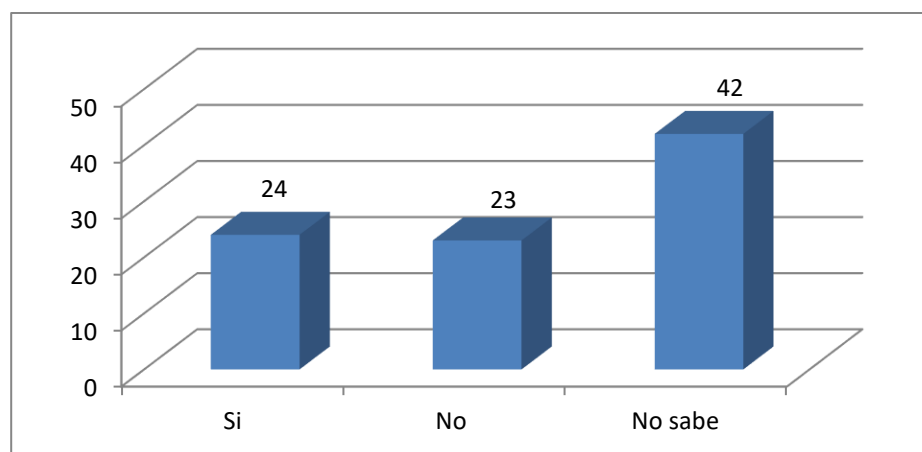


Figura 5. Existencia de mecanismos de apoyo y seguimiento a las empresas apoyadas

## CONCLUSIONES

Existe una amplia cobertura en los programas gubernamentales de apoyo al campo con casi el 98% de beneficiarios. El gobierno federal es el de mayor cobertura con cerca del 73% seguido del estatal con el 25%. Los principales programas de apoyo son los de fomento agrícola y fomento ganadero y están orientados a infraestructura y capital de trabajo. Se da poco apoyo y seguimiento a los programas que han sido autorizados.

## BIBLIOGRAFÍA

- CONEVAL. (2012). Inventario CONEVAL de programas y acciones federales de desarrollo social 2011 – 2012. MEXICO D.F.
- INEGI-SAGARPA. (2015). Encuesta nacional agropecuaria 2014. MEXICO: INEGI.

## **DOS SEPAS DE *BACILLUS* EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE GRAPE (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) EN CONDICIONES DE MALLA SOMBRA**

**Alejandro Espinoza Barajas<sup>1</sup>, Luis Gerardo Espinoza Barajas<sup>1</sup>, Jorge Sáenz Mata<sup>2</sup>,  
Erick Fabian Vázquez Padilla<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>FAZ-UJED. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México.

<sup>2</sup>FCB-UJED. Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo. México.  
Email: [alejandrobarrajas12345@hotmail.com](mailto:alejandrobarrajas12345@hotmail.com)

### **INTRODUCCIÓN**

Según el SIAP, el tomate genera una derrama económica de 4.2 millones de dólares tan solo de las exportaciones que son en su mayoría hacia Estados Unidos, cabe decir que en el año 2018 se produjeron en nuestro país poco más de 3 millones de toneladas de tomate en una superficie de 42,185 ha, sin embargo el tomate por su demanda nutricional tiende a ser un cultivo que dentro del sistema intensivo de producción tiene un gran impacto ambiental principalmente en el suelo por la aplicación constante de fertilizantes. La adopción y uso de biofertilizantes en la agricultura está llamada a ser una de las tecnologías para asegurar la sustentabilidad y productividad de este sector tan importante para la economía y la sociedad. La posibilidad de obtener elevados rendimientos agrícolas y al mismo tiempo preservar el medio ambiente está ligada al uso generalizado de estos productos, como alternativa al uso masivo de plaguicidas y fertilizantes de origen químico, que son costosos y tienen un impacto negativo sobre la salud y el medio ambiente. (Bach Alvares & Diaz, 2008).

El potencial benéfico que presentan las rizobacterias es expresado a través de la producción de diferentes metabolitos de interés que representan una fuente interesante a explotar, con el objetivo de elaborar biopreparados con efecto de control biológico de organismos patógenos (Hernandez *et al.*, 2006).

En la actualidad el empleo de plaguicidas para el control de hongos, bacterias y nematodos, ha originado un creciente deterioro del ecosistema, teniendo como consecuencia que las frutas producidas bajo este régimen posean un alto grado de contaminación. Frente a este problema es necesario incorporar nuevas tecnologías que permitan dar paso a la utilización de productos de origen ecológico y disminuyan así la utilización de productos químicos para el control de los mismos. (Canchignia *et al.*, 2015)

La microflora del suelo y la rizosfera pueden acelerar el crecimiento de las plantas e incrementar su resistencia a enfermedades e insectos dañinos por la producción de sustancias bioactivas. Esos microorganismos mantienen el medio de crecimiento de las plantas y pueden tener efectos secundarios en la calidad de los cultivos. Los resultados son posibles dependiendo de la predominancia y actividades de cada uno de los microorganismos. Controlar la microflora del suelo para incrementar la predominancia de microorganismos benéficos y efectivos puede ayudar a mejorar y mantener las propiedades físicas y químicas del suelo. La apropiada y regulada adición de enmiendas orgánicas es a menudo una parte importante de cualquier estrategia de ejercicio como de control (Higa & Parr, 2006).

Las especies del género *Bacillus* y el potencial de sus enzimas amplían las perspectivas de uso para una agricultura sostenible, lo que permite la conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la calidad y la producción en cultivos de interés agrícola. Lo anterior, genera excelentes resultados y reduce su impacto en la saturación de los suelos, costos en la producción y contaminación al medio ambiente (Corrales *et al.*, 2017).

Si bien es poco probable que la inoculación microbiana cambie significativamente la abundancia y la composición de las comunidades microbianas nativas, la intervención localizada a través de la inoculación tiene el potencial de contribuir al ciclo de nutrientes en la rizosfera. Se deben investigar combinaciones de inoculantes microbianos y fertilizantes de solubilidad elemental para identificar estrategias en favor del incremento de la rentabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola. (Assainar *et al.*, 2018)

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED) con las siguientes coordenadas: 25° 47' 9.6" Lat. N y 103° 21' 2.25 Long. O. El cultivo se estableció dentro de una malla sombra con dimensiones de 10 m x 40 m y con una densidad de siembra de 0.25 m entre plantas y 1.60 m entre líneas obteniendo así 25,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El híbrido utilizado fue Sweet Heart®, misma semilla que fue donada por la empresa Vigo. La siembra se realizó el 06 de Marzo del 2018 en charolas germinadoras de 200 cavidades usando como sustrato peat moss de la marca KEKKILÄ professional® con un pH de 5.5, C.E de 2.4 dS.m<sup>-1</sup> y una concentración nutricional de 14 – 16 – 18 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Por otra parte las semillas bacterianas fueron provistas por la Facultad de Ciencias Biológicas quien donó la semilla bacteriana *Bacillus sonorensis* y la otra por la

empresa ABT® quien donó la sepa *Bacillus subtilis*, mismas que fueron inoculadas en plantulas de tomate un par de veces, la primera al momento de la siembra el 06 marzo de 2018 y la restante un dia antes de la plantación el 15 abril de 2018. La inoculación se realizó colocando 1 mL de concentrado de caldo bacteriano sobre cada planta con una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  UFC. El trasplante se realizó el 16 de abril del 2018 sobre el suelo con un área de 9 m x 36 m y donde se estableció previamente una estructura de tutorado. El riego se realizó mediante un sistema de riego presurizado por goteo, con el cual se regaba de 4 a 6 horas 3 días a la semana. La cosecha se realizó a los 60 días despues de trasplante (DT). Antes y despues de establecer el experimento se tomaron muestras de suelo a las cuales se les realizó un análisis fisico-quimico para su comparación. Se evaluaron variables como tamaño (cm) y peso (g) de los frutos para su calidad (%), rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>) y contenido se sólidos solubles (°Bx) para lo cual se realizaron tomas de datos que posteriormente fueron analizados estadisticamente con el programa GraphPad Prims 7.00®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizarse los análisis de varianza correspondientes, se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo que la cepa bacteriana de *Bacillus sonorensis* la que tuvo un efecto destacado en el rendimiento, en comparación con la sepa *Bacillus subtilis* y el testigo.

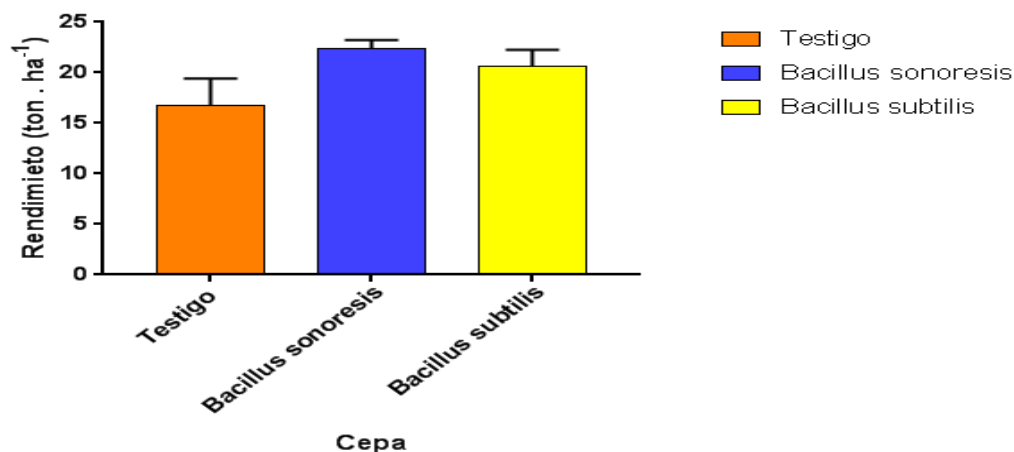
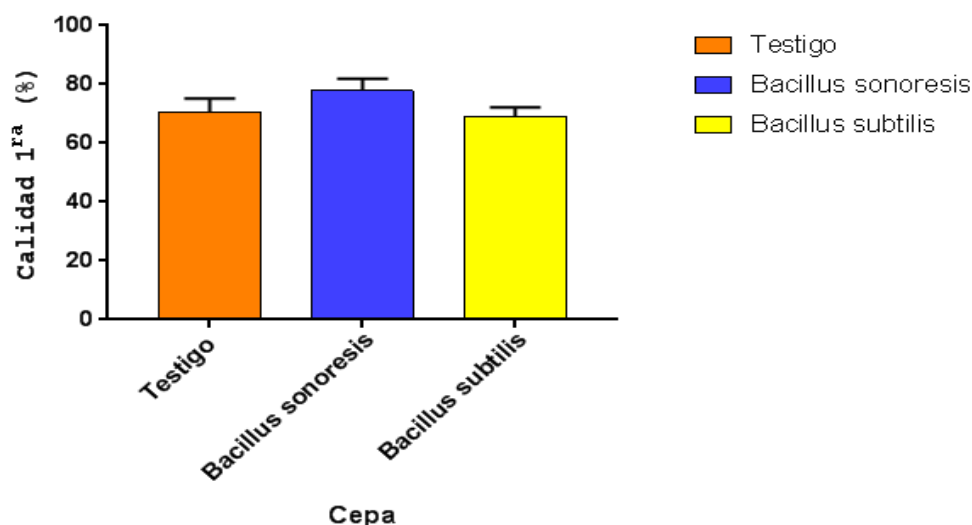


Figura 1. Análisis del rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de tomate grape en condiciones de malla sombra con dos tipos de cepas del género *Bacillus*. En la Comarca Lagunera. FAZ-UJED, 2018.

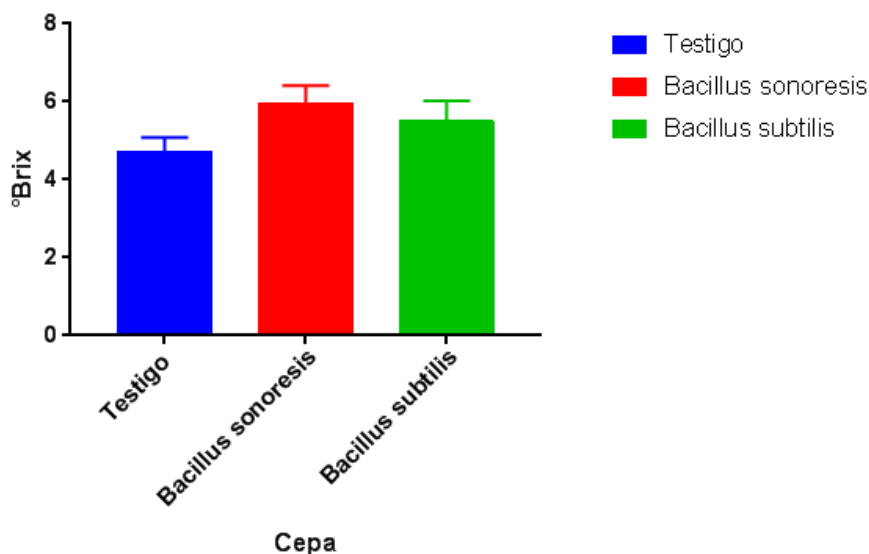
Investigación por Sarabia *et al.*, 2010 considera que las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (PGPR) y los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) son una alternativa en la agricultura sostenible puesto que a través de sus numerosos mecanismos de acción, directos o indirectos, las PGPR y los HMA pueden permitir una reducción significativa en el uso de pesticidas y fertilizantes químicos.



**Figura 2. Comparación de la calidad (%) en frutos de tomate grape con inoculación de dos cepas de *Bacillus* y un testigo en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera. FAZ-UJED., 2018.**

Un trabajo de Perin *et al.*, 2018 mostró que la clasificación es importante para los agricultores porque permite la estandarización del producto y un mayor valor añadido. En el ámbito académico, las normas de clasificación se utilizan para evaluar los efectos del manejo de un cultivo sobre las variables de estudio. Sin embargo para tomates de pequeño calibre, no se han definido las normas de clasificación en cuanto al tamaño y peso medio para fines de comercialización. Sin embargo, existen dos normativas internacionales que clasifican este tipo de tomate, CODEX (2006) y UNECE (2012). El Codex define como un requisito el tamaño mínimo de 15 mm de diámetro para los tomates Cereza y Cóctel, y no se puede encontrar más de 10% de los frutos con tamaño 5 mm mayor o menor que la clase definida. En el presente trabajo se encontró que la cepa *Bacillus sonorensis* también tuvo efectos destacables en cuanto al factor de calidad, siendo que se obtuvo la mayoría de los frutos en buena calidad, coincidiendo con Sarabia *et al.*, 2010, el efecto positivo en la calidad se derivó principalmente a los mecanismos de

acción de la sepa en las raíces de la planta de tomate, manifestándose así una planta sana y vigorosa que es vector fundamental para una buena calidad de sus frutos.



**Figura 3. Análisis de sólidos solubles (°Bx) en el cultivo de tomate grape con 2 sepas de *Bacillus* y un testigo en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera. FAZ-UJED., 2018.**

En el trabajo realizado se obtuvo como un resultado final en la variable de sólidos solubles (°Bx) que la sepa de *Bacillus sonorensis* tuvo un efecto al incrementar la cantidad de sólidos solubles en frutos de tomate grape en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera.

### CONCLUSIONES

Partiendo del desarrollo de tecnología que contribuye a minimizar los costos de producción, la contaminación ambiental y el deterioro de los suelos, los biofertilizantes son una buena alternativa para fundamentar una forma de manejo que se enfoque en la producción agrícola responsable con el medio ambiente. Dadas las observaciones, biofertilizantes a partir de sepas bacterianas del género *Bacillus* que han sido probadas en campo son una fuente tentativa para integrarse a un manejo enfocado en disminuir las dosis de fertilizantes o bien como factor benéfico para el cultivo de tomate. Puesto que la sepa bacteriana de *Bacillus sonorensis* tuvo efectos positivos en la calidad del tomate, se puede recomendar su uso y aplicación con el fin de mejorar la calidad de los frutos del tomate grape en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Assainar, S., Abbott, L., Mickan, B., Whiteley, A., Siddique, K., & Solaiman, Z. (13 de Noviembre de 2018). Response of weath to a multiple species microbial inoculant compared to fertilizer application. *Frontiers in plant Science*, 9, 1-10.
- Bach Alvares, T., & Diaz, M. (2008). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la agricultura. *Agricultura organica*, 35-38.
- Canchignia Martínez, H., Cruz Rosero, N., Barrera Álvarez, A., Morante Carriel, J., Cachignia Malagón, G., & Peñafiel Jaramillo, M. (2015). Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y menátodos-plagas. *Ciencias agrarias*, 25-35.
- Corrales Ramirez, L., Caycedo Lozano, L., Gómez Méndez, M., Ramos Rojas, S., & Rodriguez Torres, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 45-65.
- Hernandez Rodriguez, A., Heydrich Pérez, M., Velazquez del Valle, M., & Hernández Lauzardo, A. (2006). Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1), 42-49.
- Higa, T., & Parr, J. (2006). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sustentable. Beltsville, Maryland, Estados Unidos: FUNDASES.
- Perin, L., Nogueira Peil, R., Hönh, D., Kletke De Oliveira, F., Anibele Streck, E., Radke Wieth, A., y otros. (Enero de 2018). Clasificación de frutos de tomates Cereza y Grape bajo diferentes sistemas de cultivo e intensidades de deshojado. *IDESIA (Chile)*, 36(1), 7-15.
- Sarabia Ochoa, M., Madrigal Pedraza, R., Martínez Trujillo, M., & Carreón Abud, Y. (Julio de 2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 12(1), 65-71.
- SIAP - SAGARPA. 2018. Atlas agroalimentario 2012 - 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Primera edición.
- SIAP. 2019. Resumen nacional por estado año agrícola en la modalidad de riego. En línea, disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) [citado el 23 de julio de 2019]

## BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE GRAPE (*Solanum lycopersicum*, var. Sweet heart).

Luis Gerardo Espinoza Barajas<sup>1</sup>, Cirilo Vázquez Vázquez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Gallegos<sup>1</sup>  
Robles, Manuel Fortis Hernandez<sup>2</sup>, Jorge Sáenz Mata<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>FAZ-UJED. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México.

<sup>2</sup>ITT. Torreón - San Pedro De las Colonias KM 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah.

<sup>3</sup>FCB-UJED. Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo. México.  
Email: [lgeb-fazujed1993@outlook.es](mailto:lgeb-fazujed1993@outlook.es)

### INTRODUCCION

En nuestro país, el tomate es una de las hortalizas más importantes y es muy usado en la gastronomía. Cabe destacar que en México se cubre el 100% de la demanda del consumo de sus habitantes y que mucho del tomate que se produce en nuestro país tiene como principal destino la exportación (SIAP, 2019), siendo Estados Unidos el principal destino, con un 47.95% de las exportaciones, generando así una derrama económica de 4.2 millones de dólares a nuestro país. Según cifras de SIAP, (2019) nuestro país produjo 3,151,488 toneladas de esta hortaliza el año 2018, con una superficie de 42,185 ha.

Sin embargo, para lograr la producción de tomate se hace un uso elevado de los fertilizantes, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. Además del nitrógeno, el fosforo es un elemento importante para las plantas debido a que forma parte del ADN, ARN, ATP y de los fosfolípidos que revisten las membranas celulares, además es importante para la fotosíntesis. Sin embargo, es un recurso finito debido que tiene una baja movilidad en el suelo y es poco reciclado (Sattari *et al.*, 2016). Se han realizado algunos cálculos sobre el uso del fósforo en la actualidad y se ha concluido que si seguimos utilizando el fósforo en grandes cantidades, y no hacemos reciclaje de nutrientes, las reservas de fósforo se verán muy afectadas en menos de 100 años (Carpenter *et al.*, 2011). Afortunadamente, se ha demostrado que algunos microorganismos como las bacterias del género *Bacillus* tienen la habilidad de solubilizar el fósforo en el suelo (Corrales *et al.*, 2014; Kwando *et al.*, 2018), lo cual puede ayudar a disminuir el uso excesivo de fósforo, reducir costos al productor, además de brindar protección a los cultivos.

Por esta razón en esta investigación se tuvo como objetivo evaluar dos cepas del género *Bacillus* sobre la producción de tomate grape con diferentes dosis de fósforo en condiciones de malla sombra.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una malla sombra ubicada en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), en las coordenadas: 25° 47' 9.6'' latitud norte y 103° 21' 2.25'' longitud oeste, a una altura de 1110 metros sobre el nivel del mar. Se usó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial y se usaron cuatro repeticiones con dos plantas por repetición. Los niveles de fósforo fueron 0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. ha<sup>-1</sup> 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup> y 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos fueron las cepas *Bacillus subtilis*, *Bacillus sonorensis* y un testigo sin inoculación.

Los tratamientos y los niveles quedaron de la siguiente manera:

*Bacillus subtilis* + 0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Bacillus sonorensis* + 0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Testigo + 0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Bacillus subtilis* + 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Bacillus sonorensis* + 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Testigo + 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Bacillus subtilis* + 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Bacillus sonorensis* + 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Testigo + 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Las variables evaluadas fueron:

- Rendimiento (Kg.ha<sup>-1</sup>)
- Calidad (1°, 2°, rezaga)
- °Brix (sólidos solubles)
- Fósforo en planta (%)
- Fósforo en suelo (ppm)

El día 6 de marzo, se llevó a cabo la siembra, para la cual se utilizó el híbrido Sweet heart® previamente inoculado por emersión en una solución con bacterias promotoras de crecimiento (algunos tratamientos con *Bacillus subtilis*, otros con *Bacillus sonorensis*), en una concentración de 1 x 10<sup>-8</sup> UFC. Algunas semillas quedaron sin inoculación para ser utilizadas como tratamientos testigo. La siembra se realizó en charolas de 200 cavidades de unicel, peat moss de la marca KEKKILÄ® Professional con un pH de 5.5 y una C.E. de

2.4 dS.m<sup>-1</sup>. Además, el peat moss contenía nutrientes en las dosis 14-16-18 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O. Se utilizó vermiculita para cubrir la semilla al momento de la siembra. El trasplante se realizó el día el día 16 de abril de 2018, justo a los 40 días y no a los 30 días como se tenía planeado, debido que a algunas fallas en el suministro de agua.

La fertilización fue de acuerdo al diseño experimental. Se usaron tres dosis 0 kg, 90 kg y 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 4 repeticiones cada una, usando como fuente de fertilización MAP (11-52-00). Con lo anterior, se aplicó una dosis de 38.5 kg de nitrógeno en la dosis más alta (180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) producto de la composición del MAP, por lo que en las dosis más bajas se aplicó sulfato de amonio para llegar a la dosis 35.5 kg de N y ser uniforme en todas unidades experimentales. Se disminuyó la dosis de fertilización de nitrógeno y sin aplicación de potasio para no alterar demasiado las condiciones microbiológicas del suelo y así disminuir al mínimo la variación del experimento (Vessey, 2003). El sistema de riego utilizado fue la cintilla y el control de plagas fue químico, dirigido a mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) en las primeras dos semanas del cultivo. Se usó una dosis de 0.5 L por ha de Muralla Max Bayer® (imidacloprid), y como método de prevención, dos semanas después se liberaron 100 chinches pirata (*Orius insidiosus* y *Orius tristicolor*). Los días subsiguientes se comenzó con la aplicación de extracto de ajo y extracto de neem a una dosis de un litro por ha, en un intervalo de cinco días, durante un periodo de 4 semanas. Para los muestreos, se marcaron las plantas y se les dio seguimiento a lo largo del ciclo. Se realizaron un total de 9 muestreos con un intervalo de 7 días. Los frutos fueron separados por calidad y al final obtuvo un rendimiento acumulado. La calidad se registró en base a los parámetros estudiados por Perin *et al.*, (2018) quienes establecen que el tomate grape deben estar entre 3 y 13 g, sin ninguna clase de daño y/o deformación; frutos de menor (<3 g) calibre son enviados a desecho y frutos de mayor calibre (>13 g) se catalogan como de segunda calidad, o bien se puede optar por hacer una nueva categoría denominada “gigante”, dependiendo del mercado. Al término del ciclo de cultivo, la totalidad de la planta fue recolectada, secada y molida para su posterior análisis en INIFAP – CENID RASPA. Los datos fueron analizados con el software GraphPad Prism 7®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos fueron analizados y comparados con una prueba de medias (Tukey), para saber cuál de ellos era el más destacado. En rendimiento, se observó que se observa que el testigo con la dosis 180 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo fue estadísticamente igual que las dosis 90 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo en adición de las bacterias *Bacillus sonorensis* y *Bacillus subtilis* con una probabilidad < 0.01 (cuadro 1). Cabe destacar que *Bacillus subtilis*, sin adición de

fertilizante tuvo un mejor rendimiento en  $\text{kg.m}^{-2}$  con respecto de testigo más 90 kg de fósforo, lo cual lo hace un candidato ideal para la producción de tomate, porque además de incrementar el rendimiento, se obtiene una protección de las plantas contra algunos patógenos y se minimiza la aplicación de fósforo al cultivo. También se destaca que la cepa *B. sonorensis* incremento el rendimiento en la ausencia de fósforo, aunque solo con respecto al testigo sin adición de fósforo ( $p < 0.01$ ). Esto coincide con los resultados obtenidos por Thilagar *et al.*, (2016), los cuales evaluaron el rendimiento de diversas cepas bacterianas, entre ellas *Bacillus sonorensis*, y encontraron que estas incrementan el rendimiento el cultivo de chile (*Capsicum annuum*; L). En calidad, solo se encontraron diferencias en los tratamientos sin adición de fósforo. Cabe destacar que el tratamiento *Bacillus subtilis* sin aplicación de fósforo mostró una calidad similar a los demás tratamientos donde la dosis fue mayor (90 y 180 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). En la calidad segunda, se puede ver que el tratamiento de *Bacillus sonorensis* 90 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  fue el que presentó menor cantidad de frutos en esa categoría. En los datos de calidad rezaga, no se encontró diferencia estadística. Los grados brix, son un factor muy importante para la calidad de este tipo de tomate, por esa razón está considerado como uno de los componentes importantes de calidad. En el análisis de sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), se encontró que los tratamientos donde se aplicaron 180 y 90 kg de fósforo por ha se comportaron estadísticamente igual. El valor más bajo se observó en tratamiento testigo sin la adición de fósforo. Además, cabe destacar que los tratamientos donde se inoculó con bacterias presentaron una mejor cantidad.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables de rendimiento de cultivo, calidad y grados brix de los frutos de tomate grape (*Solanum lycopersicum*, var. Sweet hart) en condiciones de malla sombra en presencia de las diferentes cepas bacterianas y dosis de fósforo. FAZ-UJED, Venecia, Dgo., 2018.

Fuente de variación	Rendimiento ( $\text{Kg.m}^{-2}$ )	Calidad (%)			$^{\circ}$ Brix
		1 $^{\circ}$	2 $^{\circ}$	Rezaga	
<i>B. subtilis</i> + 180 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	2.6332 a	79.5 a	18.75 b	1.75 a	8.47 a
<i>B. sonorensis</i> + 180 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	2.5347 a	78.25 a	20.00 a	1.75 a	8.39 a
Testigo + 180kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	2.2295 ab	75.25 a	23.00 a	1.75 a	7.87 a
<i>B. subtilis</i> + 90 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	2.0612 b	74.50 b	23.00 a	2.50 a	8.13 a
<i>B. sonorensis</i> + 90 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	2.0166 b	84.00 a	13.75 b	2.25 a	8.16 a
Testigo + 90 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	1.8441 b	81.25 a	17.00 b	1.75 a	7.39 b
<i>B. subtilis</i> + 0 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	1.8415 b	69.50 b	28.75 a	1.75 a	7.71 b
<i>B. sonorensis</i> + 0 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	1.7768 b	78.00 a	19.75 ab	2.25 a	7.62 b
Testigo + 0 kg de $\text{P}_2\text{O}_5$	1.4702 c	70.75 b	26.50 a	2.75 a	6.61 c

Medias estadísticamente iguales

El fosforo en el suelo presentó diferencias estadísticas altamente significativas, siendo los tratamientos con la dosis 180 kg (P) los más altos, sin embargo, cabe mencionar que los tratamientos bacterianos también incrementaron el fósforo con respecto al testigo, pero este valor no fue significativo (cuadro 2). Los análisis de planta siguieron un patrón muy similar a los análisis de suelo, aunque cabe mencionar que los tratamientos donde no se aplicó fósforo presentaron porcentajes bajos. Las cepas bacterianas no mostraron algo de

mejoría con respecto al testigo en las dosis elevadas. Esto coincide con lo mencionado por Corrales *et al.*, (2014), quienes mencionan al género *Bacillus* como un candidato con gran potencial para la solubilización de fosfatos.

Cuadro 2. Comparación de medias de fósforo en planta y dos profundidades de suelo en el cultivo de tomate grape (*Solanum lycopersicum*, var. Sweet heart) en condiciones de malla sombra en presencia de las diferentes cepas bacterianas y dosis de fósforo. FAZ-UJED, Venecia, Dgo., 2018.

Fuente de variación	Fósforo en planta (%)	Fósforo en el suelo (ppm)	
		0-15 cm	15-30 cm
<i>B. subtilis</i> + 180 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5264 a	17.78 a	12.81 a
<i>B. sonorensis</i> + 180 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5369 a	18.23 a	13.5 a
Testigo + 180 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5005 ab	14.21 a	12.50 a
<i>B. subtilis</i> + 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.4238 b	14.01 b	10.55 ab
<i>B. sonorensis</i> + 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.4271 b	14.26 a	9.61 ab
Testigo + 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.3954 b	7.60 b	7.97 b
<i>B. subtilis</i> + 0 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2051 c	8.42 b	6.90 b
<i>B. sonorensis</i> + 0 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2196 c	9.69 b	7.31 b
Testigo + 0 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2096 c	6.57 b	5.45 b

Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales.

## CONCLUSIONES

En la actualidad, necesitamos buscar alternativas más ecológicas para reducir la aplicación de nutrientes al suelo o bien para fomentar el reciclaje. Si bien, aun estamos en una etapa temprana en el estudio de los microorganismos, muchas de nuestras contribuciones pueden ser llevadas a campo y ser evaluadas. Este estudio mostró que la fertilización con dosis elevadas de fósforo no necesariamente incrementa significativamente el rendimiento y la calidad, por lo que al aplicar un exceso, estamos derrochando recurso. En cuanto a rendimiento, se vio que las bacterias presentaron el mismo rendimiento en las dosis 0 y 90 kg, lo cual es debido a que en el suelo existe una cantidad de fósforo que pudo ser utilizada por la planta, pero sin embargo, esto no ocurrió con el testigo, por lo que se concluye que las bacterias deben ser estudiadas con diferentes dosis de fósforo además de evaluar otras variables como la incidencia de enfermedades, esto con la finalidad de comprobar el doble beneficio de los microorganismos y llevarlos a complementar la agricultura actual.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Sattari, S. Z., Bouwman, A. F., Martinez, R. R., Beusen, A. H. W. & van Ittersum, M. K. 2016. Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands. *Nature Communications* volume 7: 10696. DOI: 10.1038/ncomms10696
- SIAP. 2019. Resumen nacional por estado año agrícola en la modalidad de riego. En línea, disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx> [citado el 15 de julio de 2019]
- Carpenter, S. R. & Elena, M. B. 2011. Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environ. Res. Lett.* 6, 014009.
- Corrales, R. L. Arévalo, G. Y. Z., Moreno, B. V. E. 2014. Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *NOVA-Publicación Científica en Ciencias Biomédicas.* 12 (21): 68-79 pp. ISSN: 1794-2470.
- Kwadwo, M. I., Dapaah, K. H., Geistlinger, J., Ludewig, U. and Neumann, G. 2018. Soil Type-Dependent Interactions of P-Solubilizing Microorganisms with Organic and Inorganic Fertilizers Mediate Plant Growth Promotion in Tomato. *MDPI Agronomy*, 8(10), 3-17 pp. doi: 10.3390/agronomy8100213.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571–586.
- Perin, L. Roberta, M. N. P., Daniela H., Fabiane, K. de O., Eduardo A. S., Albertina, R. W. Thiago F. da L., y Paulo R. C. 2018. Clasificación de frutos de tomates Cereza y Grape bajo diferentes sistemas de cultivo e intensidades de deshojado Cherry. *IDESIA*, vol. 36 (1) pp. 7-15.
- Thilagar, G., Bagyaraj D. J., Podile, A. R., Vaikuntupu, P. R. 2016. *Bacillus sonorensis*, a novel Plant Growth Promoting Rhizobacterium in improving growth, nutrition and yield of chilly (*Capsicum annuum* L.). *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.* 6 p.

## PROYECTO DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS EN LA COMARCA LAGUNERA

**Adriana Monserrat Fabela-Hernández<sup>1</sup>, José de Jesús Espinoza-Arellano<sup>2</sup>, Víctor Manuel Molina-Morejón<sup>2</sup> y Liliana Angélica Guerrero-Ramos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Doctorante, Programa en Administración y Alta Dirección, Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Apdo. Postal # 247, Torreón, Coah., México. Tel. (871) 712 8044. E-mail: [adriana\\_fabela@hotmail.com](mailto:adriana_fabela@hotmail.com)

<sup>2</sup> Catedrático Investigador de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Apdo. Postal # 247, Torreón, Coah.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en el año 2000 se adoptaron 17 Objetivos de desarrollo del milenio; los cuáles giraban en torno a reducir la pobreza a nivel mundial. Cinco de estos objetivos están relacionados con el tema de sistema alimentario sostenible; Objetivo 1: Fin de la pobreza; Objetivo 2: Hambre cero; Objetivo 12: Producción y consumo responsable; Objetivo 13: Acción por el clima; y Objetivo 14: Vida submarina. El objetivo 12 se refiere a la producción y consumo responsable, de este se desprende el **objetivo 12.3**, el cual hace énfasis en el tema de pérdidas y desperdicio de alimentos, el cual expone que para el año 2030 se pretende reducir las pérdidas de alimentos en las diversas etapas de la cadena de suministro. (FAO, 2016).

Las pérdidas de alimentos se dan como resultado de limitaciones los procesos de producción, en la infraestructura, almacenamiento, empaque y comercialización; por el contrario, el desperdicio de alimentos se presenta en la etapa de consumo (Sagar, Pareek, Sharma, Yahia, & Lobo, 2018).

A nivel mundial las pérdidas y desperdicios de alimentos equivalen a 1,300 millones de toneladas de alimentos; en lo que respecta a América Latina las pérdidas y desperdicios son de 127 millones de toneladas al año (FAO, 2016b). De acuerdo con información de la European Commission (2014) se pierde una gran cantidad de alimentos a lo largo de la cadena de valor, debido a que el sistema alimentario es sumamente ineficiente. Las pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina es del 20 por ciento en carnes, productos lácteos, oleaginosas y legumbres; mientras que los cereales se desperdician en un 25 por ciento; los pescados y mariscos en un 33 por ciento y las frutas y hortalizas alcanzan el alarmante 55 por ciento (FAO, 2016)

Según información de la FAO (2012) las pérdidas per cápita de alimentos en países de ingresos altos son de 280 a 300 kg/año, mientras que en países de ingresos bajos las

pérdidas se estiman entre 120 a 170 kg/año. La producción per cápita total de partes comestibles de alimentos para el consumo humano es, en países de altos ingresos, de aproximadamente 900 kg/año, mientras que en los países de bajos ingresos es de 460 kg/año. El objetivo de este trabajo fue reportar los avances del proyecto de pérdidas y desperdicios de alimentos en la Comarca Lagunera.

## **METODOLOGÍA**

La primera parte de este trabajo tuvo como objetivo la búsqueda en la Literatura técnica y científica de los métodos más reconocidos y utilizados a nivel mundial para la medición de las pérdidas y desperdicios de alimentos. Destacan documentos de la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). También se elaboró, de manera participativa, con los integrantes del proyecto, un esquema de marco lógico.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se encontraron diversas metodologías para cuantificar las pérdidas y desperdicios de alimentos, las cuales fueron desarrolladas por el World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales), las cuales se mencionan a continuación (FAO, 2017):

- Método de pesaje directo, se utiliza un dispositivo de pesaje para cuantificar masa desaprovechada de alimentos.
- Método de conteo, evalúa el número de elementos que componen las pérdidas y desperdicios de alimentos y se usan los resultados para determinar el peso.
- Método de evaluación por volumen, se utilizan dispositivos en combinación con desplazamiento de agua o evaluación visual.
- Método de análisis de composición de residuos, consiste en la separación física, pesaje y categorización de las pérdidas y desperdicios de alimentos.
- Método de archivos, consiste en un análisis frecuente de archivos, como residuos de transferencia de residuos, para cuantificar los alimentos desaprovechados.
- Método de diarios, se emplea el uso de dispositivo de pesaje para cuantificar masa desaprovechada de alimentos.
- Método de encuestas, se recopila información sobre las cantidades de pérdidas y desperdicios de alimentos.

- Método de balance de masa, mide de las entradas y salidas en las distintas etapas de la cadena de suministro de alimentos.
- Método de modelado, se hace uso de terminología y un enfoque matemático para estimar las pérdidas y desperdicios de alimentos, con base en la interacción de múltiples factores.
- Método de datos proxy, se pueden incluir datos que tengan mayor antigüedad respecto al alcance temporal del inventario, que provengan de una zona geográfica diferente, o que se extraigan de un sector distinto al definido.

La metodología o metodologías para utilizar dependerán del sector alimenticio que se quiera evaluar, de igual manera se deben tomar en cuenta el presupuesto con el que se dispone, el grado de exactitud que se desea, la información requerida, etc. (FAO, 2017).

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará el método de encuestas, las cuales se aplicarán a los productores, transportistas y comerciantes en centrales de abastos. Respecto al área geográfica de aplicación del instrumento, esta comprende los municipios de Viesca, Matamoros y San Pedro. Los cultivos de los cuales se evaluarán las pérdidas son el melón y la sandía. Se aplicarán encuestas para el ciclo agrícola de primavera-verano y de otoño-invierno.

Como primer resultado de los avances de este proyecto se elaboró un árbol de problemas de pérdidas y desperdicios a manera de tener un panorama general de este problema, en lo que respecta a las causas y los efectos del mismo.



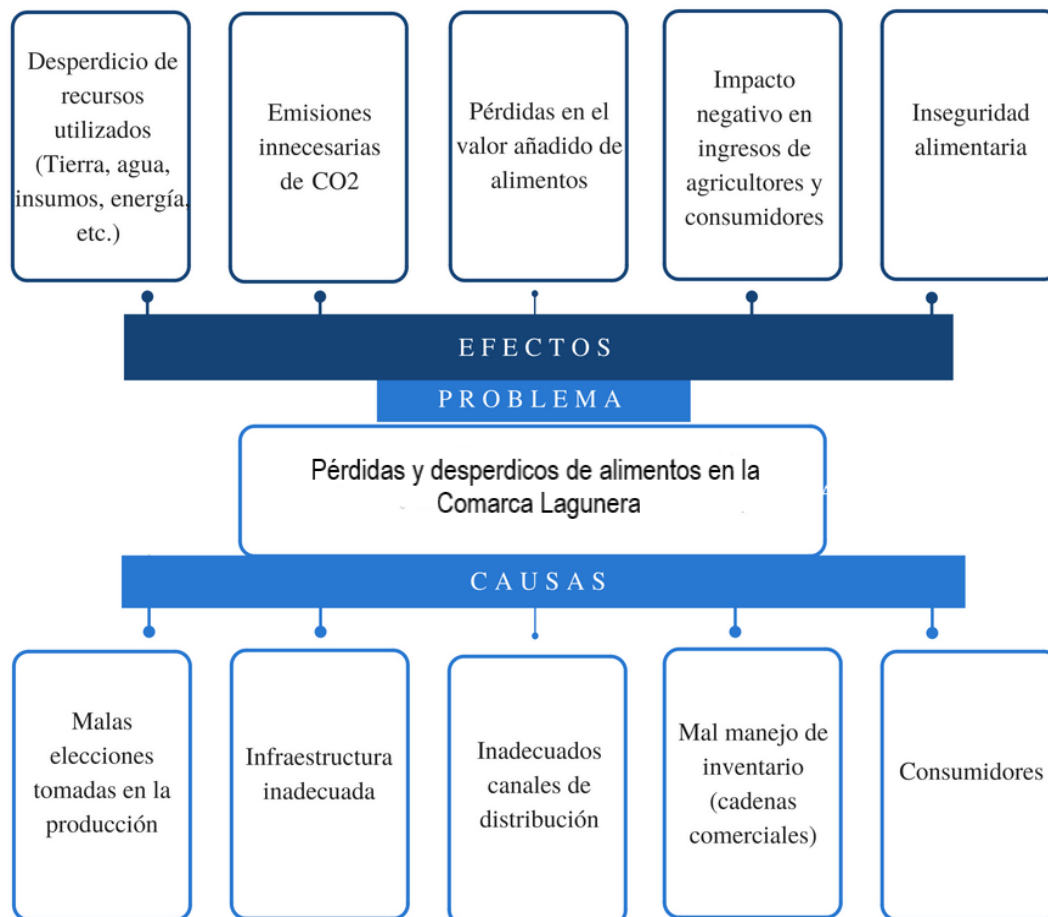


Figura 1. Árbol de problemas de pérdidas y desperdicios de alimentos

Fuente: Elaboración propia grupo de trabajo del proyecto e información de la FAO (2012).

Como se muestra en la Figura 1 las pérdidas y desperdicios de alimentos son originadas por diversos factores como: malas elecciones en la producción de cultivos, inadecuada infraestructura, mal manejo de inventarios por parte de las cadenas comerciales, entre otros; mientras que los desperdicios son causados principalmente por los consumidores. Todos estos factores traen consigo problemas económicos, sociales y ecológicos; tales como: emisiones innecesarias de CO<sub>2</sub>, pérdida de valor añadido de alimentos, desperdicio de recursos naturales por alimentos que no se consumen, impacto en los ingresos de productores y consumidores, inseguridad alimentaria, etc. (FAO, 2012).

## CONCLUSIONES

Es importante cuantificar las pérdidas y desperdicios de alimentos para lo cual hay diversas metodologías para determinar a cuánto ascienden; para la Laguna se han seleccionado los casos de estudio de los cultivos del melón y la sandía. La cuantificación de las pérdidas y desperdicios debe ser acompañada de la identificación de las causas que originan dichas pérdidas y desperdicios, ya que conociendo el origen se pueden establecer estrategias que minimicen la cantidad de alimentos que se pierden y desperdician. Se estima que las pérdidas de alimentos en la Laguna se darán en mayor frecuencia durante las primeras etapas de la cadena de suministros, ya que existen carencias en la infraestructura y son pocos los vehículos que cuentan con sistemas de refrigeración para la preservación óptima del melón y la sandía. Durante lo que resta del 2019 y 2020 se estará realizando el trabajo de campo de este proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

- European Commission. (2014). Executive summary of the impact assessment accompanying the document Impact assessment on measures addressing food waste to complete swd (2014) 207 regarding the review of EU waste management targets, 1–11. Retrieved from [http://ec.europa.eu/environment/archives/eusss/pdf/IA\\_Summary.PDF](http://ec.europa.eu/environment/archives/eusss/pdf/IA_Summary.PDF)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Roma. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.562>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Boletín 3. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO)*, 1–23. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5504s.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América latina y el Caribe, 44.
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512–531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>

## INCIDENCIA DE *Puccinia triticina* Y *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* EN VARIETADES COMERCIALES DE TRIGO EN EL NORTE DE SINALOA EN EL CICLO O-I/2018-19

Elizabeth García León<sup>1</sup>, María Florencia Rodríguez García<sup>2</sup>, Jaime Macías Cervantes<sup>1</sup>, Genny Llaven Valencia<sup>1</sup> y Javier Valenzuela Valenzuela<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa. <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP, Texcoco, Edo. de México. <sup>3</sup>Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo, Ahome, Sinaloa. \*garcia.elizabeth@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

La zona triguera del Norte de Sinaloa comprende los Municipios de Guasave, Sinaloa de Leyva, Ahome, Angostura y El Fuerte. El municipio de Ahome concentra más del 80 % de la producción total del estado, destacando el Valle del Carrizo como la principal área triguera con 33, 350 hectáreas sembradas en el ciclo O-I/2018-19 (CESAVESIN, 2018). El trigo al igual que los otros cereales está expuesto a un gran número de enfermedades causadas por diferentes patógenos, en su gran mayoría por hongos y dentro de esta clasificación destacan las royas, las roñas, los carbonos, los tizones y pudriciones de la espiga (Zillinsky, 1984).

Los hongos del género *Puccinia* son patógenos ampliamente diseminados y destructivos, tienen un mecanismo eficiente de dispersión aérea a grandes distancias, gran habilidad para mutar (Rajaram y Campos, 1974) y multiplicarse rápidamente (Singh *et al.*, 2001), en relación a otros patógenos causantes de royas. Una infección severa puede detener el desarrollo normal de la planta, al reducir la superficie fotosintética. Los daños pueden causar pérdidas hasta de un 84 % del rendimiento ya que infecciones tempranas provocan una disminución significativa en el número de granos por espiga, el peso hectolítrico y la calidad del grano (Huerta-Espino *et al.*, 2011; Delgado *et al.*, 2016). La disminución en el rendimiento de grano se relaciona proporcionalmente con la severidad de esta enfermedad en la hoja bandera (Seck *et al.*, 1985), en donde es común hacer una sola observación para estimar la severidad de la enfermedad (Marasas, 2004).

*Puccinia triticina* es una enfermedad conocida como roya de la hoja, y en México se han usado fuentes de resistencia específica para desarrollar variedades resistentes con resistencia hacia ésta enfermedad pero tales variedades permanecen en explotación comercial extensiva sólo 3 a 5 años, ya que el hongo desarrolla nuevas formas de virulencia. (CIMMYT, 1977). Las razas fisiológicas se encuentran distribuidas en forma

aleatoria en las zonas productoras de trigo, han evolucionado y cambiado de acuerdo a las variedades cultivadas en cada región y de acuerdo a los genes de resistencia que poseen las variedades sembradas (Villaseñor y Espitia, 2000). Ante dicha problemática, es necesario evaluar continuamente el material disponible para siembra orientada al desarrollo de variedades con resistencia, para utilizar la resistencia genética como la alternativa de manejo más sustentable.

La roya lineal amarilla es actualmente la enfermedad más devastadora del trigo en México, los signos de la enfermedad se observan como pústulas pequeñas de color amarillo brillante dispuestas sobre la lámina foliar casi asemejando estrías a lo largo de las nervaduras (Figura 2). Se han reportado más de 39 razas fisiológicas de roya amarilla en México, y durante el ciclo PV-2014, 10 razas nuevas fueron identificadas que vencieron la resistencia de variedades importantes en las regiones productoras del centro del país. Durante el ciclo O-I/2018-19 en el Valle del Carrizo se identificaron focos de infección de roya lineal en algunos lotes establecidos en fechas de siembra de octubre-noviembre, y se incrementó su incidencia en fechas tardías de diciembre-enero. El uso de fungicidas fue la medida para minimizar las pérdidas, pero elevó los costos de producción en un 20%. En el ciclo O-I/2018-19 en Sinaloa se sembraron las variedades de trigo harinero Borlaug 100 F2014, Norman F2008, Onavas F2009, Villa Juárez F2009, Conatrigo F2015, Noreste F2018 y de trigo cristalino Cirno C2008, Conasist C2015 y Quetchehueca ORO C2013. Por lo anterior se planteó el objetivo de evaluar la severidad de las principales royas que inciden en las variedades comerciales de trigo harinero y cristalino y ser capaz de recomendar variedades aptas para su siembra en los municipios trigueros del Norte de Sinaloa.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron evaluaciones en planta adulta en 35 lotes comerciales y parcelas experimentales de la región del Valle del Carrizo y Valle del Fuerte en el Municipio de Ahome, Sinaloa, en las cuales se evaluó la severidad en campo de *P. triticina* y *P. striiformis* sp. *tritici* con la escala modificada de Cobb que va del 0 al 100% (Roelfs *et al.*, 1992), la cual evalúa el porcentaje de infección en la hoja bandera, con base en el área de la hoja invadida por el hongo. La infección fue natural, para conocer la incidencia de roya amarilla y roya de la hoja en los campos agrícolas de trigo del Norte de Sinaloa. El experimento se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2018-2019, se realizaron dos

evaluaciones, a partir de los 35 días después de la siembra y en la etapa fenológica de floración.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De los lotes evaluados, se encontró el cultivo en etapa de embuche y espigamiento, y solo 13 parcelas fueron positivas a algún tipo de enfermedad o la combinación de dos o más, las cuales fueron principalmente roya de la hoja y roya lineal amarilla, no obstante en algunos lotes comerciales detectamos alta incidencia de mancha borrosa causada por *Bipolaris sorokiniana*.

Los datos por variedad, en la localidad del Valle del Carrizo (Figura 1), mostraron que en las variedades Onavas F2009, Norman F2008 y Cirno C2008 se observaron niveles de severidad del 30% de roya de la hoja, lo cual coincide con lo reportado por Pérez-López et al. (2017), que reporta a la variedad Cirno C2018 como susceptible a roya de la hoja debido a una nueva raza. Las variedades Onavas F2009 y Norman F2008 son variedades que han perdido su resistencia a la mayoría de las razas de roya de la hoja y roya amarilla, en la actualidad no se recomienda su siembra debido a que se tendrían que hacer mínimo dos aplicaciones en el ciclo del cultivo por su susceptibilidad.

Para el caso de la severidad de las enfermedades en variedades en el Valle del Fuerte (Figura 2), se observó incidencia de roya lineal amarilla en la etapa de floración y de roya de la hoja en etapa de embuche-espigamiento, debido a que las condiciones climatológicas son más cálidas que en el Valle del Carrizo, las royas incidieron de forma tardía. Las variedades de trigo harinero Kronstad F2004 y Tacupeto F2001 registraron niveles de severidad del 20% de roya lineal amarilla, lo cual según los estudios de Huerta-Espino et al. (2013) son variedades susceptibles a éste patógeno.

Dentro del monitoreo y evaluación de enfermedades, además de las royas evaluamos la presencia de mancha borrosa en lotes comerciales y experimentales, ya que a partir del ciclo otoño-invierno 2014-2015, cuando se reportó su alta incidencia en variedades en Sonora, se ha presentado en alta incidencia en el Norte de Sinaloa, en donde se observó en las variedades de trigo harinero Roelfs F2007 con una severidad del 5%, Onavas F2009 y Conatrigo F2015 del 10%, mientras que dos variedades de trigo cristalino Conasist C2015 y Barobampo C2015 alcanzaron niveles de severidad del 2% de mancha borrosa en campo.

Las variedades Bacorehuis F2015 y Noreste F2018 registraron severidad de mancha borrosa del 30 y 40 % respectivamente en parcelas experimentales y comerciales del Valle del Fuerte.

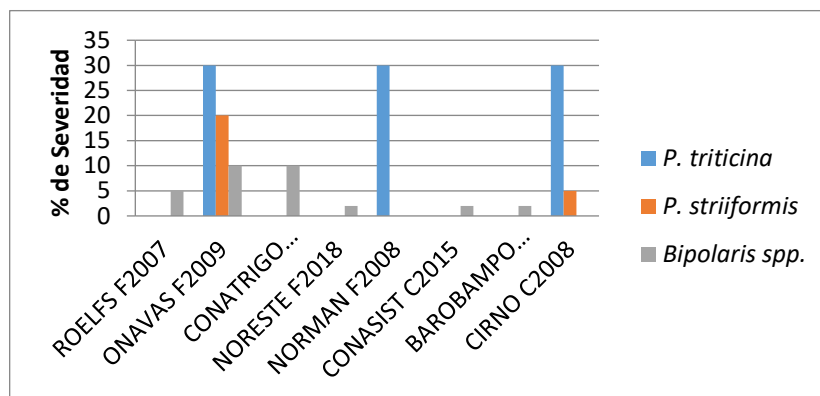


Figura 1. Severidad en (%) de las enfermedades monitoreadas en variedades comerciales en el Valle del Carrizo, Sinaloa, ciclo O-I/2018-2019.

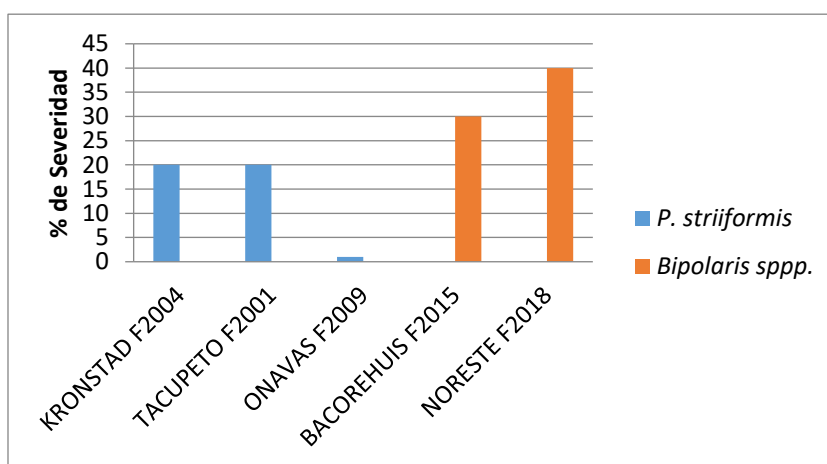


Figura 2. Severidad en (%) de las enfermedades monitoreadas en variedades comerciales en el Valle del Fuerte, Sinaloa, ciclo O-I/2018-2019.

### CONCLUSIONES

Las mayorías de las variedades comerciales sembradas en el Norte de Sinaloa son moderadamente susceptibles o susceptibles a la mayoría de las razas de roya de la hoja y roya amarilla, y moderadamente susceptibles a mancha borrosa, sin embargo, el productor las continúa sembrando debido al desconocimiento de las características de los genotipos. Por ello es importante monitorear cada ciclo la incidencia de enfermedades y severidad de éstas, además de coleccionar, y caracterizar las razas fisiológicas de royas,

asimismo evaluar en más sitios las variedades comerciales por su resistencia, para identificar las más adecuadas para siembra en el Valle del Fuerte y Valle del Carrizo, donde se concentra más del 50 % de la producción en el estado.

## BIBLIOGRAFIA

- CESAVESIN. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa. 2019. Consultado en línea: <http://www.cesavesin.org.mx/cms/>
- CIMMYT. 1977. Pathology. In: CIMMYT report of wheat improvement 1977. México, Annual report. pp: 51
- Delgado, S. L. M., J. Huerta-Espino E. M.C. López P., I. Benítez R., y E. Hernández M., 2016. Genética de la Resistencia a *Puccinia Triticina* Eriks. en Trigos Cristalinos Invernales. Rev. Fitotec. Mex. 39 (2): 133 -139.
- Huerta-Espino, J., R.P. Singh, S. German, B.D. McCallum, R.F. Park, W.Q. Chen, S.C. Bhardwaj, and H. Goyeau, 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica* 179:143-160
- Huerta-Espino, J.; Singh, R. P., and Roelfs, A. P. 2013. Rusts fungi of wheat. In: Misra, J. K.; Tewari, J. P.; Deshmukh, S. K., and Vágvölgyi, C. (Eds.). Fungi from different substrates. CRC Press, USA. Taylor & Francis Group. 350 p.
- Marasas C. N., M. Smale and R. P. Singh (2004) The Economic Impact in Developing Countries of Leaf Rust Resistance Breeding in CIMMYT-Related Spring Bread Wheat. Economics Program México, Paper 04-01. D.F., CIMMYT. 34 p.
- Pérez-López, J. B., E. García-León, H. E. Villaseñor-Mir, R. P. Singh y K. Ammar. 2017. Desarrollo de la epifitía de roya de la hoja causada por *Puccinia triticina* E. en la variedad de trigo cristalino Cirno C2008 durante el ciclo otoño-invierno 2016-2017 en el Bajo Río Mayo, Sonora. Memorias del XIX Congreso Internacional y XLIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Rajaram, S., and A. Campos. 1974. Epidemiology of wheat rust in the Western Hemisphere. CIMMYT. Res. Bull. 27: 1–27.
- Roelfs, A. P., P. R. Singh y E. E. Saari. 1992. Las royas del trigo. Conceptos y métodos para el manejo de estas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81p.
- Seck M., P. S. Teng and A. P. Roelfs (1985) The role of wheat leaves in grain yield and leaf rust losses. *Phytopathology* 75:1299.
- Singh, R. P., J. Huerta-Espino, y M. William. 2001. Resistencia durable a roya de la hoja y roya amarilla: genética y mejoramiento en el CIMMYT. In: Seminario Internacional: Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo. INIA CIMMYT. INIA La Estanzuela, Colonia Uruguay. pp: 80.
- Villa-Rodríguez, E. C. Lugo-Enríquez, S. de los Santos-Villalobos, F. I. Parra-Cota and P. Figueroa-López. 2016. First report of *Cochliobolus sativus* causing spot blotch on durum wheat (*Triticum durum*) in The Yaqui Valley, Mexico. *Plant disease*. 11 (10). P. 2329 <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0634-PDN>
- Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2000. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. Importancia del trigo In: Villaseñor, M. H. E.; y Espitia, R. E. 2000. El trigo de temporal en México. INIFAP-CIR-CENTRO. Libro técnico. Núm. 1. Pp. 85-98.
- Zillinsky, F.J. 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. México., D.F., México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 141p

## **PRONÓSTICO LOCAL DE HELADAS POR MEDIO DE LA MINERÍA DE DATOS**

**Luis. A. González Jasso\*, Noé Chávez Sánchez\*\*, Miguel A. González González\*, Mario P. Narváez Mendoza\***

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

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

### **INTRODUCCION**

Una helada es definida por la condición que existe cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de los cero grados centígrados. Las heladas pueden ser del tipo advectiva o por radiación una combinación de ambas (Verdes *et al.*, 2000). Una helada advectiva es aquella que se asocia con el paso de un frente frío, mientras que una helada por radiación es aquella en la que se enfrían las capas bajas de la atmósfera y existe un viento en calma que no permite que se mezcle con las capas superiores que son más cálidas. Cualquier tipo de helada que se trate puede representar graves consecuencias en la agricultura. La afectación que un cultivo tiene por causa de una helada depende de su etapa de desarrollo, siendo más afectados durante la floración y el llenado del fruto varios cultivos (Moller *et al.*, 2016). Solamente en el estado de Sonora, se perdieron más de 12 mil hectáreas de cultivos como maíz, papa, chile, frijol, entre otros, además de 19 mil hectáreas que quedaron parcialmente dañadas, con un total de 984 mdp en pérdidas (Notimex, 2019). Mediante la automatización de la recolección de información climática por medio de EMAs (Estación meteorológica automatizada), se pueden generar modelos que permitan predecir una helada con horas o días de antelación. Los datos de temperatura arrojados por las EMAs suelen no ser de mucha utilidad por sí solos (Mitra *et al.* 2002). Con el desarrollo de las tecnologías de información y de las tecnologías inteligentes, las habilidades de una máquina para lograr una mejor identificación también han mejorado (Wang, Qiu, Li, 2010). Mediante el uso de estas herramientas de minería de datos se espera lograr una identificación exitosa de posibles heladas en un corto lapso de tiempo, haciendo uso de las EMAs administradas por La Fundación Produce Chihuahua.



## **MATERIALES Y METODOS**

En la elaboración de este trabajo se utilizaron los datos de temperatura, radiación global y dirección y velocidad del viento de 6 EMAs ubicadas en el estado de Chihuahua. La Figura 1 y la Tabla 1 muestran la ubicación de las estaciones seleccionadas. Las estaciones seleccionadas se obtuvieron realizando un proceso de verificación de homogeneidad para evitar que tuvieran datos parecidos entre ellas y que por esta razón se obtuviera un sobre entrenamiento del modelo. Para establecer las características del modelo se usaron las variables de temperatura, radiación global, y dirección y velocidad del viento. Los datos de temperatura fueron promediados por hora durante 24 horas, empezando desde las 6 p.m. hasta las 6 p.m. del día siguiente. Para los datos de radiación, se tomó una lectura cada dos horas desde las 12 p.m. hasta las 4 p.m., con el objetivo de caracterizar la nubosidad presente en las horas pico de luz. La dirección y velocidad del viento fueron obtenidas del promedio diario (comprendido de las 6 p.m. a 6 p.m.). Los meses seleccionados para buscar posibles heladas fueron en octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo de los años del 2013 al 2019. Para el caso de la fecha, la única característica que se tomó en cuenta fue el mes de los datos, ya que ni el año ni el día son tan representativos en la información que se generó. Aun y cuando se puede dejar una sola columna para el mes como una característica, se decidió poner 6 columnas para cada mes. Para cada mes su valor será de 0 o 1, siendo el 1 para el mes que corresponda para cada columna, como se muestra en la Tabla 2. La razón de hacer esta separación es para evitar que un mes sobresalga que otro por su posición, ya que cardinalmente, diciembre (mes 12) no es más grande que enero (mes 1). Al dejar en un solo vector los valores del mes ocasionará que las operaciones entre vectores se vean afectadas por el valor de la posición de cada mes en cuestión. Se realizó la verificación de todos los vectores para corroborar que fueran linealmente independientes entre sí. Para considerar una helada, debe de existir una temperatura inferior a los 2 °C en las siguientes 13 horas de los datos tomados como características, es decir, entre las 6 p.m. y las 7 a.m. siguientes a cada dato de característica. En caso contrario se tomó como la no existencia de una helada agrícola.

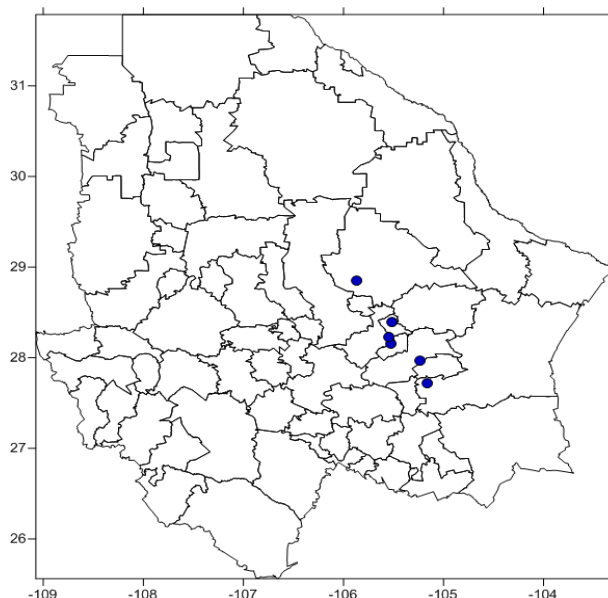


Figura 1. Ubicación de las 6 EMAs utilizadas en el estudio. Todas son heterogéneas y con más de 95% de los datos presentes.

Tabla 1. Nombre y ubicación de las estaciones seleccionadas

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud
Puerto Del Toro	27.96349	-105.23531	1201
El Indio	28.15576	-105.52941	1176
Loma Linda	28.22869	-105.542	1169
INIFAP Cárdenas	28.39754	-105.51385	1187
San Miguel	27.716575	105.159766	1230
INIFAP Aldama	28.853343	105.867683	1252

Tabla 2. Características seleccionadas para alimentar el modelo de árboles de decisión J48

Oct	Nov	...	Mar	h0	...	h23	R12	R14	R16	VV	DV	Clasificación
1	0	...	0	27.13	...	30.95	888.4	827.98	509.05	4.44	201.5	No_helada
1	0	...	0	28.38	...	31.6	880.6	819.3	488.5	4.19	196.9	No_helada
1	0	...	0	28.35	...	32.8	894.4	822.85	531	8.71	170.9	No_helada
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	0	...	1	26.55	...	29.85	850.93	670.75	271.35	6.46	325.2	No_helada
0	0	...	1	26.83	...	24.1	589.25	390.23	281.68	8.48	359.5	No_helada
0	0	...	1	20.78	..	19.25	823.98	649	295.08	9.05	143.7	No_helada

El modelo utilizado para la clasificación de las heladas fue un árbol de decisiones J48, con un coeficiente de factor de 0.75. Este modelo fue seleccionado ya que puede ser programado de forma fácil y rápida en una aplicación de escritorio, una aplicación móvil o una web. Para la evaluación del modelo se utilizó la validación cruzada con agrupaciones de 10 elementos a la vez (Folds).

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar el modelo J48 a los datos se pudo observar que las características que más peso tienen en la clasificación son la hora 14 y la hora 20 de temperatura, lo cual se puede interpretar como el momento que más calor hace en el día y el momento en que el sol se ha ocultado respectivamente. Las otras dos características que más peso tienen son la velocidad del viento y la radiación global a las 16 horas. El árbol resultante fue de un nivel de profundidad de 13 con 7 hojas resultantes. De las 6558 instancias (número de días utilizados en total por todas las estaciones en las fechas seleccionadas), 6551 instancias fueron correctamente clasificadas, siendo esto el 99.9% de clasificación correcta, por lo que solo el 0.10% no fue clasificado correctamente (7 instancias no clasificadas correctamente). Estos siete errores fueron clasificados como No helada, siendo que, si fue helada, por lo que caen en el error tipo 2, según se muestra en la Tabla 3, matriz de confusión.

Tabla 3. Matriz de confusión de la clasificación de las heladas

	No helada	Helada
No helada	6296	0
Helada	7	255

## CONCLUSIONES

El modelo de árboles de decisión J48, demostró ser bueno al momento de clasificar posibles heladas. Además, dejó claro cuáles son las características que pueden tener mayor peso al momento de realizar una clasificación, de tal manera que podrían permitir la reducción de las mismas para que computacionalmente sean más eficientes. En el caso de las clasificaciones incorrectas, todas quedaron en el error tipo 2, es decir, se dijo que no eran heladas y si fueron. Este tipo de error es el que menos se desea tener, ya que en caso de existir una helada podrían no tomarse las medidas necesarias para su mitigación.

En el caso contrario, si se cuentan con errores tipo 1 (se dice que hay helada y no hubo) son menos importantes, ya que se toman las medidas necesarias para proteger a los cultivos, pero la helada no se presenta, lo único que podría afectar es el gasto de recursos por realizar esta tarea. Aun así, se esperaría que estos sean mínimos y en conjunto sean menores a las ganancias obtenidas.

Además de las estaciones utilizadas, se pueden integrar otras estaciones con información parcial que enriquezcan el set de entrenamiento de los datos. Para poder reducir los errores tipo 2 que se presentaron se podría utilizar otros modelos como Máquinas de Soporte Vectorial (MVS) o Redes Neuronales, además de aplicar las características que resultaron dominantes con este modelo, con la finalidad de lograr evitar la pérdida de cultivos.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Mitra, S., Pal, S. K., & Mitra, P. (2002). Data mining in soft computing framework: A survey. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 13(1), 3–14.
- Moller P., Ahumada R., & Reyes J. (2016). Prediction of frost episodes based in agrometeorological information and machine learning techniques. *IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, 1–7.
- Notimex. (2019). Heladas causan 400 mil pérdidas de empleos en sector agrícola. Retrieved May 2, 2019, from <https://mexiconuevaera.com/nacional/estados/2019/01/9/heladas-causan-400-mil-perdidas-de-empleos-en-sector-agricola>
- Wang, G., Qiu, Y. F., & Li, H. X. (2010). Temperature forecast based on SVM optimized by PSO algorithm. *Proceedings - 2010 International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics, ICICCI 2010*, 259–262.
- Verdes P. F. *et al.* 2000, Frost Prediction With Machine Learning Techniques, CONICET-UNR.

## **FACTOR DE FRICCIÓN DE DARCY & WESBACH PARA EL CALCULO DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN AGRÍCOLA**

**González Quirino, J. G<sup>1</sup>; Yescas Coronado, P<sup>2</sup>; Fortis Hernández, M<sup>2</sup>; Preciado Rangel, P<sup>2</sup>; Salazar Sosa, E<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias en Agua - Suelo, Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. [gonzalezquirino@hotmail.com](mailto:gonzalezquirino@hotmail.com)

<sup>2</sup>Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón). Torreón, Coah., México.

### **INTRODUCCIÓN**

En el diseño de conductos a presión existe la necesidad de calcular las pérdidas de energía por fricción en tuberías de conducción agrícola, para ello existen diferentes ecuaciones. Algunas de ellas sobreestiman las pérdidas de energía y generan un incremento en el consumo de energía eléctrica, la cual se refleja en un alto costo en el funcionamiento de los equipos de riego. Dentro de las ecuaciones que se utilizan para calcular dichas pérdidas está la ecuación de Darcy-Wesbach (Ramakrishna y Kumar, 2012), que es la ecuación más recomendada y posee un factor “f”, llamado factor de fricción de Darcy, el cual es una variable adimensional y depende tanto del número de Reynolds (es un factor adimensional que relaciona las fuerzas dinámicas del fluido) y la rugosidad relativa de la tubería, la cual es un indicador de las imperfecciones del material de las tuberías (Anaya et al. 2014a) . Sin embargo, para dicho cálculo es necesario obtener el factor de fricción que también depende de las propiedades del fluido. Existen una gran variedad de ecuaciones que determinan dicho factor. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es determinar cuáles son las mejores ecuaciones que determinan el factor de fricción con mínimo error en comparación con la ecuación de Colebrook-White, ya que esta ecuación está basada en estudios experimentales en tuberías comerciales e incluye consideraciones teóricas de los trabajos de von Karman y Prandlt (Anaya et. al. 2014a). Cabe mencionar que esta ecuación se soluciona con métodos numéricos lo cual genera un resultado aproximado (Anaya et al. 2014a). En este sentido, los resultados de este trabajo permitirán determinar cuál es la mejor ecuación determinística con un error mínimo con relación a la ecuación de Coolebrook-White para determinar factor de fricción y ser aplicado en el diseño de sistemas de riego agrícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se calculó el factor de fricción de Darcy-Wesbach con 20 ecuaciones a las temperaturas de 278.15, 283.15, 288.15, 293.15, 298.15, 303.15, 308.15 y 313.15 °K, que son las temperaturas que se presentan en la Comarca Lagunera, ubicada al centro norte del país, a lo largo del año. Y a las velocidades de 1.2, 2 y 2.5 m/s, las cuales son las recomendadas por las compañías que diseñan sistemas de riego. Considerando un diámetro interno de tubería de PVC de 0.2049 m (12 in), dicho diámetro se seleccionó debido a que es el más usado en tuberías de conducción y en multicompuertas en sistemas de riego de la región.

Primeramente, se revisó el estado del arte relacionado con las ecuaciones que se utilizan para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, seleccionándose las 20 más utilizadas; éstas se analizaron de manera cronológica. A continuación, se presentan las ecuaciones que se utilizaron para determinar el factor de fricción de Darcy-Wesbach.

Blasius (1913), presenta una ecuación para flujo turbulento, basada en tuberías de diámetro pequeño con un  $Re > 10^5$ , se presenta la ecuación:

$$f = 0.3164 Re^{0.25} \quad (1)$$

Nikuradse (1933), experimenta con tubos rugosos (aquellos en que las pérdidas están dominadas por la rugosidad de las paredes), con rugosidades artificiales obtenidas mediante granos de arena tamizados, llegando a la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3.71 * D} \right) \quad (2)$$

Konakov (1950), presenta una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para todo tipo de tuberías hidráulicamente lisas, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = [1.8 \log(Re - 1.5)]^{-2} \quad (3)$$

Filonenko (1954), propone una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para todo tipo de tuberías hidráulicamente lisas, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = [1.82 \log(Re) - 1.64]^{-2} \quad (4)$$

(Wood,1966) propone una ecuación para flujo turbulento en tuberías ásperas, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = 0.09 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{0.225} + 0.53 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + 88 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{0.44} \text{Re}^{-1.62K \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{0.134}} \quad (5)$$

Churchill (1977), esta ecuación se desarrolló combinando la ecuación de Poiseuille para flujo laminar con fricción empírica relacionando factoriales propuestos por Colebrook (1938) y Nikuradse (1933) para regímenes turbulentos y empleando los efectos de usar grandes exponentes para ponderar los diversos regímenes de flujo, tal como lo propusieron Wilson y Azad (1975). La ecuación de Churchill es una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < \text{Re} < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (\varepsilon / D) < 0.05$ , dicha ecuación es la siguiente:

$$f = 8 \left[ \left( \frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \left\{ 2.457 \ln \left[ \frac{1}{\left( \frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)} \right] \right\}^{16} + \left( \frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16} \right]^{\frac{3}{12}} \quad (6)$$

Swamee y Jain (1976), presentan una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $5 \times 10^3 < \text{Re} < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (\varepsilon / D) < 0.001$ , dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}} \right) \right]^{-2}} \quad (7)$$

Chen (1979), propone una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < \text{Re} < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (\varepsilon / D) < 0.05$ , dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7065} - \left( \frac{5.0452}{\text{Re}} \right) \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + 5.8506 (\text{Re})^{-0.8981} \right] \right] \right\}^{-2} \quad (8)$$

Round (1980), propone una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, no expone rango de aplicación para el número de Reynolds ni para la rugosidad relativa, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -1.8 \log \left[ 0.27 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + \left( \frac{6.5}{Re} \right) \right] \right\}^{-2} \quad (9)$$

Shacham (1980), expone dos ecuaciones Shacham1 (10) y Shacham2 (11, 11.1) para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach (f), las cuales tienen un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (\varepsilon/D) < 0.05$ , dichas ecuaciones son las siguientes:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} - \left( \frac{5.02}{Re} \right) \log \left( \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{14.5}{Re} \right) \right] \right\}^{-2} \quad (10)$$

$$f = \left\{ \frac{X \left[ 1 - \ln(X) \right] - \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{1.15129(X) + \left( \frac{2.51}{Re} \right)} \right\}^{-2} \quad (11)$$

$$X = \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} - \left( \frac{5.02}{Re} \right) \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \left( \frac{14.5}{Re} \right) \right] \quad (11.1)$$

Barr (1981), presenta una ecuación para flujo turbulento, no expone rango de aplicación para el número de Reynolds ni para rugosidad relativa.

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{1}{3.7} \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + \frac{4.518 \log \left( \frac{Re}{7} \right)}{Re \left( 1 + \frac{1}{29} Re^{0.52} \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{0.7} \right)} \right] \right\}^{-2} \quad (12)$$

Zigrang y Sylvester (1982), proponen una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy, no expone rango de aplicación para el número de Reynolds ni para la rugosidad relativa, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \left( \frac{1}{3.7} \right) \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) - \left( \frac{5.02}{Re} \right) \log \left\{ \left[ \frac{1}{3.7} \right] \left[ \frac{\varepsilon}{D} \right] - \left[ \frac{5.02}{Re} \right] \log \left[ \frac{1}{3.7} \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + \left( \frac{13}{Re} \right) \right] \right\} \right] \right\}^{-2} \quad (13)$$



Haaland (1983), expone una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (e/D) < 0.05$ , dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -1.8 \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \right\}^{-2} \tag{14}$$

Manadilli (1997), propone una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para cualquier valor de rugosidad relativa, dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{95}{Re^{0.983}} - \frac{96.82}{Re} \right] \right\}^{-2} \tag{15}$$

Romeo (2002), presenta una ecuación para determinar el factor de fricción de Darcy & Wesbach, con un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $0 < (e/D) < 0.05$ , dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7065} - \frac{5.0272}{Re} A \right] \right\}^{-2} \tag{16}$$

$$A = \log \left\{ \left( \frac{1}{3.827} \right) \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) - \left( \frac{4.567}{Re} \right) \log \left\{ \left[ \left( \frac{1}{7.7918} \right) \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) \right]^{0.9924} + \left[ \frac{5.3326}{208.815 + Re} \right]^{0.9345} \right\} \right\} \tag{16.1}$$

Sonnad y Goudar (2006), presentan una novedosa representación matemáticamente equivalente de la ecuación de Colebrook-White para calcular el factor de fricción para flujo turbulento en tuberías ásperas. Esta nueva forma es simple, no se necesitan cálculos iterativos, y es adecuada para una fricción precisa estimación del factor f. Un caso límite de esta ecuación proporcionó estimaciones del factor de fricción con un error absoluto máximo de 0.029 y un error porcentual máximo del uno por ciento con un rango de aplicación de  $(4 \times 10^3 < R < 10^8)$  y para la rugosidad relativa de  $10^{-6} < (e/D) < 5 \times 10^{-2}$ , tal ecuación es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 0.8686 \ln \left[ \frac{0.4587 Re}{S^{\frac{s}{s+1}}} \right] \tag{17}$$

$$s = 0.1240 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) \text{Re} + \ln(0.4587 \text{Re}) \tag{17.1}$$

Anaya *et al.* (2014a), exponen la ecuación de Pavlov, dicha ecuación tiene un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < \text{Re} < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa no presenta rango de aplicación.

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{1}{3.7} \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + \left( \frac{6.81}{\text{Re}} \right)^{0.9} \right] \right\}^{-2} \tag{18}$$

Anaya *et al.* (2014b), proponen las ecuaciones de Altshul para determinar el factor de fricción de Darcy, las cuales tiene un rango de aplicación de  $4 \times 10^3 < \text{Re} < 1 \times 10^8$  para el número de Reynolds y para la rugosidad relativa de  $1 \times 10^{-6} < (e/D) < 0.05$ , dichas ecuaciones son las siguientes:

$$f = 0.11 \left( \frac{\varepsilon}{D} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} \tag{19}$$

$$f = \left\{ 1.8 \log \left[ \frac{\text{Re}}{0.135 \text{Re} \left( \frac{\varepsilon}{D} \right) + 6.5} \right] \right\}^{-2} \tag{20}$$

Dónde:  $e$ =rugosidad absoluta del material (mm),  $D$ = diámetro interior de la tubería y  $\text{Re}$ = número de Reynolds.

Después de haber revisado y expuesto las anteriores ecuaciones a continuación se muestra la ecuación de Coolebrock & White (21) que es la que se tomó de referencia para comparar los factores de fricción de las ecuaciones encontradas. Esta ecuación es considerada como universal.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{\left( \frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7} + \left( \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \right] \tag{21}$$

ara determinar el error del factor de fricción de Darcy & Wesbach de las 20 ecuaciones se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Error}(\%) = \left( \frac{f_x - f_{CW}}{f_{CW}} \right) 100 \tag{22}$$

Dónde: Error (%) = por ciento de error del factor de fricción,  $f_{CW}$ = factor de fricción de Colebrok-White,  $f_x$ =factor de fricción de “x” autor.

Esto se realizó con el apoyo de una hoja de cálculo electrónica (Excel) y un lenguaje de programación (Delphi) para facilitar el cálculo del factor de fricción de la ecuación 21. Una vez obtenidos los resultados fueron graficadas las 20 ecuaciones tomando en cuenta la temperatura del fluido en el eje de las abscisas y en el eje de la ordenada el por ciento del error. Finalmente, se seleccionaron las ecuaciones que presentaron un menor error, el cual fue determinado por el cálculo del área bajo la curva utilizando una integral definida por  $[\int_m^n f(X)]$  y ajustada en su caso a un modelo de regresión lineal o polinomial y con un ajuste del coeficiente de determinación de uno.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se puede apreciar el error calculado de las 20 ecuaciones a una velocidad de 1.2 m/s. Se observa que la mayoría de las ecuaciones tienden a disminuir su error a medida que aumenta la temperatura del agua, esto se debe a la disminución de la viscosidad dinámica y aumento de la turbulencia del fluido, esto con cuerda con Anaya et al. (2014a) al afirmar que el error de las correlaciones del factor de fricción disminuye con el aumento del número de Reynolds (turbulencia).

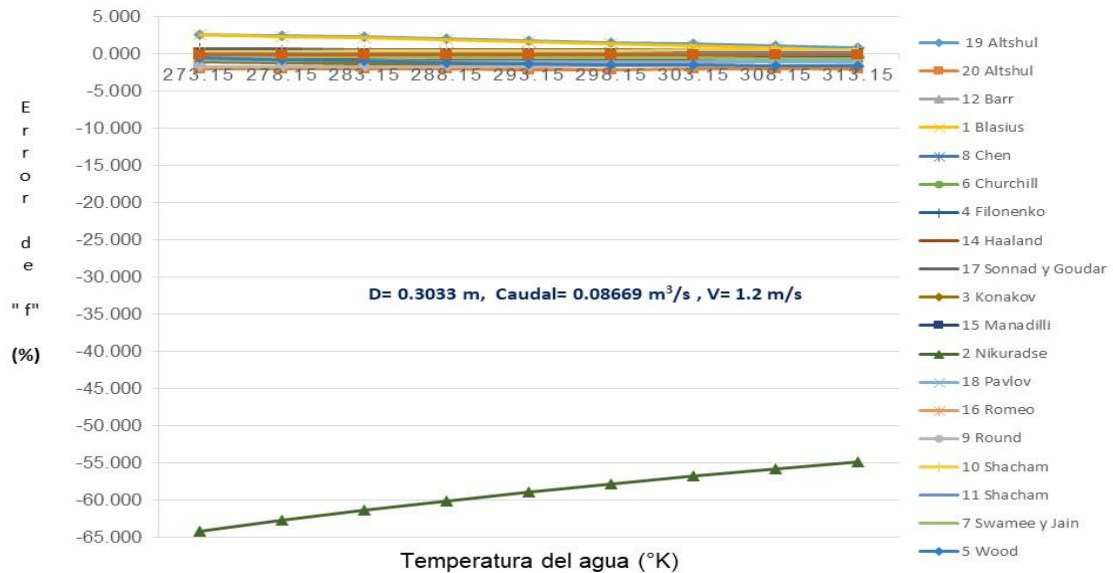


Figura 1. Ecuaciones que determinan el factor de fricción de Darcy & Wesbach y su error calculado para un gasto de 0.08669 m<sup>3</sup>/s, una velocidad de 1.2 m/s y para tuberías hidráulicas de 0.3033 m (12 pulgadas).

En la Figura 2, se observa que el comportamiento de los errores de tres ecuaciones a la velocidad de fluido (1.2 m/s), estas ecuaciones obtuvieron un error menor del 0.1 por ciento con relación a la ecuación de Colebrook-White. También se puede apreciar que las ecuaciones que obtuvieron menor error en sentido ascendente con relación a la ecuación de de Coolebrook-White fueron la ecuación de Shacham (11), Barr (12) y Manadilli(15).

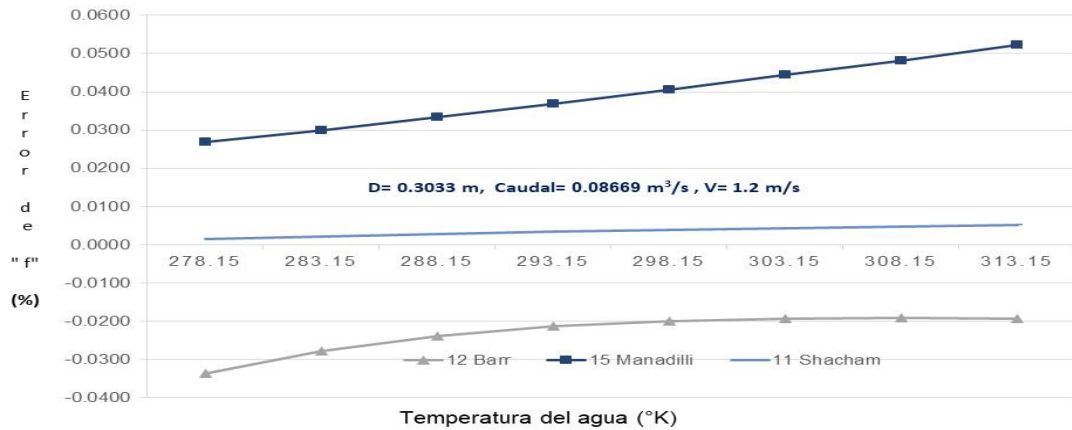


Figura 2. Ecuaciones con menor error con relación a la ecuación de Colebrook-White.

Por lo tanto, la ecuación número 11 que corresponde a Shacham es la mejor ecuación de las 20 debido a que posee el menor error. Esto debido a que se ajusta más a la ecuación de Colebrook-White, posiblemente esto se deba a que la ecuación está formada por varios términos, los cuales minimizan el error a grandes temperaturas.

Ecuación determinística Shacham (11) que obtuvo el menor error con relación a la ecuación de Colebrook-White.

$$f = \left[ \frac{X [1 - \ln(X)] - \left(\frac{\epsilon}{D}\right) \frac{1}{3.7}}{1.15129(X) + \left(\frac{2.51}{Re}\right)} \right]^{-2} \quad X = \frac{\left(\frac{\epsilon}{D}\right)}{3.7} - \left(\frac{5.02}{Re}\right) \log \left[ \frac{\left(\frac{\epsilon}{D}\right)}{3.7} + \left(\frac{14.5}{Re}\right) \right]$$

Por lo que esta ecuación se puede utilizar en la ecuación de Darcy & Wesbach para el cálculo de conductos a presión en tuberías con fines de riego agrícola. En el futuro se esperaría considerar un mayor rango de temperaturas para hacer más amplia su aplicación.

## CONCLUSIONES

Mediante el cálculo del factor de fricción de Darcy & Wesbach y la comparación con el factor de fricción de Coolebrook-White fue posible determinar la mejor ecuación para calcular el factor de fricción de manera determinística para el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías de conducción de riego agrícola.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya-Durand, A.; Gauich-Segovia, G.; Funabazama-Bárceñas, O; y García-Medrano, V. (2014). Evaluación de ecuaciones de factor de fricción para tuberías. *Educación Química*, 25(2), 128-134.
- Anaya-Durand, A.; García-Quezada, C; Garrido-Martínez, D; Islas-Flores, O; Jiménez-Colín, K; y Rodríguez-Escobar, J. (2005). Solución de problemas de flujo de fluidos, utilizando gráfica modificada de Moody, *Educación Química*, 16(4), 582-585.
- Bar, D.I. (1981). Solutions of the Colebrook-White function for resistance to uniform turbulent flow. *Proc. Ins. Civil Engrs*, 2(71), 529.
- Blasius, H. (1913). Das Ähnlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten. *Ver. Dtsch. Ing. Forschungsheft*, 131(15), 16-27.
- Chen, N. H. (1979). An explicit equation for friction factor in pipe. *Ind. Eng. Chem. Fundam.*, 18 (3), 296.
- Churchill, S. W. (1977). Friction factor equations spans all fluid-flow regimes. *Chem. Eng.*, 84 (24), 1977.
- Colebrook, C. F. (1938). Flujo turbulento en las tuberías, con particular referencia a la región de transición entre el suave y leyes de tuberías en bruto. *J. Inst. Civ. Ing. Lond*; 11(3), 133-156.
- Filonenko, G. K. (1954). Hydraulic Resistance in Pipes, *Teploenergetika*, 4(3), 15-21.
- Haaland, S. E. (1983). Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulent pipe flow, *Trans. ASME, JFE*, 105(89), 8.
- Konakov, K.V. (1950). *Dok. Akad. Nauk SSSR*, 25(5), 14-24.
- Manadilli, G. (1997). Replace implicit equations with signomial functions. *Chem. Eng.*, 104 (8), 129.
- Nikuradse, J. (1933). *Stromungsgesetze in rauhen Rohren*. Ver: Deutscher. Ing Forschungshertt Beilage zu Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin. Germany. VDI-Verlag. 361(1), 1-22.
- Ramakrishna, A; y Kumar, B. (2012). Friction factor for turbulent pipe flow, URT [http://eprints.iisc.ernet.int/9587/1/Friction,\\_Factor\\_for\\_Turbulent\\_Pipe\\_Flow.PDF](http://eprints.iisc.ernet.int/9587/1/Friction,_Factor_for_Turbulent_Pipe_Flow.PDF).
- Romeo, E., Royo, C., Monzón, A. (2002). Improved explicit equations for estimation of the friction factor in rough and smooth pipes, *Chemical Engineering Journal*, 86(3), 369- 374.
- Round, G. F. (1980). An explicit approximation for the friction-factor Reynolds number relation for rough and smooth pipes, *Can. J. Chem., Eng.* 58 (1), 122.
- Sonnad, J.R; & Goudar, C.T. (2006). Turbulent Flow Friction Factor Calculation Using a Mathematically Exact Alternative to the Coolebrook-White Equation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 132(8), 863-867.
- Shacham, M. (1980). An explicit equation for friction factor in pipe, *Ind. Eng. Chem. Fundam.*, 19(2), 228-230.
- Swamee, P. K.; Jain, A. K. (1976). Explicit equation for pipe flow problems. *J. Hydr. Div., ASCE*, 102(5), 657-664.
- Swamee, P. K., and Rathie, P. N. (2007). Exact equations for pipe-flow problems. *Journal of Hydraulic Research*, 45(1), 131-134.
- Wilson, N. W; and R. S. Azad. (1975). A continuous prediction method for fully developed laminar, transitional and turbulent flows in pipes. *J. Applied Mech*, 42(1), 51-54.
- Wood, D. J. (1966). An explicit friction factor relationship. *Civil Engineering, ASCE*, 12(36), 60-61.
- Zigrang, D. J., y Sylvester, N. D. 1982. Explicit approximations to the Colebrook's friction factor, *AIChE J*, 28(3), 514.

## PRONÓSTICO LOCAL DE LLUVIA SUPERIOR A LOS 5MM POR MEDIO DE MINERIA DE DATOS

Luis. A. González Jasso\*, Miguel A. González González\*, Mario P. Narváez Mendoza\*, Guillermo Medina García\*\*

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

\*\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km. 24.5 carretera Zacatecas-Fresnillo. 98500. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.

### INTRODUCCION

Realizar un pronóstico de lluvia, ya sea duración, intensidad, dispersión o cualquier otro estudio que se desee hacer sobre este fenómeno es bastante complejo. El realizar un pronóstico de lluvia rápido y preciso, puede existir la posibilidad de afectar a terceros, para este caso a productores que dejan de realizar un riego, de realizar la cosecha o bien de sembrar (Lee *et al.* 2012). Los grandes problemas con la lluvia es determinar su duración, intensidad y la cantidad en una ubicación en particular y en un tiempo determinado del día o la noche (Awan & Awais, 2008). Existen varias técnicas de pronóstico de lluvia como las series de tiempo (Hodgson, 1999), técnicas de Montecarlo (Houtekamer, Lefaivre, 1997) y otras más modernas como algoritmos genéticos (Lee *et al.* 2012). Para la intensidad de lluvia se utilizan datos de años similares al que se quiere realizar el pronóstico y otros basados en características actuales del clima. En el primero resulta costoso establecer los años similares al actual y hacer la agrupación de estos para obtener un valor final, además de que resulta casi imposible lograr una aplicación en tiempo real que no dependa de terceros para su desarrollo. Otro problema relacionado con este tipo de pronósticos es la cantidad de información con la que se debe contar de años atrás para poder pronosticar en ese sitio en específico. En este estudio se clasificó la lluvia que tenía una intensidad de más de 5 mm (ya que es una lluvia aprovechable por los cultivos) como *Suficiente* y menor a 5 mm como *No suficiente*. Los datos climáticos usados para este estudio se muestran en la Tabla 1, que provienen de seis Estaciones Meteorológicas Automatizadas que La Fundación Produce Chihuahua administra. Los datos meteorológicos usados son de 5 horas anteriores al evento de Suficiente o No Suficiente.

Tabla 1. Características seleccionadas para alimentar el modelo de árboles de decisión J48

May	Jun	...	Oct	HR	RadG	VelV	ET0	Clasificación
1	0	...	0	55	442.40	7.7	0.2	No_suficiente
1	0	...	0	58	323.45	7.3	0.4	No_suficiente
1	0	...	0	80	625.67	2.4	0.1	No_suficiente
...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	0	...	1	76	247.98	9.2	0.0	No_suficiente
0	0	...	1	68	88.00	6.0	0.3	No_suficiente
0	0	...	1	73	125.76	3.1	0.0	No_suficiente

## MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron datos de humedad relativa, radiación global, velocidad del viento y evapotranspiración del cultivo (ET0) de 6 EMAs ubicadas en el estado de Chihuahua. Aunque la evapotranspiración no es un dato arrojado directamente por la EMA, este es calculado mediante el método de la FAO Penman-Monteith. Según el estudio de Gyenge *et al.* (2009), existe una correlación positiva entre la evapotranspiración y la lluvia, por este motivo fue integrada a las características. Anteriormente se había realizado un proceso de homogeneidad de estas estaciones para comprobar que no tuvieran mucha relación una con la otra, aunque para este caso en concreto, dado que el comportamiento de la lluvia no se relaciona directamente con la ubicación (ya que puede estar lloviendo a 1 metro y al otro metro no) este dato no es relevante. Los datos obtenidos son de 5 horas anteriores a un evento de lluvia. En el caso de la humedad relativa, radiación global y velocidad del viento se realizó un promedio de cada una estas características. Para la evapotranspiración se realizó el acumulado. La Figura 1 muestra la ubicación de las estaciones seleccionadas. Los meses seleccionados para establecer las precipitaciones fue de mayo a octubre, ya que es el periodo en que normalmente llueve en Chihuahua, lo cual se muestra en la Figura 2. Los años seleccionados fueron del 2013 al 2019. El mes fue considerado como una característica por separado, con un valor de cero o uno, siendo uno para el caso de que en esa columna del mes se presentó el evento de lluvia y cero para el caso contrario. Se verificó la relación directa entre cada una de las características mediante la comprobación de vectores linealmente independientes, con la finalidad de que no dependientes entre sí.

Se consideró un evento de precipitación como *Suficiente* cuando en las siguientes 3 horas se presentó una precipitación igual o mayor a 5 mm. En caso de existir un evento de

precipitación inferior a estos 5 mm en el mismo lapso de tiempo se considera como un evento *No suficiente*.

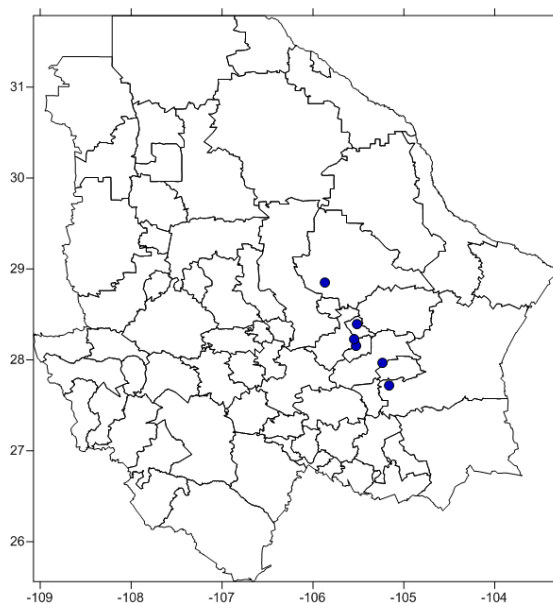


Figura 1. Ubicación de 6 EMAs utilizadas en el estudio. Todas las EMAs cuentan con más del 95% de los datos presentes.

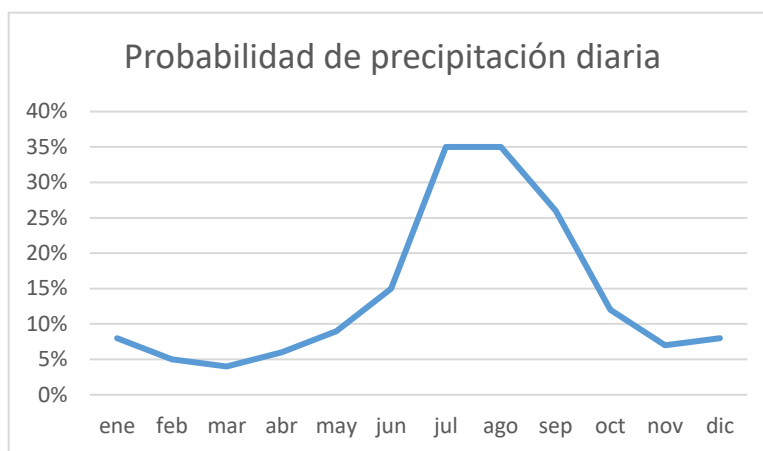


Figura 2. Probabilidad de precipitación diaria en el estado de Chihuahua (Weather, 2019)

El modelo que se utilizó para la clasificación de la ocurrencia de precipitación y de la cantidad

fue mediante árboles de decisiones J48, con un coeficiente de factor de 0.5. Este modelo fue seleccionado ya es versátil y fácil de programar en para alguna TIC. La evaluación del modelo se realizó mediante validación cruzada con agrupaciones de 5 elementos a la vez (Folds).



## RESULTADOS Y DISCUSION

Según los resultados obtenidos al utilizar el modelo J48, se pudo observar que las características que más peso tienen en la clasificación son la humedad relativa y la evapotranspiración. La radiación global podría considerarse desde un primer punto de vista que debería ser muy importante, pero el caso es que este sensor solo obtiene valores cuando hay luz del sol, y en caso contrario arroja valores de cero por la noche y varias lecturas de precipitación se registraron por la noche. El árbol resultante fue de un nivel de profundidad de 8 con 4 hojas resultantes. De las 1405 instancias en las que ocurrió algún evento de precipitación, 1343 instancias fueron correctamente clasificadas, por lo que fue el 95.5% de clasificación correcta, por lo que solo el 4.5% no fue clasificado correctamente (62 instancias no clasificadas correctamente). Se presentó un aparente equilibrio entre errores de clasificación de tipo 1 y de tipo 2 (Error tipo 1 es cuando se dijo que No era suficiente y si lo fue. El error tipo 2 es cuando se dijo que era Suficiente y no lo fue). Este porcentaje de clasificación correcta se debe tomar con mesura ya que es muy diferente a pronosticar la cantidad exacta de precipitación que se presenta. Para hacer una interpretación más correcta del error del modelo se puede tomar solamente la clasificación Suficiente, con una precisión del 85% (237 aciertos de 276). La matriz de confusión en la Tabla 2 muestra los resultados obtenidos al momento de la clasificación.

Tabla 2. Matriz de confusión de la clasificación de la lluvia

	No suficiente	Suficiente
No suficiente	1106	39
Suficiente	23	237

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el modelo de árboles de decisión J48 fueron aceptables, con más de un 95% de efectividad. Sin embargo, el evento que se desea clasificar correctamente es el de *Suficiente* y para esta clasificación exclusivamente, se obtuvo poco más del 85% de efectividad, además de que la mayoría de los errores se obtuvieron en esta clasificación con 39 instancias clasificadas incorrectamente. Para buscar reducir este error se podrían integrar otras variables reportadas por las EMAs, como la temperatura. Para las características dominantes se ve claro porque lo fueron, ya que son pocas características usadas. Para intentar mejorar las clasificaciones se podrían manejar los

datos de 5 horas anteriores a cada uno de los eventos por hora y no el promedio o acumulado (según corresponda) de este periodo de tiempo. Las mejoras sustanciales que se propongan en trabajos futuros deberán de ser para mejorar el error tipo 1. Integrar clasificaciones como No suficientes cuando no se presente precipitación alguna, seguramente hará que el porcentaje de eficiencia del modelo, pero esto haría que fuera más cercano a la realidad, aunque con los datos de las características por hora y no por promedio podría disminuir sustancialmente este error.

## BIBLIOGRAFIA

- Awan, M. S. K., & Awais, M. M. (2008). Towards a generic model for forecasting rain duration using GITIC model. *Proceedings - Fifteenth IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems, ECBS 2008*, 501–502.
- Hodgson, M.: Basic Essentials Weather Forecasting, 2nd Edition, Globe Pequot, 1999.
- Houtekamer P. L., Lefaiivre L., Using ensemble forecasts for model validation. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2416-2426, 1997.
- Lee, J., Kim, J., Lee, J. H., Cho, I. H., Lee, J. W., Park, K. H., & Park, J. (2012). Feature selection for heavy rain prediction using genetic algorithms. 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, and 13th International Symposium on Advanced Intelligence Systems, SCIS/ISIS 2012, (1), 830–833.
- Gyenge, Javier & Fernández, María & Schlichter, Tomás. (2009). Patrones de uso del agua y productividad de las forestaciones con especies exóticas en comparación con vegetación nativa en el N.O. de la Patagonia argentina: implicancias para la sustentabilidad de esta actividad productiva.
- Weather S. (2019). El clima promedio en Chihuahua, México. Retrieved Jul 10, 2019, from <https://es.weatherspark.com/y/3257/Clima-promedio-en-Chihuahua-México-durante-todo-el-año#Sections-Clouds>

## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Batrachochytrium dendrobatidis* DE ACUERDO CON SUS HOSPEDEROS EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA NAZAS-AGUANAVAL

Hernández-Martínez L.A.<sup>1\*</sup>, Romero-Méndez U.<sup>2</sup>, González-Barríos J.L.<sup>3</sup> y García-De la Peña M.C.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Todos Santos, CIRNO, INIFAP. Agricultura s/n, Col. Emiliano Zapata, C.P. 23070, La Paz, B.C.S., México. <sup>2</sup>Laboratorio de Cambio Climático y Conservación de Recursos Naturales, Centro de Estudios Ecológicos, Facultad de Ciencias Biológicas, UJED, Av. Universidad s/n. Fraccionamiento Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup>CENID RASPA, INIFAP. km 6.5 margen derecha canal Sacramento. C.P. 35071, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>4</sup>Laboratorio de Medicina de la Conservación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n. Fraccionamiento Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Durango, México  
hernandez.luis@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

*Batrachochytrium dendrobatidis* es un hongo patógeno de anfibios que se ha implicado en la disminución de las poblaciones de este grupo a nivel global. Debido a la relevancia que ha adquirido en la última década, su distribución ha sido estudiada frecuentemente mediante la construcción de modelos de distribución basados en variables ambientales (dimensiones de nicho) de las localidades donde la especie ha sido registrada. Luego el modelo de nicho es proyectado en un espacio geográfico para identificar regiones donde la especie podría estar presente pero no ha sido registrada aún o donde podría establecerse después de una dispersión natural o mediada (Peterson, 2003). Actualmente se ha reportado su presencia asociada con las zonas de elevación media y alta que proveen las temperaturas adecuadas para su desarrollo, por lo que se considera que las comunidades de anfibios que habitan estas regiones son más susceptibles a la infección. Se ha sugerido que las variables climáticas son esencialmente importantes para el establecimiento de este hongo quitridio y que es importante conocer sus restricciones ambientales para predecir su dinámica y su efecto en las poblaciones de determinada región (Daszak et al., 2003; Drew et al., 2006; Pounds et al., 2006; Hossack et al., 2009). Bajo esta premisa, cabe destacar el rol fundamental que pueden tener los modelos de distribución (MDP) en el estudio de una especie como *B. dendrobatidis*, pues su biología y requerimientos son aún poco conocidos y su presencia en tan amplia variedad de ambientes genera una gran amplitud de sitios de búsqueda (Ghirardi, 2011). Considerando este contexto, en este estudio se plantearon objetivos que permitieran conocer la distribución potencial de *B. dendrobatidis* tomando en cuenta la distribución de

sus hospederos, buscando contribuir a la identificación de los ecosistemas y especies de anfibios anuros más vulnerables.

## MATERIALES Y METODOS

La Región Hidrológica Nazas-Aguanaval (RH36) se localiza en la parte árida y semiárida del Norte de México, entre 22°40' y 26°35' de latitud Norte y entre 101°30' y 106°20' de longitud Oeste, con una superficie de 92,000 km<sup>2</sup>. Presenta un régimen de escurrimiento endorreico y está dividida por una zona alta de escurrimiento y una zona baja de acumulación de agua. La RH36 está estructurada por el sistema de sus dos ríos más importantes, Nazas y Aguanaval, que fluyen de Oeste a Este y de Sur a Norte, con un gradiente altitudinal de 3,310 y 2,900 msnm a 1,100 msnm, respectivamente. La desembocadura natural de ambos ríos en la parte baja de la cuenca tenía lugar en las lagunas de Mayrán y Viesca. Sin embargo, el caudal natural de ambos ríos ha sido sometido a las obras de aprovechamiento de las aguas y actualmente las aportaciones que reciben las lagunas se limitan a la escasa precipitación y algunos escurrimientos (Descroix et al., 1993).

Mediante la consulta de diversas fuentes, fueron recopilados 880 registros geográficos para la elaboración de los modelos de distribución de *B. dendrobatidis* y sus hospederos. Dichos registros fueron depurados a través de Google Earth versión 7.0, tomando como referencia la localidad asociada a cada registro. Además, se revisaron las bases de datos de forma exhaustiva con la finalidad de eliminar toda clase de errores e inconsistencias. Se utilizaron 13 coberturas climáticas derivadas de la temperatura y precipitación disponibles en WorldClim 1.4 (Fick y Hijmans, 2017). Se omitieron las variables promediadas considerando que la teoría del nicho ecológico asocia la distribución de las especies dentro de rangos de tolerancia ambiental. De esta forma se buscó que las variables climáticas utilizadas sirvieran para identificar los límites de distribución de las especies estudiadas con base en los requerimientos ambientales específicos de cada una. Asimismo, fue utilizado un modelo digital de elevación. Todas las capas fueron utilizadas en formato raster (\*.grid) con una resolución espacial aproximada de 1 km<sup>2</sup>.

La distribución de *B. dendrobatidis* se modeló incluyendo el territorio de EUA con la finalidad de disminuir la subestimación suministrando al modelo registros geográficos de zonas áridas y semiáridas más similares al área de estudio, considerando que en México las investigaciones previas de este patógeno se han realizado en la región más cercana al trópico o en zonas con mayores altitudes. Para desarrollar el MDP se utilizaron siete

variables climáticas seleccionadas mediante un análisis de Correlación Bivariada de Pearson, asimismo, se utilizaron 687 registros georeferenciados, de los cuales 661 procedieron del Proyecto de Mapeo Global de Bd (Bd-maps, 2013; www.bd-maps.net) y el resto de literatura científica (Rollins-Smith et al., 2002, Lips et al., 2004, Frías-Álvarez et al., 2008 y Muñoz, 2011). Para desarrollar los modelos de los hospederos fueron seleccionadas cinco especies de anfibios de acuerdo con la disponibilidad de registros debidamente georeferenciados. Estas se modelaron por separado utilizando 11 variables climáticas y la variable topográfica de elevación. Se modeló el área de distribución potencial de los anfibios y de *B. dendrobatidis* en el área de estudio a través de la sobreposición aditiva de capas raster, utilizando la plataforma de ArcGis 10.2. El modelo resultante expresa el valor de idoneidad ambiental para la especie con base en el conocimiento de sus límites o rangos de tolerancia ambiental y por lo tanto estos valores no tienen un significado estricto de probabilidad. Un valor alto en una celda determinada, indica que ésta presenta condiciones ambientales favorables para la presencia de la especie. Estos mapas presentan valores continuos resultantes de la sobreposición de capas y fueron divididos entre el valor de idoneidad mayor obtenido para visualizar valores que muestran las estimaciones para zonas de presencia (idóneas, de 1.0 a 99.9 %) y de ausencia (en blanco). En los mapas de salida se incluyeron solo los valores de idoneidad mayor a un umbral de 50% y fueron elaborados utilizando la plataforma de ArcMap 10.2. Los modelos se calibraron utilizando los mapas de distribución geográfica generados a partir de los registros geográficos obtenidos. Se realizó un análisis de concordancia visual contrastando el mapa de localidades geográficas y el modelo de distribución potencial de cada especie buscando el mapa de mejor ajuste. Posteriormente se llevó a cabo un proceso de validación geoestadística utilizando la extensión "Geostatistical Analyst". Dicho proceso permite evaluar el desempeño del modelo asumiendo que al menos una parte de la variación espacial del fenómeno puede ser modelada por procesos aleatorios con autocorrelación espacial. En este trabajo se utilizó el método de interpolación de Kriging ( $Z(s) = \mu + \epsilon(s)$ ) a fin de estimar la incertidumbre asociada a los valores predichos para cada modelo. Este proceso utiliza todos los datos para estimar la tendencia de los modelos, eliminando cada ubicación (un dato a la vez) y recalculando el modelo con los datos restantes (proceso de "Validación cruzada"). Finalmente, se contrastaron los valores predichos por Kriging con los valores observados en los modelos construidos, tomando como referencia el área bajo la curva (AUC) obtenida por medio de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) desarrolladas en la plataforma de SPSS versión 21.

Bajo la premisa de que *B. dendrobatidis* no habita ambientes donde no existen sus hospederos anfibios, la identificación de zonas prioritarias se realizó mediante la sobreposición del modelo de *B. dendrobatidis* con el de sus hospederos. Para esto inicialmente se elaboró un mapa consenso donde se integraron los modelos de distribución de las especies de anfibios estudiadas. Primero se procedió a elaborar versiones binarias de cada modelo con la herramienta “Reclassify” de la extensión “Spatial Analyst” y posteriormente estos mapas binarios fueron superpuestos con la “Raster calculator” de la misma extensión. Una vez generado este mapa consenso, se llevó a cabo la sobreposición de éste con el modelo de distribución potencial de *B. dendrobatidis*, generando un mapa del patógeno que considera la distribución de sus hospederos y que, por lo tanto, disminuye la sobreestimación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La distribución potencial de *B. dendrobatidis* en la Región Hidrológica Nazas-Aguanaval comprende un área total de 90,870 km<sup>2</sup>, lo cual equivale al 98.77% de la superficie de esta cuenca. La zona de máxima idoneidad (80-87%) se encuentra principalmente en la sección Sur de la parte media de la cuenca y presenta una extensión total de 6,447 km<sup>2</sup> (Figura 1).

Tabla 1. Variables climáticas y rangos utilizados para modelar la distribución de *Batrachochytrium dendrobatidis*

Variable	Rango
Bio. 5. Temperatura máxima (°C*10)	130 a 40
Bio. 6. Temperatura mínima (°C*10)	-245 a 171
Bio 7. Rango de temperatura anual (°C*10)	160 a 500
Bio 12. Precipitación anual (mm)	0 a 2285
Bio 15. Estacionalidad de la precipitación (mm)	10 a 105
Bio 18. Precipitación del trimestre más cálido (mm)	0 a 600
Elevación (msnm)	0 a 3720

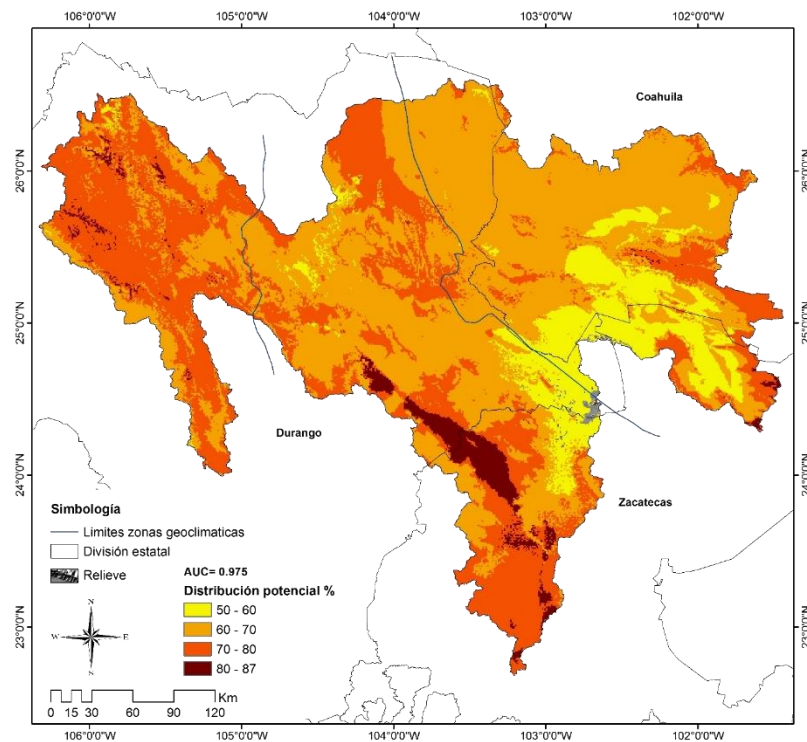


Figura 1. Modelo de distribución potencial de *B. dendrobatidis*.

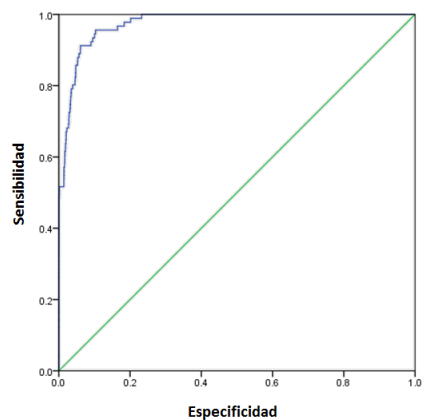


Figura 2. Curva ROC resultante de la calibración del modelo de *Batrachochytrium dendrobatidis*. AUC = 0.975.

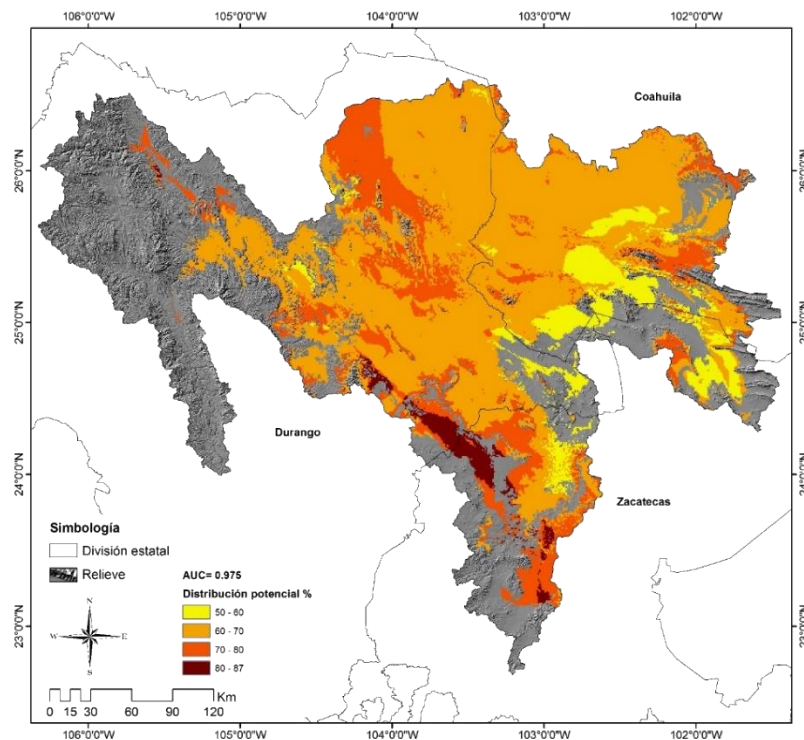


Figura 3. Modelos de distribución potencial de *B. dendrobatidis* de acuerdo con sus hospederos.

De acuerdo con las coberturas climáticas utilizadas para la construcción de este modelo, la zona más idónea presenta una precipitación promedio anual de 486 mm y un rango de temperatura de 1.79 a 30.42° C. Destaca la parte alta de la cuenca donde se observan valores altos de idoneidad (70-87%) en la mayor parte de su territorio. Los valores de idoneidad menor (50-60%) se observan sobre todo en la parte baja árida de la cuenca y en menor proporción sobre la sección Sureste de la parte media. El Área Bajo la Curva (AUC) obtenida para este modelo fue de 0.975 (Figura 2), lo cual representa 97.5% de confiabilidad con respecto a los valores medidos y validados por el análisis geoestadístico de Kriging.

Producto de la sobreposición de los modelos de distribución desarrollados para los anfibios se obtuvo una capa con una extensión total de 54,941 km<sup>2</sup>, cuya zona de mayor riqueza se ve representada en 11% (6,469 km<sup>2</sup>). Esta capa fue superpuesta con el modelo de *B. dendrobatidis*, obteniendo así un mapa con mayor precisión que define el área de distribución potencial de este patógeno considerando la distribución de sus hospederos (Figura 3). Este modelo obtuvo una extensión total de 54,834 km<sup>2</sup>, lo cual equivale a 60% del área observada en el modelo original que no considera los modelos de distribución de los anfibios. El área de máxima idoneidad disminuyó en un 64%, con una superficie de



2,318 km<sup>2</sup>. Este modelo es útil para su implementación en las especies de anfibios modeladas en este trabajo, ya que en el área de estudio existen otras especies con diferente distribución, para las cuales no se desarrollaron modelos de distribución por la insuficiencia de registros georeferenciados. Por lo tanto, este modelo resulta funcional para identificar las zonas donde el patógeno podría estar presente o donde podría establecerse después de una dispersión natural o mediada, poniendo en riesgo a las especies de Anuros estudiadas.

La distribución potencial de *B. dendrobatidis* en la zona de estudio había sido predicha con anterioridad por otros modelos como el de López-Familiar (2010) y Ron (2005), sin embargo, estos modelos fueron desarrollados a una escala mayor que difícilmente puede aplicarse en el área de estudio del presente estudio. Este último autor señala la importancia de prestar atención a los errores de comisión o sobreestimación que se observan comúnmente en los modelos de distribución y que limitan su aplicabilidad. Al modelar la distribución de este quitridio, este tipo de errores requieren especial atención (Ghirardi, 2011) considerando que hasta la fecha no ha sido encontrado viviendo en forma independiente de los anfibios, ni parasitando organismos de otros grupos (Hossack *et al.*, 2009). Esta tendencia a la sobreestimación podría ser contrarrestada al tomar en cuenta la distribución de sus hospederos, sin embargo, en la revisión de literatura no fue encontrada metodología alguna relacionada con este problema. Por otro lado, este concepto que apunta el error de sobreestimación que puede existir en algunos de los modelos podría ponerse en duda por estudios recientes que sugieren la capacidad de *B. dendrobatidis* de producir esporangios resistentes a la desecación, favoreciendo su supervivencia como saprobio y la producción de una etapa de reposo que aumentaría su potencial para ocupar una amplia gama de hábitats independientes de los anfibios (Hossack *et al.*, 2009). No obstante, la información que existe respecto a esta hipótesis no es concluyente. Desde esta perspectiva, el ajuste realizado en el MDP de *B. dendrobatidis* para incluir a sus hospederos y obtener un mapa de mejor ajuste, es interesante desde el punto de vista metodológico, por contribuir en la reducción de los errores de sobreestimación.

## CONCLUSIONES

El modelo de distribución potencial de *B. dendrobatidis* elaborado en este trabajo tiene utilidad para evaluar su distribución en el área de estudio. No obstante, su aplicación es pertinente solo para las especies de anfibios consideradas en este estudio, así como para

otras que pudieran tener distribución similar. Si bien, los resultados de la validación geoestadística fueron buenos ( $AUC > 0.97$ ), hace falta ampliar las localidades de muestreo con la finalidad de validar los modelos y reducir la incertidumbre que puede asociarse a estos.

## BIBLIOGRAFIA

- Bd-Maps. 2013. Global Bd-Mapping Project. Disponible en; <http://www.bd-maps.net/>. Fecha de consulta: 11/10/2013.
- Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions*. 9: 141-150.
- Descroix, L., J. Estrada Avalos & C. Bouvier. 1993. Hidrometría. En: Loyer, J. Y., J. Estrada Avalos, R. Jasso Ibarra y L. Moreno Díaz (eds.). Estudio de los Factores que Afectan los Escurrimientos y el Uso del Agua en la Región Hidrológica 36. Manejo y uso del Agua en las Cuencas Hidrográficas del Norte de México. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera CENID-RASPA, INIFAP, ORSTOM. Gómez Palacio, Durango, México 367 p.
- Drew A, Allen E.J, Allen L.J.S. 2006. Analysis of climatic and geographic factors affecting the presence of chytridiomycosis in Australia. *Diseases of Aquatic Organisms*. 68: 245-250.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.
- Frías-Alvarez, P. Vredenburg, V. T., Familiar-López, F., Longcore, J., González-Bernal, E., Santos-Barrera, G., Zambrano, L. y G. Parra-Olea. 2008. Chytridiomycosis Survey in Wild and Captive Mexican Amphibians. *EcoHealth* 5, 18–26.
- Ghirardi R. 2011. Estudio de quitridiomycosis por *Batrachochytrium dendrobatidis* en anfibios anuros del Litoral, Cuyo y Patagonia Argentina. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- Hossack BR, Muths E, Anderson CW, Kirshtein JD, Corn PS. 2009. Distribution limits of *Batrachochytrium dendrobatidis*: a case study in the Rocky Mountains, USA. *Journal of Wildlife Disease*. 45(4): 1198-202.
- Lips, K. R., J. R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso, L. Canseco-Márquez, & D. G. Mulcahy. 2004. Amphibian population declines in montane southern México: Surveys of historical localities. *Biol. Conserv.* 119: 555–564.
- López-Familiar, M. 2010. Influencia de los factores ambientales y geográficos en la incidencia y prevalencia de la quitridiomycosis en anfibios de las zonas montañosas de Guerrero, México. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Mayo, 2010.
- Muñoz-Alonso, L. 2011. Riqueza, diversidad y estatus de los Anfibios amenazados en el sureste de México; una evaluación para determinar las posibles causas de la declinación de sus Poblaciones. [http://www.cepf.net/Documents/final\\_Ecosur\\_amphibians\\_mexico.pdf](http://www.cepf.net/Documents/final_Ecosur_amphibians_mexico.pdf).
- Peterson A.T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *Quarterly Review of Biology*. 78: 419-433.
- Pounds, A., J. Savage y F. Bolaños. *Incilius periglenes*. In: IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Species Survival Commission. 2008. Disponible en: [www.iucnredlist.org/details/3172](http://www.iucnredlist.org/details/3172) Fecha de consulta: 09-10-2013.
- Rollins-Smith, L. A., Reinert, L. K., Miera, V., & J. M. Conlon. 2002. Antimicrobial peptide defenses of the Tarahumara frog, *Rana tarahumarae*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 297(2):361-367.
- Ron, S. R. 2005. Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the world. *Biotropica* 37: 209-221.

## **ECUACIÓN DE BIOMASA VERDE PARA LAS POBLACIONES NATURALES DE CANDELILLA DEL EJIDO EL AMPARO DE PARRAS DE LA FUENTE, COAHUILA**

**<sup>1\*</sup>Adrián-Hernández-Ramos, <sup>1</sup>Antonio Cano-Pineda, <sup>2</sup>Jonathan Hernández-Ramos, <sup>2</sup>Xavier García-Cuevas, <sup>3</sup>Celestino Flores-López.**

**<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 #9515. Col. Hacienda de Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Chetumal. <sup>3</sup>UAAAN-Departamento Forestal.**

**\*Autor de correspondencia: [hernandez.adrian@inifap.gob.mx](mailto:hernandez.adrian@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCION**

El escaso conocimiento sobre el crecimiento y desarrollo de las especies de ecosistemas de zonas áridas y semiáridas en México, ha generado un sobre aprovechamiento de los recursos, que a largo plazo causa la degradación de las comunidades vegetales, así como la reducción de la superficie de distribución. Por ello, es necesario investigar sobre la dinámica de crecimiento de especies no maderables que se encuentran bajo aprovechamiento (López *et al.*, 2005; Martínez, 2013). Entre dicha insuficiencia de información se encuentra la estimación de la biomasa aérea en especies forestales (Aristizábal, 2011).

La biomasa en ecosistemas forestales es fijada y acumulada mediante el proceso de la fotosíntesis, contribuye a las reservas de carbono en la tierra y es empleada como indicador para evaluar la productividad del sitio forestal (Ferrere *et al.*, 2014), además, es una variable importante en el manejo forestal sustentable que contribuye a estimar los almacenes y flujos de carbono y a evaluar cómo las especies forestales contribuyen a la mitigación del cambio climático (Lambert *et al.*, 2005; Návar-Cháidez, 2010). Una forma precisa de estimar la biomasa individual o por unidad de superficie es mediante funciones alométricas basadas en muestreos destructivos que han sido una valiosa herramienta para predecir el crecimiento de la biomasa de diversas especies (Soriano-Luna *et al.*, 2015). Gran parte de los estudios de biomasa se han realizado en especies forestales arbóreas con fines maderables (Winck *et al.*, 2015; Yepes *et al.*, 2016; Hernández-Ramos *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2018) y muy limitada en especies de zonas áridas con desarrollo de tipo arbustivos.

Debido a lo anterior, y a que las ecuaciones deben de desarrollarse a nivel local y por especie (Solano *et al.*, 2014), el objetivo de este estudio fue modelar la biomasa total verde

de candelilla mediante relaciones alométricas de datos de inventario en el ejido El Amparo, Parras de la Fuente, Coahuila.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

Los datos para el ajuste de los datos se colectaron en la distribución natural de candelilla, específicamente en las poblaciones registradas en el ejido El Amparo, municipio de Parras de La Fuente, Coahuila entre las coordenadas geográficas  $25^{\circ} 23' 34.7''$  de latitud Norte y  $102^{\circ} 32' 37.5''$  de longitud Oeste (Figura 1) y a una altitud promedio de 1228 m. El área de muestreo presenta un clima muy seco semicálido (BWhw), con temperaturas medias anuales de 18 a 22 °C y precipitación anual de 200 a 300 mm (INEGI, 2016); un suelo tipo Litosol con Rendzinas de textura media y una vegetación correspondiente a un matorral desértico rosetófilo (INEGI, 2016).

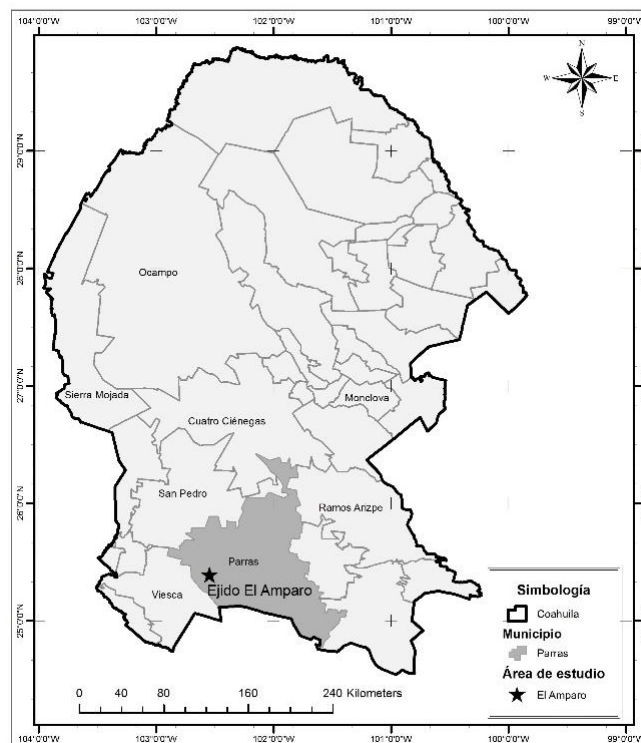


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el estado de Coahuila.

### Selección y medición de la muestra

La muestra se conformó de 170 datos de individuos de candelilla, colectados en el año 2017 y seleccionados de forma dirigida tratando de cubrir la mayor variabilidad en tamaños de diámetros y alturas en el área de muestreo (Hernández-Ramos *et al.*, 2017). Las

plantas fueron colectadas mediante un muestreo destructivo, el cual consistió en medir en pie la planta y posteriormente extraerla por completo para obtener el peso verde total de cada individuo. Además, se obtuvieron las variables alométricas de las plantas como altura total (At, m), diámetro menor y mayor de la base (cm), diámetro menor y mayor de la cobertura arbustiva (cm). La biomasa total verde (Btv, kg) se midió con una báscula Torrey de 0.005 kg de precisión. Se calcularon las variables de diámetro promedio de la cobertura de copa (DPC, cm) y del diámetro promedio de la base (DPB, cm) mediante el promedio de los diámetros basales y de cobertura de las plantas.

Ajuste y selección de modelos

Se emplearon tres modelos seleccionados de la literatura que presentaron resultados sobresalientes al estimar la biomasa de diversas especies arbóreas y arbustivas (Hernández-Ramos *et al.*, 2017) (Cuadro 1). Para el ajuste se emplearon las variables diámetro promedio de la base (DPB), el diámetro promedio de la cobertura (DPC) y la At. El ajuste de los modelos se realizó mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios con PROC MODEL en SAS 9.3® (SAS Institute Inc., 2017). El modelo seleccionado debe de tener el valor mayor de  $R^2_{aju}$ , el valor menor de la raíz del cuadrático medio error (RCME) y todos sus parámetros significativos. Además, se analizaron los supuestos de regresión con la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad de los datos, el test de White para detectar la homocedasticidad de los residuales, y la prueba de Durbin-Watson para detectar autocorrelación de los errores.

Cuadro 1. Modelos seleccionados para el ajuste de la biomasa total verde de candelilla, en el ejido El Amparo, Parras de la Fuente, Coahuila.

Nombre	Estructura
Schumacher-Hall	$Btv = \beta_0(x_i)^{\beta_1}(x_j)^{\beta_2}$
Schumacher exponencial	$Btv = \beta_0Exp(-\beta_1/x_i)$
Spurr	$Btv = \beta_1(x_i^2x_j)^{\beta_2}$

Btv: Biomasa total verde (kg individuo<sup>-1</sup>);  $x_i, x_j$ : variables independientes (DPB y DPC);  $\beta_i$ : coeficientes de regresión.

Por último, al modelo seleccionado se le evaluó la capacidad predictiva mediante el sesgo promedio absoluto ( $\bar{E}$ ) en kg de Btv y la diferencia agregada en % (DA); además, se evaluaron los predichos de forma gráfica para observar su ajuste.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En general todos los modelos ajustados para estimar la biomasa total verde presentaron valores aceptables con  $R^2_{ajus}$  0.80 a 0.921 y RCME inferiores a 0.710, por lo que todos pueden ser utilizados (Cuadro 2). El modelo 2 fue seleccionado por presentar los mejores estadísticos de ajuste en comparación a los otros modelos con una  $R^2_{ajus}$  de 0.921 y una RCME de 0.590 empleando los diámetros promedios de la base y de la cobertura (DPB y DPC) como variables independientes; al igual se han utilizado con buenos resultados para predecir biomasa foliar en orégano (Villavicencio-Gutiérrez *et al.*, 2018), biomasa por componentes en especies de pinos y encinos en Durango (Flores *et al.*, 2018) y en plantaciones comerciales de *Eucalyptus urophylla* en Huimanguillo, Tabasco (Hernández-Ramos *et al.*, 2017), demostrando que la elección de estas variables predictoras fue adecuada.

Cuadro 2. Estadísticos de ajuste de los modelos analizados para estimar la biomasa verde de candelilla

No.	Modelo	RCME	$R^2_{ajus}$	Parámetro	Estimación	Pr> t	V.I.
1	Schumacher-Hall	0.673	0.897	$\beta_0$	0.003773	0.0005	DPB; At.
				$\beta_1$	1.702584	<0.0001	
				$\beta_2$	0.453807	<0.0001	
2	Schumacher-Hall	0.590	0.921	$\beta_0$	0.004682	<0.0001	DPB; DPC.
				$\beta_1$	1.127425	<0.0001	
				$\beta_2$	0.841933	<0.0001	
3	Spurr	0.705	0.887	$\beta_0$	0.00167	<0.0001	DPB; At.
				$\beta_1$	0.766108	<0.0001	
4	Spurr	0.912	0.811	$\beta_0$	0.000761	0.042	DPC; At.
				$\beta_1$	0.689543	<0.0001	
5	Spurr	0.596	0.919	$\beta_0$	0.005945	<0.0001	DPB; DPC.
				$\beta_1$	0.652691	<0.0001	

RCME: raíz del cuadrado medio del error;  $R^2_{ajus}$ : coeficiente de determinación ajustado; Pr>|t|: nivel de significancia en la prueba de  $t$ ; V.I.: variable independiente.

Para el modelo seleccionado se verificaron los supuestos de regresión, con la prueba de Shapiro-Wilk se confirmó que los datos son tendientes a la distribución normal, ya que el valor del estadístico de  $W=0.87$  ( $Pr<W=0.0001$ ), y la prueba de White comprobó la homogeneidad de varianzas, mientras que se observó la inexistencia de autocorrelación

de los errores con la prueba de Durbin-Watson. La capacidad predictiva del modelo 2 mostró una sobrestimación de la Btv de candelilla con un  $\bar{E}$  de 0.0197 kg y una DA de 1.144% con respecto a la media. La comparación gráfica de los valores estimados con los observados presentó un  $R^2$  de 0.92, lo que significa que son tendientes a la línea recta, lo que demuestra un ajuste adecuado del modelo para estimar Btv de candelilla (Figura 2).

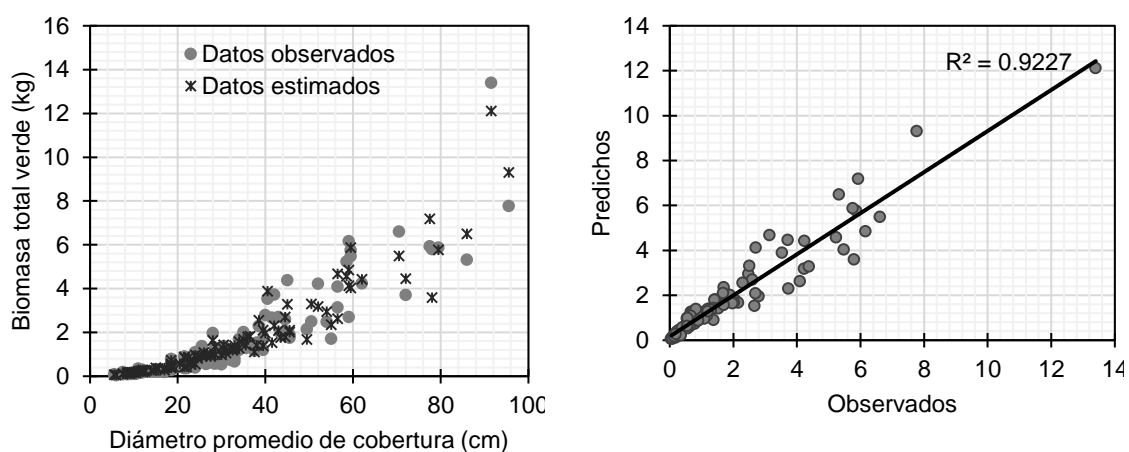


Figura 2. Comparación de ajuste de los datos observados y estimados con el diámetro promedio de la cobertura de la planta (A); análisis gráfico de observados vs estimados con el modelo 2 (B).

## CONCLUSIONES

Las variables utilizadas para el ajuste de los modelos, así como el modelo seleccionado de Schumacher-Hall son adecuados para estimar la biomasa total verde de candelilla en el ejido El Amparo, ya que explican el 92.1% de la variabilidad de biomasa de la muestra, por lo que es adecuado para su aplicación en programas de manejo para su aprovechamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- Aristizábal, D. J. (2011). Desarrollo de modelos de biomasa aérea en combríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 14(1), 49-56.
- Ferrere, P., Lupi, A. M. y Boca, R. T. (2014). Estimación de la biomasa aérea en árboles y rodales de *Eucalyptus viminalis* Labill. Rev. Ciencias Forestales-Quebracho, 22(1), 100-113.
- Flores, M. F., Vega-Nieva, D. J., Corral-Rivas, J. J., Álvarez-González, J. G., Ruiz-González, A. D., López-Sánchez, C. A. y Carrillo, A. (2018). Desarrollo de ecuaciones alométricas de biomasa para la regeneración de cuatro especies en Durango, México. Rev. Mexicana de Ciencias Forestales, 9(46), 157-185. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.119>
- Hernández-Ramos, J., Santos-Posadas, H. M., Valdez-Lazalde, J. R., Tamarit-Urias, J. C., Ángeles-Pérez, G., Hernández-Ramos, A., Peduzzi, A. y Carrero, O. (2017). Biomasa

- aérea y factor de expansión en plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Agrociencia*, 51(8), 921-938.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2016). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. Capa Unión. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463173359>. (Consultado en noviembre de 2017).
- Lambert, M. C., Ung, C. H. and Raulier, F. (2005). Canadian national tree aboveground biomass equations. *Can. J. For. Res.*, 35, 1996-2018. Doi: 10.1139/X05-112
- López C., S. Chanfón y G. Segura (Editores). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera. México, D.F. 201 p.
- Martínez S.M. 2013. Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. INIFAP-CIRNOC. Primera Edición 2013. Chihuahua, Chih, Méx. 224 p.
- Návar-Cháidez, J. J. (2010). Biomass allometry for tree species of northwestern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 507-519.
- SAS Institute Inc., (2017). SAS/STAT(R) 9.22 User's Guide. Recuperado de [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug\\_anova\\_sect001.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_anova_sect001.htm). (Consultado en noviembre de 2017)
- Solano, D., Vega, C., Eras, V. H. y Cueva, K. (2014). Generación de modelos alométricos para determinar biomasa aérea a nivel de especies, mediante el método destructivo de baja intensidad para el estrato de bosque seco pluviestacional del Ecuador. *Rev. CEDAMAZ*, 4(1), 32-44.
- Soriano-Luna, M. A., Ángeles-Pérez, G., Martínez-Trinidad, T., Plascencia-Escalante, F. O. y Razo-Zárate, R. (2015). Estimación de la biomasa aérea por componente estructural en Zacualtipan, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 49(4), 423-438.
- Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Hernández-Ramos, A., Aguilar-González, C. y García-Cuevas, X. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 187-207. Doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139.
- Winck, R., Fassola, H., Barth, S., Crechi, E., Keller, A., Videla, D. y Zaderenko, C. (2015). Modelos predictivos de biomasa aérea de *Eucalyptus grandis* para el noreste de Argentina. *Revista Ciencia Forestal*, 25(3), 595-606. Doi: 10.5902/1980509819611
- Yepes, A., Zapata, M., Bolívar, J., Monsalve, A., Milena, S., Sierra-Correa, P. y Sierra, A. (2016). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Rev. Biología Tropical*, 64(2), 913-926.



## APLICACIÓN FOLIAR DE YODO EN MELÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Andrade-Sifuentes, A.<sup>1\*</sup>; Fortis-Hernández, M.<sup>1</sup>; Preciado-Rangel, P.<sup>1</sup>; Salazar-Sosa, Enrique<sup>1</sup>, Orozco-Vidal, Jorge A.<sup>1</sup>

<sup>0</sup>Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. Tel: (871) 1117279. <sup>2</sup>. \* Autor para correspondencia: [ing.andrade\\_85@hotmail.com](mailto:ing.andrade_85@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad las personas muestran un gran interés en el cuidado de su salud ya que cuidan bastante sus hábitos de consumo, debido a eso buscan alimentos que les aporten un alto valor nutricional como las frutas y hortalizas; estas contienen compuestos bioactivos y alta capacidad antioxidante (Chávez-Mendoza *et al.*, 2015). El cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo, su fruto es bien conocido y aceptado por los consumidores (MA, 2016). La Comarca Lagunera, que comprende 5 municipios del estado de Coahuila y 10 de Durango, es la región melonera más importante del país en términos de superficie y producción (Ortiz, 2011). Las condiciones agroecológicas de la región y el aumento de la fertilización en este cultivo han permitido alcanzar altos rendimientos (Preciado *et al.*, 2011), sin embargo, esto no se refleja en su calidad nutraceutica. Al respecto, en los últimos años se ha promovido la investigación de los factores que permitan mejorar el contenido nutraceutico de las hortalizas. En el caso del yodo, este es un oligoelemento esencial para la salud humana, su deficiencia en el medio ambiente biogeoquímico afecta a unos dos mil millones de personas en todo el mundo. Se conoce como un elemento no esencial para las plantas pero infiere a respuestas positivas en el crecimiento, metabolismo y a una mayor presencia de antioxidantes (Blasco *et al.*, 2011), además de que aporta un aumento en la tolerancia a algunos factores adversos (Gupta *et al.*, 2015). También Influye positivamente al incrementar la eficiencia en el uso de nitrógeno (Smole'n y Sady, 2012), mejorando la productividad y el rendimiento en los cultivos (Medrano-Macías *et al.*, 2016).

Los efectos positivos de la aplicación de yodo en las plantas se mantienen al usarlo en bajas concentraciones, ocurre toxicidad al aplicarlo en las plantas más allá de ciertas concentraciones (Landini *et al.*, 2011). Estos umbrales de beneficio y de toxicidad son variables y dependen de cada especie vegetal (Kabata-Pendias, 2011).

Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de cinco concentraciones de yodo sobre la producción y capacidad antioxidante de frutos de melón cantaloupe producido hidropónicamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el año 2018 durante el ciclo agrícola primavera – verano en malla sombra en el Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coah., México. Localizado entre 25°32'38''N y 103°25'8.3'' O, a una altitud de 1120 msnm. Se usaron plántulas de melón (*Cucumis melo L.*) del híbrido Cruzier, las cuales fueron sembradas en charolas de germinación de polietileno de 200 cavidades, utilizándose como sustrato Peat Moss de la marca KEKKILÄ PROFESSIONAL® y vermiculita. Después de 30 días las plántulas fueron trasplantadas a unas canaletas hidropónicas (plástico corrugado de polipropileno) con un sustrato a base de arena y perlita (80:20). Tres riegos diarios se suministraron a las plantas mediante un sistema de riego por goteo, aplicando solución Steiner (1961) al 50% hasta la etapa de floración y aumentándose progresivamente hasta llegar al 100% durante la cosecha. La C.E. y pH de la solución nutritiva fue de 2 dSm<sup>-1</sup> y 6.5, respectivamente, de tal manera que cada planta al día recibió 0.75L desde el trasplante hasta el inicio de la floración y de 2.5 L de la floración a la cosecha. Para la polinización de las flores se utilizaron abejas obreras. Los tratamientos consistieron en la aplicación vía foliar cada 15 días de yodo en forma de yoduro de potasio (KI), a concentraciones de 0, 5, 10, 15, 20 µM KI/l<sup>-1</sup> estas aplicaciones iniciaron a partir de los 15 días después del trasplante (ddt).

Variables evaluadas

e evaluó el rendimiento registrándose el peso de todos los frutos cosechados de cada planta; se registró el tamaño de los frutos (longitud y diámetro) utilizando un vernier digital. La firmeza se midió utilizando un penetrómetro marca Extech (FHT200) utilizando un émbolo de 8 mm de diámetro, para ello fue removida una porción de 2 cm<sup>2</sup> de cáscara en lados opuestos de la fruta, reportándose el promedio de las dos mediciones en Newton (N). Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con un refractómetro manual (Atago® Master 2311).

Para la determinación de fitoquímicos bioactivos se analizaron tres frutos seleccionados al azar de cada tratamiento. Para la de los extractos fueron obtenidas muestras de 5 g de pulpa de melón fresco las cuales fueron en 10 ml de metanol en tubos de plástico con tapa de rosca, colocados en agitador rotatorio (ATR Inc) durante 6 h a 20 rpm a 5°C. Los tubos con la mezcla fueron luego centrifugados a 3000 rpm durante 10 min, y el

sobrenadante fue extraído para su análisis. En el caso del contenido fenólico y flavonoides se determinó mediante una modificación del método Folin- Ciocalteau (Esparza *et al.*, 2006). Para la capacidad antioxidante se determinó utilizando el método del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil) (Zhuang *et al.*, 2012).

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar considerando 5 tratamientos con 6 repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y prueba de separación de medias utilizando la prueba de DMS ( $P \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico versión 9.2 (SAS, 1992).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza para las variables de calidad del fruto mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Esto sugiere que las aplicaciones de yodo afectaron estas variables (Tabla 1). En el caso del peso de fruto el tratamiento con baja concentración de yoduro de potasio ( $5 \mu\text{M KI l}^{-1}$ ), presentó el mayor peso del fruto (1.372 kg), siendo mayor en un 18% con respecto al tratamiento testigo.

Al respecto, Blasco *et al.* (2012) y Medrano-Macías *et al.* (2016), señalan que el yodo puede actuar como un elemento beneficioso para las plantas e influir positivamente en el uso de nitrógeno y por tanto incrementar los rendimientos de los cultivos. Respecto al tamaño del fruto, los resultados mostraron una tendencia similar; bajas aplicaciones de yodo ( $5 \mu\text{M KI l}^{-1}$ ) mejoraron el tamaño del fruto, ya que se obtuvieron frutos con un diámetro polar de 160.67 mm y ecuatorial de 128.33 mm. Esto concuerda con lo señalado por Rui Li *et al.* (2017), quienes mencionan que aplicaciones foliares a bajas concentraciones mejoran los sólidos solubles y la calidad de los frutos. Sin embargo, para el caso de la firmeza el tratamiento con aplicaciones de  $15 \mu\text{M KI l}^{-1}$ , presentó el mayor valor, siendo 67% mayor la firmeza con respecto al tratamiento de  $5 \mu\text{M KI l}^{-1}$ , esto es importante porque aún en esta concentración se encontró una respuesta positiva a la aplicación de yodo.

Tabla 1. Calidad comercial de frutos de melón producidos con aplicaciones foliares de Yoduro de Potasio ( $\text{KI l}^{-1}$ ) en un sistema hidropónico.

Tratamiento	Peso del fruto (PF)	Tamaño del fruto (diámetro)		Sólidos Solubles Totales (SST)	Firmeza (Newton)
		Polar	Ecuatorial		
$\mu\text{M KI l}^{-1}$	kg	-----mm	-----	°Brix	N
0	1.160 ba	138.00 ba	111.33 a	12.27 b	9.36 b
5	1.372 a	160.67 a	128.33 a	14.33 a	7.93 c
10	1.112 ba	130.00 b	100.00 a	11.00 c	7.05 c
15	1.115 ba	131.00 ba	102.33 a	11.00 c	13.28 a
20	1.100 b	130.33 ba	100.33 a	9.34 d	11.61 a

\*Los valores con letras diferentes dentro de cada columna son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Es importante señalar la respuesta inversa que se presentó entre los sólidos solubles totales (SST) y la firmeza, se observa que cuando los SST se incrementan disminuye la firmeza; esto puede deberse a varios factores como la etapa de maduración o los factores físico-climáticos presentes en la malla sombra. De manera general, cabe señalar que en todas las variables evaluadas las aplicaciones de yodo superaron al tratamiento testigo.

### Fitoquímicos bioactivos

En la Tabla 2, se observa que los fitoquímicos bioactivos se vieron afectados significativamente ( $P \leq 0.05$ ) por las dosis aplicadas de Yoduro de Potasio. En el caso del contenido de fenoles totales (FT) el tratamiento que presentó el mayor fue el de  $20 \mu\text{M KI l}^{-1}$  con un valor de 180.72 (mg AGE/100 g peso fresco). El tratamiento de  $5 \mu\text{M KI l}^{-1}$  presentó un valor de 168.83 y el tratamiento testigo de 162.37, siendo este el valor más bajo de FT. Preciado-Rangel *et al.* (2019), encontró incrementos en el contenido de fenoles totales en el cultivo de pimiento serrano, debido a la aplicación de K. Señalando que estos incrementos se deben a la formación de estructuras básicas en el metabolismo de las plantas que están reguladas por K. En el caso de Flavonoides (FLV), se presentó la misma tendencia que la presentada en los FT; siendo el tratamiento de  $20 \mu\text{M KI l}^{-1}$  con un valor de 165.88 (mg QE/100 g peso fresco); siendo superior en un 50% con respecto al tratamiento testigo.

Respecto a la actividad antioxidante (AA), en la Tabla 2, se aprecia que a medida que se incrementa la concentración de yodo existe un aumento en la actividad antioxidante. Siendo el tratamiento de  $20 \mu\text{M KI l}^{-1}$ , el que mostró mayor capacidad antioxidante (94.49  $\mu\text{M equiv. Trolox/100g PF}$ ) y el tratamiento testigo presentó el menor valor. Similares

resultados fueron obtenidos por Crispín-Medrano *et al.* (2016) los cuales mencionan que las aplicaciones foliares de yodo, como KI, mejoran la capacidad antioxidante.

Tabla 2. Contenido de Fenoles Totales (FT), Flavonoides (F) y Actividad Antioxidante (AA), en frutos de melón producidos con diferentes aplicaciones foliares de Yoduro de Potasio (KI/l-1).

Tratamiento	Fenoles Totales (FT)	Flavonoides (FLV)	Actividad Antioxidante (AA)
$\mu\text{M KI/l}^{-1}$	(mg AGE/100g peso fresco)	(mg QE/100g peso fresco)	( $\mu\text{M equiv. Trolox/100 g PF}$ )
0	161.37 e	110.62 e	72.15 e
5	168.83 d	123.80 d	77.78 d
10	173.30 c	129.54 c	84.38 c
15	176.11 b	145.48 b	90.34 b
20	180.72 a	165.88 a	94.49 a

\*Los valores con letras diferentes dentro de cada columna son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

**Rendimiento**

El análisis de varianza para esta variable muestra diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) (Figura 1). Esto indica que las aplicaciones de yodo influyeron en el rendimiento del melón, además, se observa un efecto inverso entre las cantidades de yodo aplicadas y dicha variable.

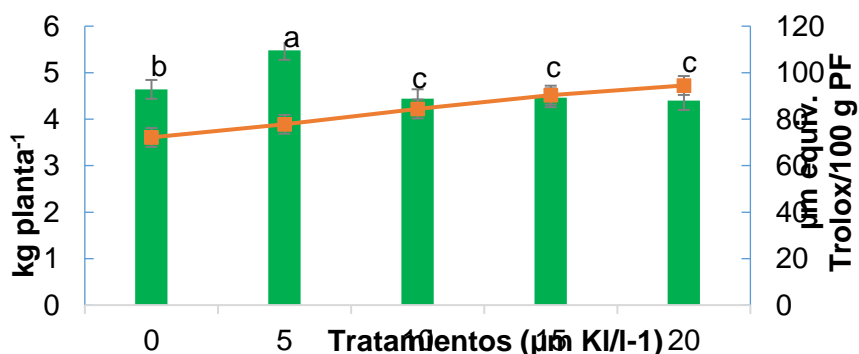


Figura 1. Relación entre el rendimiento y actividad oxidante de frutos de melón producidos con diferentes aplicaciones foliares de yoduro de potasio (KI/l-1). Los valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

El tratamiento testigo presento un rendimiento de 4.64 kg planta<sup>-1</sup>, en rendimiento más alto se obtuve con el tratamiento de 5 µM KI/l<sup>-1</sup> con un valor de 5.48 kg; y el tratamiento de 10,15 y 20 µM KI/l<sup>-1</sup> obtuvo estadísticamente el mismo rendimiento. La diferencia de rendimiento entre los dos primeros tratamientos fue de 0.848 kg, y con respecto al tratamiento con la aplicación más alta de yodo fue de 1.084 kg.

Asimismo, se observa el comportamiento que presenta la actividad antioxidante (AA) en relación con las cantidades de yodo a aplicar y el rendimiento (Figura 1). Se puede observar que a medida que se incrementa las cantidades de yodo disminuye el rendimiento, pero se incrementa la AA. Esto es importante analizar ya que el productor regional siempre buscara mayor producción, aunque la calidad nutrimental no sea la mejor.

### CONCLUSIONES

La aplicación foliar de yoduro de potasio en la concentración baja de 5 µM KI l<sup>-1</sup>, tiene efectos positivos en la calidad comercial de los frutos de melón, mejorando el peso, tamaño y solidos solubles. Respecto a los compuestos fitoquímicos bioactivos (FT, FLV, AA) dosis altas de yodo (20 µM KI l<sup>-1</sup>) incrementan su valor. Respecto al rendimiento, hay que señalar que a medida que se incrementa las cantidades de yodo este disminuye, pero se incrementa la AA. Esto es importante analizar ya que el productor regional siempre buscara mayor producción, aunque la calidad nutrimental no sea considerada.

### LITERTURA CITADA

- Blasco, B., Ríos, J. J., Leyva, R., Cervilla, L. M., Sánchez- Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Rosales, M. A., Ruiz, J. M., & Romero, L. (2011). Does iodine biofortification affectoxidative metabolismin lettuce plants? *Biological Trace Element Research*, 142(3) 831-842. doi: 10.1007/s12011- 10-8816-9.
- Crispín Cortés-Flores<sup>1</sup>, M. Nieves Rodríguez-Mendoza<sup>1\*</sup>, Adalberto Benavides-Mendoza<sup>3</sup>,J. Luis García-Cué<sup>1</sup>, Mario Tornero-Campante<sup>2</sup>, Prometeo Sánchez-García. 2016. Iodine increases the growth and mineral concentration in sweet pepper eedlings. *Agro ciencia*. 50: 747-758.
- Chávez-Mendoza †, Esteban Sanchez \*, Ezequiel Muñoz-Marquez †, Juan Pedro Sida-Arreola † and Maria Antonia Flores-Cordova †"2015. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Grafted Varieties of Bell Pepper *Antioxidants* 4, 427-446.
- Esparza RJR, Stone MB, Stushnoff C, Pilon-Smits E, Kendall PA (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.
- Gupta, N., Shukla-Bajpai, M., Singh-Majumdar, R., & Mishra, P. K. (2015). Response of iodine on antioxidant levels of Glycine max L. grown under Cd<sup>2+</sup> stress. *Advances in Biological Research*, 9(1), 40-48. doi: 10.5829/idosi. abr.2015.9.1.9183.

- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants* (pp. 397-401). New York: CRC press Taylor and Francis Group.
- Landini, M., Gonzali, S., & Perata, P. (2011). Iodine biofortification in tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174(3), 480-486. doi: 10.1002/jpln.201000395. doi:10.3390/antiox4020427.
- Medrano-Macías, J., Leija-Martínez, P., Juárez-Maldonado, A., Rocha-Estrada, A., & Benavides-Mendoza, A. (2016). Effect of iodine application on antioxidants in tomato seedlings. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 133-143. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.12.025.
- Medrano-Macías, J., Leija-Martínez, P., González-Morales, S., Juárez-Maldonado, A., Benavides-Mendoza, A., 2016. Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Front. Plant Sci.* 7, <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.01146> (Epub ahead of print).
- Ministerio de agricultura, 2016, importancia económica y distribución geográfica, disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/perfiles/frutas/melon/importancia/>, Fecha consultada: (1 de marzo del 2018).
- Ortiz P., N. et al. (2011). Efectos de la coloración del acolchado plástico y riego por cintilla sobre la producción de melón (*Cucumis melo* L), Mexico. PP.12. [File:///C:/Users/nelva1/Downloads/rchszaX1194%20\(4\).pdf](File:///C:/Users/nelva1/Downloads/rchszaX1194%20(4).pdf). Fecha de consulta (1 de marzo 2019).
- Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>, Alfonso Andrade-Sifuentes<sup>1</sup>, Esteban Sánchez-Chávez<sup>2</sup>, Lilia Salas-Pérez<sup>3</sup>, Manuel Fortis-Hernandez<sup>1</sup>, Edgar O. Rueda-Puente<sup>4</sup>, José L. García-Hernández<sup>5\*</sup> (2019). Influencia del Potasio en el Contenido Nutracéutico y de Antioxidantes en Pimiento Serrano (*capsicum annum* L.). *Agrociencia* 53: 581-591.
- Preciado-Rangel, P.; Hernández, M.F.; García-Hernández, J.L.; Rueda-Puente, E.O.; Rivera, J.R.E., Herrera, A.L., Castruita, M.A.S.; Vidal, J.O. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*. 36:689-693.
- Rui Li; De-Wang Li; Hui-Ping Liu; Chun-Lai Hong; Ming-Yi Song; Zi-Xi Dai; Jia-Wei Liu; Jun Zhou; Huan-Xin Weng. 2017. Enhancing iodine content and fruit quality of pepper (*Capsicum annum* L.) through biofortification. *Scientia Horticulturae*, 214 165-173. doi:10.1016/j.scienta.2016.11.030.
- Smoleń, S., Sady, W., 2012. Influence of iodine form and application method on the effectiveness of iodine biofortification, nitrogen metabolism as well as the content of mineral nutrients and heavy metals in spinach plants (*Spinacia oleracea* L.). *Sci. Hortic.* 143, 176–183.
- Zhuang, Y., L. Chen, L. Sun, and J. Cao. 2012. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *J. Funct. Foods*. 4: 331-338.

## REACCIÓN A *Meloidogyne incognita* DE UN GRUPO DE LINEAS RECOMBINANTES DE CHILE (*Capsicum annuum*).

Sergio Arellano Arciniega<sup>1</sup>, Mercedes Borja Bravo<sup>1</sup>, Ernesto Martínez Reyes

<sup>1</sup>Instituto 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: [arellano.sergio@inifap.gob.mx](mailto:arellano.sergio@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCION

En México, el chile (*Capsicum annuum*) es una hortaliza de gran importancia económica y social, que se produce en los 32 estados del país. En más del 50 % del territorio mexicano se cultiva con fines comerciales al presentar variabilidad en forma, tamaño, color, sabor y picor. En el 2018, en México se destinaron 157.9 mil hectáreas para la producción de la hortaliza y se obtuvo una producción de 3.38 millones de toneladas, con un valor comercial mayor a los 30 mil millones de pesos (SIAP, 2018).

El cultivo de chile en México es afectado por factores que ocasionan bajos rendimientos, uno de ellos es la pudrición de raíz causado por el complejo de fitopatógenos del suelo (*Fusarium oxisporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici*). Velásquez-Valle *et al.*, (2013), reportaron que la pudrición de la raíz es uno de los principales problemas fitopatológicos del cultivo de chile en la región norte centro de México, en etapas tempranas y causa la muerte de hasta el 70% del cultivo. Los síntomas asociados con esta enfermedad son la defoliación, el cambio de color y rizado en el follaje, daño en estructuras reproductivas, pudrición terminal de la raíz, raicillas necróticas, maduración adelantada o irregular, presencia de rebrotes, entre otros y se agrava cuando se practica el monocultivo y en períodos de lluvia extendidos (Velásquez-Valle, *et al.*, 2001).

Velásquez-Valle *et al.*, (2013), han identificado al menos dos de los fitopatógenos mencionados anteriormente en un solo hospedero, pese a que tal vez, solo uno es el que ocasiona la infección en la planta, mientras que el resto de los patógenos encontrados corresponden a saprófitos. Además, la destrucción de la planta, también se relaciona a la presencia de nematodos agalladores como *Meloidogyne incognita* que causan heridas en las raíces para alimentarse (Barchenger y Bosland, 2016) y permite la entrada de fitopatógenos a la planta.

El nematodo *Meloidogyne Incognita* es considerada la especie que produce mayores daños en hortalizas (Hyo *et al.*, 2010) y por su amplia distribución y alta capacidad



destruccion, es considerada como un problema en la agricultura mundial (Caspar y Wurst, 2016). Los danos en la interaccion entre los nematodos y la raiz vegetal, causa la formacion de agallas pequenas en raices, y la parte aerea de las plantas muestra poco crecimiento, frutos pequenos y deficiencias nutricionales (Baadoo *et al.*, 2016; Castañón *et al.*, 2010).

Una alternativa para el manejo de fitopatógenos es la resistencia genética; en ese sentido, los recursos fitogenéticos relacionados con las especies de *Capsicum* domesticadas y silvestres, adquieren gran relevancia por el potencial que presentan y por ser la base para obtener variedades mejoradas (Chi *et al.*, 2017).

La caracterización morfológica de los recursos vegetales es de utilidad porque permite definir una serie de descriptores útiles de importancia agronómica o de clasificación e identificación de grupos genéticos. En particular, los estudios realizados sobre la diversidad del género *Capsicum*, se han basado en métodos descriptivos por medio de caracteres morfológicos de planta, flor y fruto (Castañón *et al.*, 2008); en los que se ha encontrado variación en caracteres relacionados con la fenología, la arquitectura de la planta, la flor y la forma del fruto (Bosland y Votava, 2012; Guigón y González, 2004).

Según Criollo de Morelos 334 (CM-334) reportaron que es una fuente de resistencia al nematodo agallador y Maor es una variedad susceptible, pero con características agronómicas y comerciales. Dadas las características de ambos progenitores, se esperaría que al realizar la cruce se obtengan progenies con resistencia a *Meloidogyne incognita* y con características comerciales. Es por ello que se requiere de una evaluación de las líneas existentes donde se analice la herencia a este patógeno. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar líneas F6 derivadas de la cruce CM-334 x Maor en su reacción al nematodo *Meloidogyne incognita*, con la finalidad de obtener fuentes de resistencia que permitan establecer estrategias viables para el manejo de la enfermedad.

## MATERIALES Y METODOS

La evaluación de las líneas F6 se llevó a cabo en invernadero en el Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, en el municipio de Jesús María, Ags. durante el año 2018. El material vegetal estuvo constituido de 114 Líneas Recombinantes Autofecundadas (RIL's) F6, derivadas de la cruce entre CM334 y Maor (pimiento comercial).

La siembra se realizó en enero de 2018 en CEPROCH-Ags, en charolas de poliestireno de 338 cavidades desinfectadas según el protocolo del Sistema Producto Chile. Las

semillas previo a la siembra fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1.5% y se enjuagaron tres veces con agua destilada y tratadas con el fungicida Interguzan®. Se utilizó peat moss como sustrato y 52 cavidades por RIL y cada progenitor con una semilla por cavidad, las charolas se cubrieron con vermiculita, humedecieron y cubrieron con plástico, para luego ser colocadas dentro de una cámara de germinación durante 12 días a 20-22 °C y 70% de humedad.

Para el establecimiento del experimento se establecieron dos tratamientos: 1) tratamiento control (sin inocular) y 2) tratamiento inoculado (Mi). Se estableció en una cama de 1.25 m<sup>2</sup> de superficie y 7 cm de profundidad, y cada parcela tuvo cinco plantas por línea, separadas a cinco cm entre planta y cinco cm entre parcela. El trasplante se realizó a los 124 días de edad de la planta y en el estudio se utilizó una mezcla de arena:suelo arcilloso de 2:1 como sustrato, el que previamente fue esterilizado en un microondas a máxima potencia durante 7 min, y alcanzar una temperatura de 92 °C. El riego se efectuó diario de manera ligera y como nutrición se aplicó fertilización foliar.

La fuente de inóculo de *Meloidogyne incognita* se obtuvo de invernaderos de producción de tomate y la obtención de juveniles fue realizada de acuerdo a la metodología de Vrain (1977), a los 13 días después del trasplante las 5 plantas de cada RIL y progenitor se les inoculó 1000 juveniles/planta en los primeros 3 cm de profundidad del suelo. En el tratamiento testigo se utilizó el mismo número de plantas.

A los 90 días después de la inoculación se extrajeron las cinco plantas con raíz de cada línea por tratamiento, se removió cuidadosamente el suelo con plantas y raíces para no dañar el sistema radicular; luego se lavó la raíz de cada planta para retirar los restos de sustrato. Se destinó un área para organizar las plantas de cada línea de los dos tratamientos y obtener fotografías por línea que fijaran la respuesta a cada tratamiento. Los archivos fotográficos por línea se organizaron para poder evaluar posteriormente la respuesta al patógeno.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: a) Severidad: se registró la severidad del agallamiento en la raíz de cada planta usando la escala de Taylor *et al.*, 1978; b) Incidencia: se registró el porcentaje de plantas con síntomas de agallamiento (severidad >0). Los datos fueron capturados y procesados en una hoja de cálculo de Excel 2016.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La severidad de agallamiento por cada línea recombinante autofecundada (RIL) y sus progenitores del tratamiento de *Meloidogyne incognita* se muestran Cuadro 1. Los resultados obtenidos indicaron variación en los grados de reacción de las RIL's, determinando que de las 114 líneas y sus dos progenitores en el tratamiento *Meloidogyne incognita* el 0.86% fue catalogado como inmune (I), el 1.70% fue resistente (R), el 8.4% fue moderadamente resistente (MR), el 21.1% moderadamente susceptible (MS), el 29.7 susceptible (S) y el 35.6% altamente susceptible.

Cuadro 1. Índice de severidad y clasificación de la reacción de los genotipos evaluados para el tratamiento *Meloidogyne incognita*.

Grados de afección	% de severidad	Líneas y progenitores	Reacción	RIL (Número)	%
0	0%	1	I	59	0.86
1	1-10%	2	R	38, 116	1.70
2	11-25%	10	MR	3, 14, 27, 28, 41, 48, 54, 57, 60, 89	8.4
3	26-50%	25	MS	2, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 31, 36, 39, 42, 47, 51, 58, 64, 66, 73, 77, 88, 90, 95, 105, 108, 115	21.1
4	51-75%	35	S	1, 6, 8, 9, 10, 19, 21, 26, 29, 32, 35, 43, 46, 50, 53, 56, 61, 62, 65, 67, 69, 70, 72, 76, 82, 83, 85, 87, 91, 94, 101, 107, 110, 111, 113	29.7
5	76-100%	42	AS	7, 17, 22, 23, 25, 30, 33, 34, 37, 40, 44, 45, 49, 52, 63, 68, 71, 74, 75, 78, 79, 80, 81, 84, 86, 92, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 106, 109, 112, 114, Maor, CM-334	35.6

Inmune (**I**), Resistente (**R**), Moderadamente Resistente (**MR**), Moderadamente Susceptible (**MS**), Susceptible (**S**), Altamente Susceptible (**AS**).

Fuente: elaborado con datos obtenidos en campo.

La respuesta de las líneas evaluadas definió variación en la reacción, categorizando líneas desde inmune hasta altamente susceptibles (Cuadro 1). La RIL 59 fue catalogada como resistente por presentar nula severidad (0%), a esta se suma la línea 38 y 116 por estar clasificadas como resistentes a Mi. Adicionalmente, se observaron 10 líneas moderadamente resistentes. Estos resultados muestran las líneas que pueden ser utilizadas como fuente de resistencia en estudios posteriores.

En contraparte, los resultados mostraron que 42 líneas fueron altamente susceptibles (76-100%) entre ellas los progenitores Maor y CM-334, lo que permite establecer una marcada sensibilidad al nematodo. Una de las explicaciones es que las especies de solanáceas son susceptibles hasta altamente susceptibles al ataque de *Meloidogyne spp.* y la resistencia de los genotipos está condicionada a la presencia del gen *Mi* en las especies (González *et al.*, 2010).

La incidencia está asociada a los grados de severidad y se obtiene de acuerdo al porcentaje de agallas en las raíces por cada planta del experimento. En la Figura 1, se muestran los resultados obtenidos en la evaluación con respecto a la incidencia; en ellos se observaron 20 líneas como inmunes (I) y más del 70% como altamente susceptible (AS). La línea 59, 38 y 116 mostraron un menor porcentaje de agallas en las raíces. En ambos progenitores el porcentaje de plantas con síntomas de agallamiento fue mayor al 20%, y una incidencia similar.

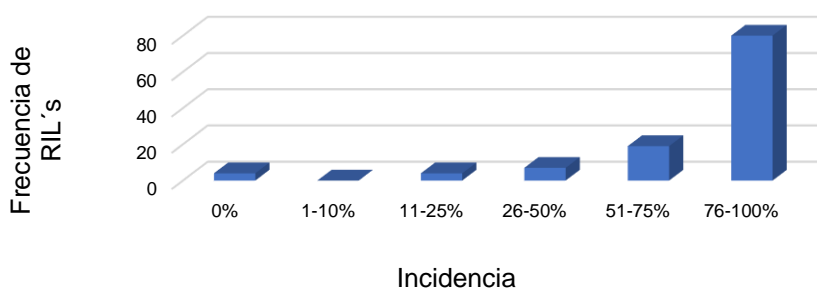


Figura 1. Incidencia por agallamiento de las líneas evaluadas  
Fuente: elaborado con datos obtenidos en campo.

La susceptibilidad de los hospedantes al nematodo puede ser explicada por la población del patógeno. Las agallas ocasionan falta de vigor, clorosis en hojas y sintomatología característica de la presencia del nematodo, lo que fue más evidente en las líneas con mayor número de raíces afectadas. Sin embargo, el grado de reacción de cada línea al nematodo fue diferente debido a las características propias de cada uno.

## CONCLUSIONES

La evaluación de las líneas recombinantes entre CM-334 y Maor mostraron diferencias en la severidad e incidencia por agallamiento. De la evaluación se pueden determinar un grupo de líneas con resistencia *Meloidogyne incognita*, entre las que destacan la línea 59,

38 y 116, mismas que pueden ser consideradas en estudios posteriores de resistencia genética al nematodo.

## BIBLIOGRAFIA

- Badoo, R., J. Soumi, M. M. Tesfamariam, A. B. Janete, R. McSorley, R. H. Stamps, and T. C. William. 2016. Mitochondrial Haplotype-based Identification of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne spp.*) on Cut Foliage Crops in Florida. *Journal Of Nematology*. 48 (3): 193-202.
- Barchenger, W.D and W.P. Bosland. 2016. Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annuum*. *Scientia Horticulturae*. 203(1): 29-31.
- Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2012. Peppers: vegetable and spice *capsicums*. 2nd (Ed.). Cabi publishing. London UK. 230 p.
- Caspar, S. and S. Wurst. 2016. Positive effects of root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) on nitrogen availability do not outweigh their negative effects on fitness in *Nicotiana attenuata*. *Plant and Soil*, 400 (1): 381-390.
- Castañón, N. G., L. L. Moreno, J. L. Gordillo, E. D. L. C. Lázaro, M. M. Elos. 2010. Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum spp.*) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 26:225-234.
- Castañón, G. N, L. L. Moreno, M. M. Elos, A. V. López, H. C. Morales. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum spp.*) en Tabasco, México. *Phyton-Revista Internacional de Botánica Experimental* 77:189-202.
- Chi, E. H., H. Young-IM, C. Hyoju, Y. M. Ju, L. Jiyoung, S. Ah-Young, J. P. Chang, M. Y. Gyeong, K. Suk-Yoon, J. Ick-Hyun, M. P Jeong. 2017. Silencing of an  $\alpha$ -dioxygenase gene, Ca-DOX, retards growth and suppresses basal disease resistance responses in *Capsicum annum*. *Plant Molecular Biology* 93(4): 497-509.
- Gonzales, F.; Gómez, L.; Rodríguez, M.; Piñon, M.; Casanova, A.; Gomez, O.; y Rodríguez, I. 2010. Respuesta de genotipos de solanáceas frente a *Meloidogyne incognita* (kofoid y white) chitwood raza 2 y *M. arenaria* (neal) chitwood. *Rev. Protección Veg.* Vol. 22, No. 1.
- Guigón, L. C. y P. A. G. González. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma spp.* con actividad antagonista sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:117-124.
- Hyo, S. M., K. Zakaulah, G. K. Sang, S. Seon-Hye, and H. K. Young. 2010. Biological and structural mechanisms of disease development and resistance in chili pepper infected with the root-knot nematode. *Plant Pathology Journal* 26:149- 153.
- SIAP, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Producción agrícola: Cierre de la producción agrícola. [En línea]. Disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/). Fecha de consulta: abril de 2019.
- Taylor, A. L., and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne species*). North Carolina State University Graphics, Raleigh, N.C, U.S.A.111 pp.
- Velásquez-Valle, R. 2001. Nematodos agalladores afectando hortalizas y otros cultivos en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:107-109.
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R. y Reveles-Hernández, M. 2013. Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México. Folleto Técnico. Núm. 50. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP 57 páginas.
- Vrain, T.C. 1977. A technique for the collection of larvae of *Meloidogyne spp.* And comparison of eggs and larvae as inocula. *Journal of Nematology*. 9:249-251.

## MONITOREO DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN MAIZ Y SORGO BAJO DIFERENTES NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA

Tanita Nichte-Ha Arguez Hernández<sup>1\*</sup> <sup>µ</sup>, Arturo Reyes González<sup>2</sup>, José Alfredo Montemayor Trejo<sup>1</sup>, Brenda del Rocío Nava Joachin<sup>1\*</sup>, Reyna Imelda Arguez Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Matamoros Coahuila. \*Estudiante de Maestría en Ciencias en Irrigación. <sup>µ</sup> Email: [tanaita\\_arguez@hotmail.com](mailto:tanaita_arguez@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera se ubica la principal cuenca lechera del país; se estima una explotación de ganado bovino de 480 mil cabezas, con una demanda diaria de 7, 200 toneladas de materia seca (forraje) (Siglo de Torreón, 2019). Los cultivos forrajeros se dedican fundamentalmente a la alimentación animal. El maíz y sorgo son de los principales cultivos forrajeros en la zona (SIAP-SAGARPA, 2012), debido a sus altos rendimientos y aportación de energía para la producción de leche (Pedroza *et al.*, 2014). Por otro lado, el índice de área foliar (IAF) es una medida adimensional del área unilateral del follaje del cultivo ( $m^2$ ) por unidad de superficie del suelo ( $m^2$ ) (Asner *et al.*, 2003). El sensor AccuPAR (Decagon, Pullman, WA, EE. UU.), es un método indirecto que calcula el IAF a partir de mediciones de luz por encima y por debajo del dosel (Wilhelm *et al.*, 2000; Steward *et al.*, 2003; Tewolde *et al.*, 2005). Con el índice de área foliar se puede predecir los rendimientos de los cultivos y las demandas hídricas de los mismos.

El principal factor limitante para la producción de cultivos es el recurso agua, por tal motivo el uso de sistemas de riego eficientes es prioritario si se quiere seguir produciendo forrajes que requieran menos agua (Godoy, 2000). Una alternativa viable a esta problemática lo representa el uso de sistemas de riego por goteo sub-superficial el cual suministra en determinadas cantidades en función de la demanda del cultivo y al mismo tiempo, impide el desperdicio y la salinidad (Howell, 2001). El uso de la evapotranspiración del cultivo es una herramienta para estimar la demanda hídrica y facilita la calendarización del riego (Kool *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue monitorear el índice de área foliar para estimar los rendimientos de los diferentes híbridos

bajo diferentes niveles de evapotranspiración en la Comarca Lagunera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el ciclo verano 2019, en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros Coahuila, México. Ubicado a  $25^{\circ} 32' N$  y  $103^{\circ} 14' O$ , con altitud de 1100 msnm (Figura 1).

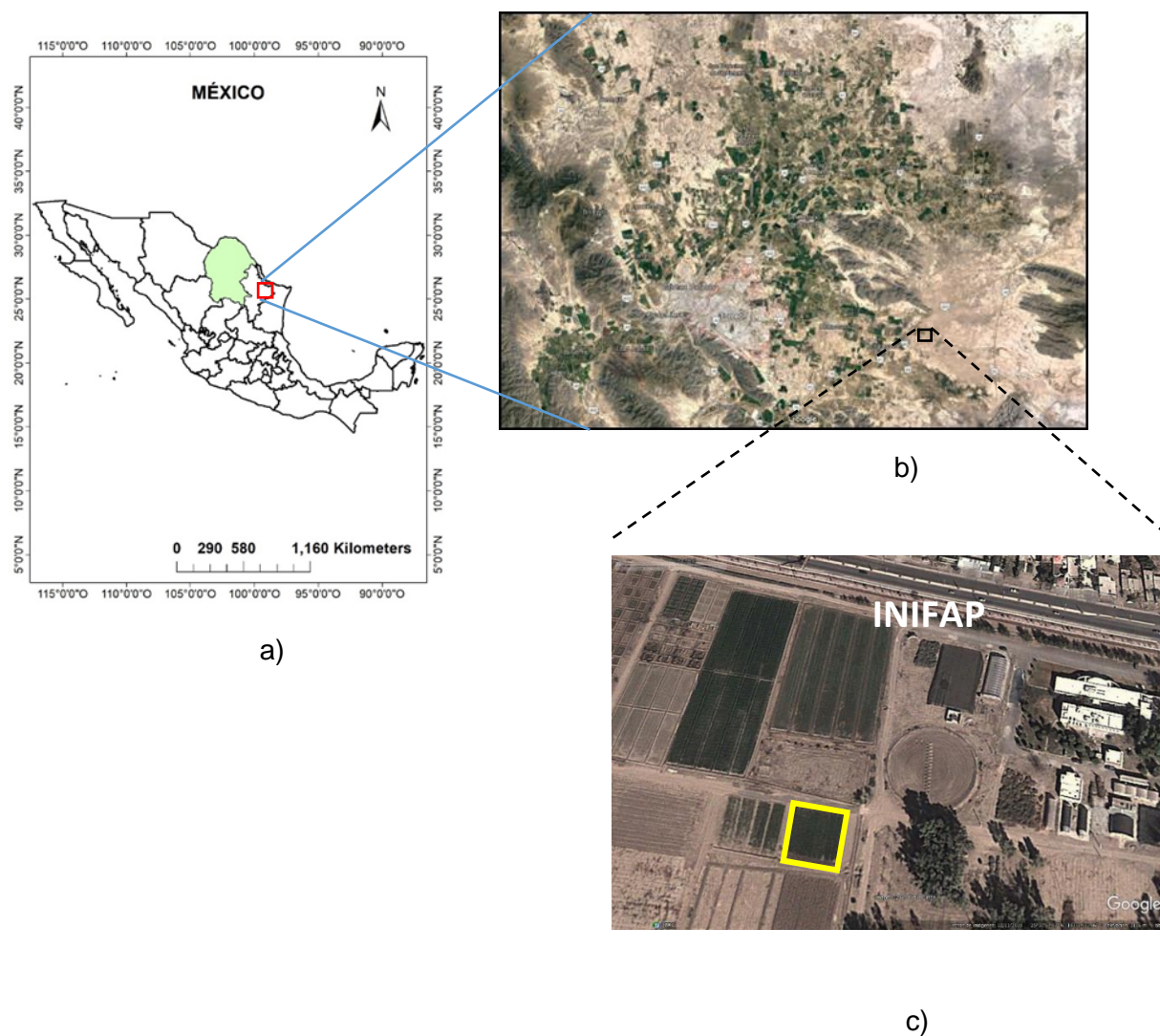


Figura 1. Área de estudio, a) mapa de México, b) mapa de la Comarca Lagunera y c) área de estudio (cuadro amarillo).

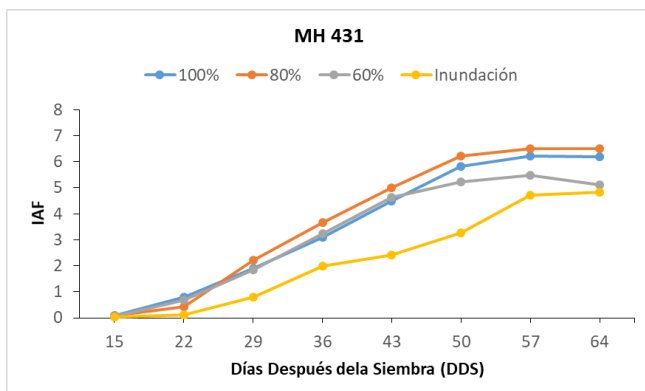
Para la realización de esta investigación se establecieron 80 parcelas experimentales de 15 m<sup>2</sup> cada una, la cual fue conformada por cuatro surcos de cinco metros de longitud por 0.76 metros entre surcos, considerando los dos surcos centrales como parcela útil. El material utilizado fueron los híbridos: Maíz (H-431), Maíz (H-383), Maíz SB 302 (MSB 302), Súper Sorgo (SS) y Sorgo Silo-Miel (SSM). La siembra se realizó el 18 de junio de forma directa. La variable evaluada del índice de área foliar (LAI) se midió utilizando el ceptómetro PAR / LAI modelo Lp-80 de AccuPAR (Decagon Devices, Inc. Pullman, WA, EE. UU.). La barra del ceptómetro se colocó en un ángulo de 45° a través del surco del cultivo para medir la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a lo largo de la barra, la cual se midió en cada parcela y tratamiento en un punto y tres lecturas por punto por encima y por debajo de dosel del cultivo. Las lecturas se tomaron entre las 12:00 y 14:00 horas en días despejados para minimizar la radiación difusa del cielo por las nubes. Las mediciones se hicieron semanalmente a partir de los 15 días después de la siembra (DDS). Los tratamientos en estudio fueron los diferentes niveles de evapotranspiración (T1= 100% x Kc, T2= 80%, T3= 60% y T4= riego por inundación como testigo) establecidos en las parcelas grandes y los híbridos establecidos en las parcelas chicas utilizando un diseño experimental de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

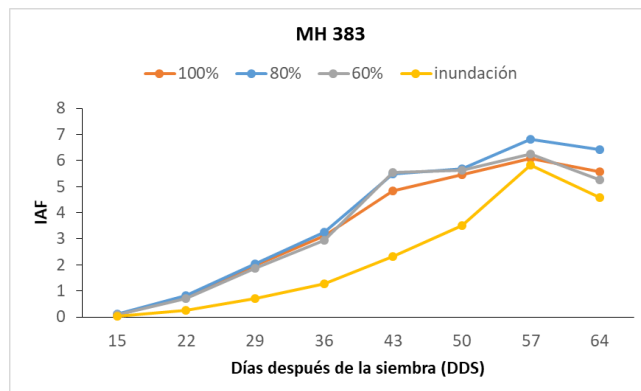
### Índice de área Foliar (IAF)

La figura 2 muestra el comportamiento del índice de área foliar en cada híbrido para los primeros 64 DDS. En los tres híbridos de maíz los valores máximos se han encontrado en el tratamiento 2, que corresponde al 80% con un valor de 6.82 en el híbrido MH-383, mientras que los valores mínimos se encuentran en el riego por inundación con 0.03 respectivamente, respecto a los dos híbridos de sorgo, el súper sorgo al inicio los valores máximos de 7.02 se encontraron al 100% para posteriormente a partir de los 45 DDS presentó valores similares de 6.23 al 80%, por último en el sorgo silo-miel los valores máximos de 7.91 se encontraron en el tratamiento de 80% y los valores mínimos de 0.01 en el de riego por inundación en ambos casos. Los valores bajos de IAF fueron debido a que los híbridos se encontraban estresados. Valores bajos de IAF fueron reportados por Montemayor *et al.*, 2012 y Reyes-González *et al.*, 2019, quienes reportaron disminuciones de IAF en maíz cuando este se encontraba en estrés hídrico.

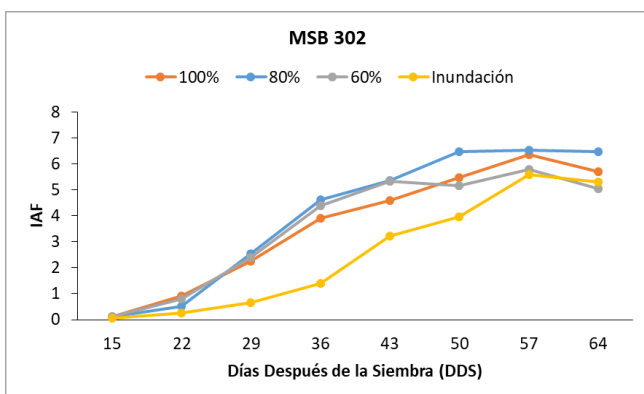




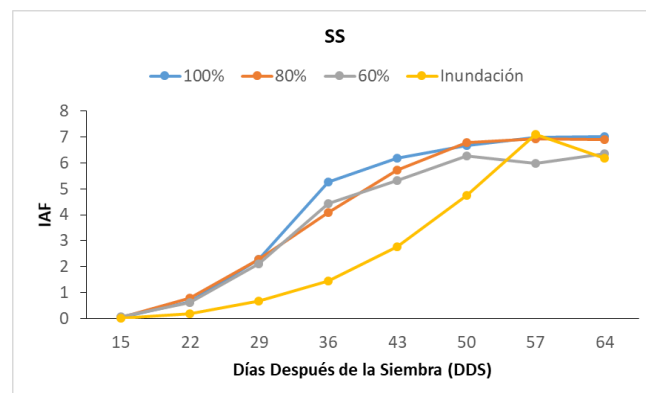
a)



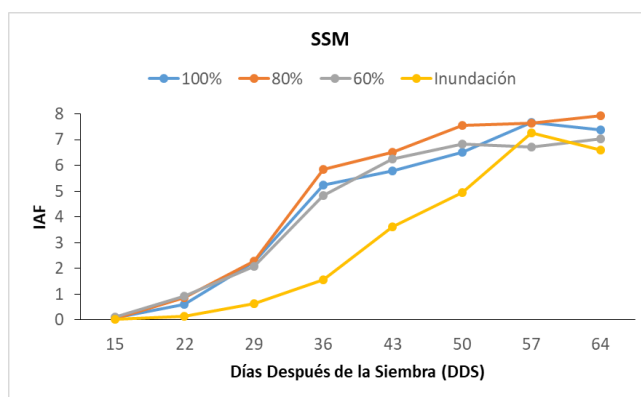
b)



c)



d)



e)

Figura 2. Comportamiento del IAF en cada híbrido bajo los diferentes tratamientos de riego.

La figura 3 muestra los resultados del comportamiento del IAF de los cinco híbridos bajo los diferentes tratamientos de riego, obteniendo los valores máximos de IAF en los dos sorgos en todos los tratamientos, al 100% a partir de los 29 DDS y en el riego por inundación a los 45 DDS. Se obtuvieron valores muy similares, respecto al 80% y 60% sobre sale un poco más el sorgo silo-miel, mientras que los híbridos de maíz tienen valores muy similares mostrando una descendencia el híbrido MH-431 en el tratamiento al 60% e inundación a los 43 y 50 DDS respectivamente.

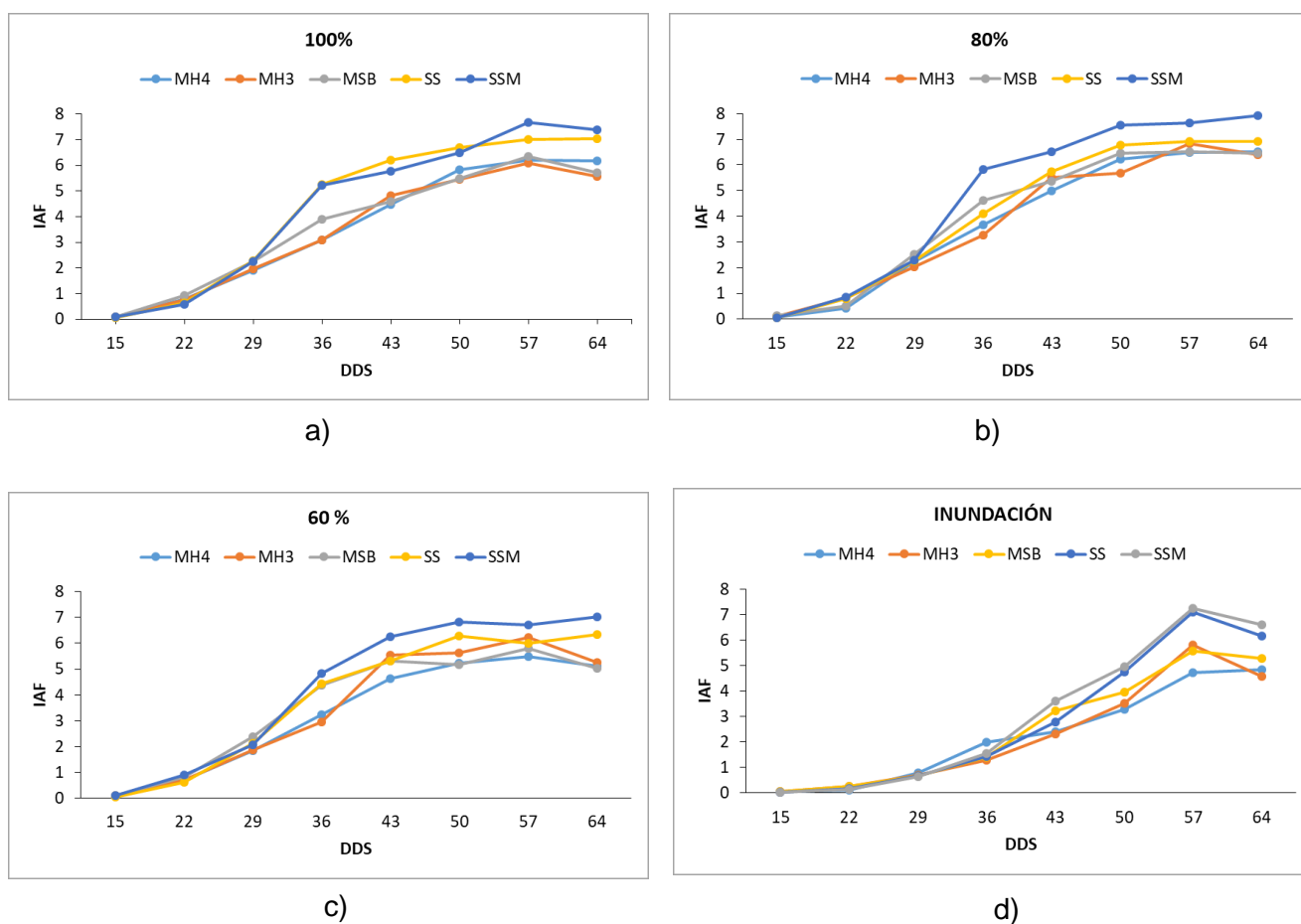


Figura 3. Comportamiento del IAF en cultivos forrajeros bajo los diferentes tratamientos de riego.

## CONCLUSIONES

El IAF se vio afectado en los híbridos por los diferentes tratamientos. En los híbridos de maíz se obtuvieron los valores máximos en el tratamiento 2 y respecto a los sorgos el SS en el tratamiento 1 se obtuvo los valores más altos igualándose al tratamiento 2 a los 45 DDS por último el SSM los valores máximos se encontraron en el tratamiento 2 y los valores mínimos se obtuvieron en el riego por inundación en todos los casos hasta en los 57 DDS los valores del IAF empiezan a igualarse en todos los híbridos. La diferencia entre estos se debió principalmente a las altas temperaturas registradas y al estrés hídrico de la planta. En conclusión, los valores preliminares de IAF jugaron un papel importante en la estimación y monitoreo de los rendimientos de los cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera.

## BIBLIOGRAFIA

- Asner, G. P., Scurlock, J. M., & Hicke, J. (2003). Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 191-205.
- El Siglo de Torreón. 2019. Resumen Comarca Lagunera 2019. Cía. Editora de la Laguna S.A de C.V. Torreón, Coahuila, México. 80 p.
- Godoy, A., C. 2000. Problemas asociados con la disponibilidad del agua. In: Tecnología de riego en nogal pecanero Libro Científico No. 1. Primera edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera. p. 43-48.
- Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.* 93: pp. 281-289.
- Kool, D., Agam, N., Lazarovitch, N., Heitman, J. L., Sauer, T. J., & Ben-Gal, A. (2014). A review of approaches for evapotranspiration partitioning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 56-70.
- Montemayor, T. J. A., J. L. Lara., J. L. Woo., L. J. Munguía., M. Rivera, R. Trucios. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia* 46:267-278.
- Pedroza, S. A., & Ríos, F., J., Torres, M., M., Cantú, B., J., Piceno, S. C., & Yáñez. L. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*, 32 (3), 231-23.
- Reyes-González, A. Kjaersgaard, J., Trooien, T., Reta, D.G., Sánchez, J.I., Preciado, P. y Fortis, M. (2019). Comparison of leaf area index, surface temperature and actual evapotranspiration estimated using the METRIC model and in situ measurements. *Sensors*, 19, 1857.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).2012.
- Stewart, D., Costa, C., Dwyer, L., Smith, D., Hamilton, R., & Ma, B. (2003). Canopy structure, light interception, and photosynthesis in maize. *Agronomy Journal*, 95(6), 1465-1474.
- Tewelde, H., Sistani, K., Rowe, D., Adeli, A., & Tsegaye, T. (2005). Estimating cotton leaf area index nondestructively with a light sensor. *Agronomy Journal*, 97(4), 1158-1163.
- Wilhelm, W., Ruwe, K., & Schlemmer, M. R. (2000). Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. *Crop Science*, 40(4), 1179-1183.

## IMPACTO ECONÓMICO DE LA GENERACIÓN, TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-520

Mercedes Borja Bravo<sup>1</sup>, Jaime Rangel Quintos<sup>2</sup>, Alejandra Velez Izquierdo<sup>3</sup>, Venancio Cuevas Reyes<sup>4</sup> y Georgel Moctezuma López<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Pabellón, km. 32.5 carretera Aguascalientes - Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671. Correo electrónico: [borja.mercedes@inifap.gob.mx](mailto:borja.mercedes@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>INIFAP. Campo Experimental La Posta, km. 22.5 carretera Veracruz - Córdoba, Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz. C. P. 94277. <sup>3</sup>INIFAP. CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, km 1. Carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, Qro. C.P. 76280. <sup>4</sup>INIFAP. Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 Carr. Los Reyes- Texcoco, Coatlinchán. Texcoco, Estado de México. C.P. 56250. <sup>5</sup>INIFAP. Centro nacional de Investigación Disciplinaria Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Av. Progreso No. 5, Barrio Santa Catarina, Delegación Coyoacán, Ciudad de México. C. P. 04010.

### INTRODUCCION

El desarrollo de ciencia y tecnología en el sector agropecuario es una herramienta generadora de cambio tecnológico para lograr el incremento en la producción de alimentos. Sin embargo, los fondos públicos destinados a la investigación son cada vez más limitados y deben ser plenamente justificados con la cuantificación de los impactos que se obtienen a partir de la adopción de las nuevas propuestas tecnológicas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), como Centro Público de Investigación (CPI) desarrolla proyectos tendientes a resolver problemas del sector agropecuario y forestal. Derivado de la ejecución de los proyectos de investigación se generan tecnologías orientadas a contribuir a mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción y de los productores agrícolas, pecuarios y forestales. La evaluación de impactos económicos de las tecnologías generadas por investigadores del INIFAP es una forma de demostrar el beneficio que generan los productos resultantes de la investigación. El impacto económico se mide en torno al beneficio económico que genera el uso de una tecnología en la sociedad y uno de los métodos más utilizados es el de los excedentes económicos (Magalhães *et al.*, 2004; Nozar, 2007; González-Estrada *et al.*, 2018).

Entre las líneas de investigación que se desarrollan en INIFAP se encuentra la de mejoramiento genético de cultivos, que se define como el desarrollo de cultivares genéticamente superiores con buenas características agronómicas para el beneficio de los productores agrícolas (González-Estrada *et al.*, 2003). El Programa de Mejoramiento

Genético de Maíz del INIFAP, en el año 2004 liberó y registró el híbrido H-520, con las características agronómicas de alto potencial de rendimiento y adaptabilidad en la región tropical de México (Sierra-Macías *et al.*, 2008). Hasta el 2010 se establecieron parcelas de validación en 14 ambientes en Veracruz y Tabasco para conocer su comportamiento comercial con la tecnología de productores, donde se demostró que era un híbrido con adaptación al trópico mexicano superando en 9% al híbrido testigo (H-513), además de contar con la ventaja de mayor rendimiento y rentabilidad en la producción de semilla certificada (Sierra-Macías *et al.*, 2016).

Durante el periodo de 2008 a 2013, el Campo Experimental Cotaxtla registró una producción del híbrido H-520 de 1,630 toneladas de semilla certificada, equivalente a la siembra comercial de 84,940 hectáreas en los estados de Veracruz, Campeche, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Morelos, Estado de México, Colima, Guerrero y Tabasco (Sierra-Macías *et al.*, 2016). La adopción del híbrido por parte de las empresas semilleras y los productores de maíz ha generado una derrama económica, la cual representa la retribución a la inversión pública realizada en la generación y adopción de la tecnología; sin embargo, surge la interrogante ¿Cuál ha sido la ganancia efectiva que ha recibido la sociedad por la generación y desarrollo del híbrido H-520? para dar respuesta, el objetivo fue evaluar el impacto económico derivado de la inversión pública en investigación en la generación, transferencia y adopción del híbrido H-520 trilineal de maíz para el trópico húmedo de México, con la finalidad de cuantificar la ganancia que representa la adopción de la tecnología a la sociedad mexicana.

## MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con el objetivo planteado se utilizó el enfoque del concepto del excedente económico basado en la teoría del bienestar Marshalliano mediante la técnica del beneficio-costos (Rodrigues *et al.*, 2004). El análisis se realizó considerando el supuesto de que la innovación provoca un aumento de la producción visible en mayores rendimientos o mayor superficie sembrada, entonces la curva de demanda es perfectamente elástica y la curva de oferta vertical (Dias *et al.*, 2008).

La estimación del retorno económico de la investigación se basó en la comparación de los costos de inversión de la misma y el cambio en el ingreso que provocó la adopción de la tecnología generada por INIFAP en el excedente económico de los productores que la adoptaron. La medición se realizó a través del valor actual neto (VAN), la tasa interna de

retorno (TIR) y la relación beneficio costo (R B/C) para el flujo de los fondos que surgen de ambos conceptos.

La información requerida fueron los costos del proceso de investigación y transferencia de tecnología: 1) costo de personal que se refieren a la remuneración anual bruta del personal investigador y apoyo técnico implicado en la generación y transferencia de la tecnología. 2) costo de la investigación, donde se consideró el presupuesto asignado para la ejecución del proyecto en el cual se generó la tecnología. 3) depreciación del capital que correspondió a la depreciación anual de los bienes de capital del centro de investigación en el cual se generó la tecnología y que fueron empleados en la generación de la tecnología. 4) costo de administración que implicó el pago del personal administrativo, así como gastos fijos (vigilancia, limpieza, teléfono, energía eléctrica, internet, agua, entre otros) del centro de investigación donde se generó la tecnología. 5) costo de transferencia de la tecnología donde se consideraron los costos realizados por el centro de investigación para difundir y divulgar la adopción de la tecnología evaluada (material impreso y acciones de capacitación a productores y técnicos). Los costos fueron obtenidos mediante una entrevista estructurada a los investigadores generadores de la tecnología, consulta personal a administrativos y consulta en bases de datos del Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI) del INIFAP (INIFAP, 2018).

Para estimar el beneficio económico, primero se calculó la ganancia unitaria con la siguiente fórmula:

$$G = (R_{tn} - R_{tt}) * P_x$$

Donde  $G$  es la ganancia unitaria,  $R_{tn}$  es el rendimiento obtenido con la tecnología nueva (H-520),  $R_{tt}$  es el rendimiento obtenido con la tecnología tradicional (H-513),  $P_x$  es el precio de venta del productor. La información se obtuvo de reportes técnicos y publicaciones científicas sobre la generación, validación y transferencia de la tecnología.

Para la estimación del beneficio económico también se utilizó el porcentaje de participación del INIFAP en la generación y transferencia de la tecnología, el cual se determinó en 70%, esto con base en lo señalado por Dias *et al.* (2008), quienes expresaron que el valor de participación no puede ser mayor ya que existen otras instancias e instituciones que intervienen en el proceso. Por último, se requirió la superficie de siembra en la que se utilizó la tecnología, dicha información fue obtenida de Sierra-Macías *et al.* (2016).

El costo y beneficio de la tecnología fue actualizado a una la tasa de descuento de 9.5% propuesta por González-Estrada *et al.* (2018) quienes la describen como la tasa media

real de rendimiento, libre de impuestos, que recibe el capital en forma de inversión de portafolio y como inversión nacional y extranjera directa. Finalmente, con los flujos de costos y beneficios actualizados se estimaron los indicadores del Valor Actual Neto (VAN) que es la suma de los flujos netos actualizados a la tasa de interés social, la Tasa Interna de Retorno (TIR) que es la tasa que reduce a cero el flujo corriente de beneficios netos del proyecto y la Relación Beneficio Costo (R B/C) que representa el resultado de dividir la suma del flujo de beneficios actualizados entre la suma del flujo de costos actualizados (González y Wood, 2006; González-Estrada *et al.*, 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las principales actividades de generación del híbrido H-520 se realizaron entre 1999 a 2004, a partir de 2007 se inició el proceso de transferencia y adopción de la tecnología. Los costos en investigación y transferencia de la tecnología se observan en el Cuadro 1, el 80.3% del gasto fue dirigido al pago de sueldos a investigadores y personal de apoyo, Estos resultados coinciden con los reportados por González-Estrada y col. (2018), quienes calcularon un gasto promedio de personal investigador y de apoyo de 86% en la generación de otras tecnologías de INIFAP. El proceso de transferencia de tecnología, representó el 5.6% en el total de la inversión realizada para la generación de la tecnología.

Cuadro 1. Costos de la investigación y transferencia de la tecnología (\$).

Año	Gasto por Investigación	Depreciación de Capital	Costos de administración	Costos de transferencia	Total
1999	584,906	8,289	69,379	0	662,574
2000	584,906	8,289	70,386	0	663,581
2001	584,906	8,289	58,373	0	651,568
2002	584,906	8,289	60,387	0	653,582
2003	584,906	8,289	50,395	0	643,590
2004	584,906	8,289	76,364	0	669,559
2005	283,958	8,289	57,371	0	349,618
2006	133,484	8,289	50,383	0	192,156
2007	133,484	8,289	53,395	132,000	327,168
2008	133,484	8,289	53,362	95,000	290,135
2009	110,913	8,289	38,275	67,000	224,477
2010	133,484	8,289	38,286	15,000	195,059
Total	4,438,248	99,463	676,356	309,000	5,523,066

El beneficio económico bruto que generó la tecnología durante el periodo 2007 a 2018 se observa en el Cuadro 2. La ganancia unitaria y la ganancia neta fueron estimadas, la diferencia es que esta última es la aportación monetaria por hectárea de la tecnología al considerarse únicamente el porcentaje de participación del instituto en la generación y transferencia tecnológica, en este caso 70%. Finalmente, la ganancia neta se multiplicó por la superficie de tierra en la que se utilizó el híbrido, lo que dio como resultado el beneficio económico bruto. El área de adopción muestra que el híbrido H-520 se encuentra en la fase de descenso, esto se explica porque existen otros híbridos nuevos que lo han sustituido (González-Estrada et al., 2009). Según los resultados del Cuadro 2, en el año 2020, los beneficios obtenidos por el uso de la tecnología superaron el costo total de la inversión realizado en la generación y transferencia de tecnología.

Cuadro 2. Beneficios económicos brutos de la tecnología.

<b>Año</b>	<b>Ganancia unitaria (\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ganancia neta (\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área de adopción ha</b>	<b>Beneficio económico (\$)</b>
2007	1,300	1,365	9,100	12,421,500
2008	1,170	1,138	17,900	20,361,250
2009	975	1,365	7,940	10,838,100
2010	1,950	1,378	11,400	15,711,423
2011	1,625	1,479	11,200	16,562,000
2012	1,950	1,684	16,700	28,114,450
2013	1,969	1,799	10,700	19,250,049
2014	2,113	1,661	10,000	16,607,500
2015	2,405	1,809	8,000	14,472,640
2016	2,570	1,683	7,000	11,781,315
2017	2,373	1,775	6,000	10,652,460
2018	2,584	2,057	5,000	10,285,275
2019	2,404	2,057	4,000	8,228,220
2020	2,536	2,057	3,000	6,171,165

En el Cuadro 3 se observan los flujos actualizados del costo de la investigación, el flujo de los beneficios y el flujo del beneficio neto. Los costos de investigación y transferencia de tecnología actualizados con año base de 2018 a una tasa de descuento de 9.5%, fueron de 22.07 millones de pesos; mientras que, durante el 2007-2020 se estimó un beneficio actualizado con base 2018 de 342.8 millones de pesos.



Cuadro 3. Beneficios económicos netos de la tecnología (\$).

Año	Flujo de costos actualizados	Flujo de beneficios actualizados	Flujo de beneficio neto actualizado
1999	3,716,230	0	-3,716,230
2000	3,398,976	0	-3,398,976
2001	3,047,893	0	-3,047,893
2002	2,792,068	0	-2,792,068
2003	2,510,852	0	-2,510,852
2004	2,385,539	0	-2,385,539
2005	1,137,568	0	-1,137,568
2006	570,983	0	-570,983
2007	887,822	33,707,718	32,819,896
2008	719,020	50,459,812	49,740,792
2009	508,041	24,529,022	24,020,981
2010	403,161	32,473,453	32,070,292
2011	0	31,261,630	31,261,630
2012	0	48,463,448	48,463,448
2013	0	30,304,173	30,304,173
2014	0	23,875,954	23,875,954
2015	0	19,001,598	19,001,598
2016	0	14,126,091	14,126,091
2017	0	11,664,444	11,664,444
2018	0	10,285,275	10,285,275
2019	0	7,514,356	7,514,356
2020	0	5,146,819	5,146,819
<b>Total</b>	<b>22078152.81</b>	<b>342,813,793</b>	<b>320,735,640</b>

Con respecto a los indicadores económicos el VAN del flujo de los beneficios económicos generados por el uso de la tecnología a una tasa de descuento del 9.5% fue de 320.7 millones de pesos de 2018, lo que representó 14.4 veces lo invertido en la generación y transferencia de la tecnología (Cuadro 4). La relación beneficio costo a una tasa de descuento del 9.5% fue de 15.5 lo que significó que, por cada peso invertido en la generación y transferencia de la tecnología evaluada, arrojó una ganancia de 14.5 pesos para los productores adoptantes y la sociedad. Por último, la TIR fue mayor a 9.5% que fue la tasa media real de rendimiento considerada. Por lo anterior, se puede deducir que el híbrido H-520 representó una opción eficiente en la asignación de recursos de investigación, ya que la inversión realizada retribuye económicamente a los productores y la sociedad.

Cuadro 4. Indicadores económicos de la tecnología.

Indicador económico	Valor
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 320,735,640
Tasa Interna de Retorno (TIR)	49.4%
Relación Beneficio Neto (R B/C)	15.5

## CONCLUSIONES

La evaluación del impacto económico que genera el uso del híbrido H-520 revela la importancia de destinar inversión pública a la investigación en el sector agropecuario del país, ya que genera beneficios para los mexicanos al destinar recursos económicos en la generación y proceso de transferencia y adopción de esta tecnología. Los beneficios económicos netos actualizados obtenidos por el uso de H-520 son mayores en 14.5 veces a la inversión realizada y significa que se ha recuperado el capital destinado a la investigación para la generación del híbrido; además con el uso de la tecnología se contribuyó al bienestar de los productores agrícolas y de la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

- González-Estrada, A., Acosta-Gallegos, J., Sánchez-Valdez, I., Ochoa-Márquez, R., Pajarito-Revelero, A., Ibarra- Pérez, F. J., Compeán-Guzmán, F. J., Martínez-Parra, R. y Wood, S. 2003. Impacto económico del mejoramiento genético de frijol en México: variedad pinto Villa. México: Publicación técnica No. 1. INIFAP. 56 Pp.
- González-Estrada, A., Camacho-Casas, M. A. y Villaseñor-Mir, H. E. 2018. Impactos económicos, sociales y ambientales de la variedad de trigo CIRNO. México: Publicación técnica No. 31. Serie: estudios de evaluación del impacto económico de productos del INIFAP. 56 Pp.
- Magalhães, M., Irias, L., Rodigheri, H., Vedovoto, G., y Wander, A. 2004. Sistema de avaliação dos impactos econômicos e ambientais da Embrapa-Estudo de caso. [En línea]. Disponible en: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141266/1/2004-Honorino-SOBER-Sistema-de-Avaliacao.pdf>. Fecha de consulta: 12 de junio de 2019.
- Nozar, G. 2007. Evaluación del impacto económico, social y ambiental de la investigación de INIA en arroz y lechería. Periodo 1990-2005. [En línea]. Disponible en: [http://argus.iica.ac.cr/Esp/organizacion/LTGC/TecnologiaeInnovacion/Publicaciones\\_Tel/Ev allImpacto\\_INIA\\_arroz\\_leche.pdf](http://argus.iica.ac.cr/Esp/organizacion/LTGC/TecnologiaeInnovacion/Publicaciones_Tel/Ev allImpacto_INIA_arroz_leche.pdf). Fecha de consulta: 12 de junio de 2019.
- Sierra M. M., Palafox C. A., Rodríguez M. F., Espinosa C. A., Gómez M. N., Caballero H. F., Barrón F. S., Zambada M. A. y Vázquez C. G. 2008. H-520 Híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura técnica en México. 34(1): 119-122.
- Sierra-Macías, M., Rodríguez-Montalvo, F. A., Palafox-Caballero, A., Espinosa-Calderón, A., Andrés- Meza, P., Gómez-Montiel, O. y Valdivia-Bernal, R. 2016. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520 en el trópico de México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 13: 19-32.

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES DE FRIJOL DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES Y SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.**

**Mercedes Borja Bravo<sup>1</sup>, Sergio Arellano Arciniega<sup>1</sup>, Francisco Garibaldi Marquez<sup>1</sup> y Esteban Salvador Osuna Ceja<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto 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](mailto:borja.mercedes@inifap.gob.mx).

### **INTRODUCCIÓN**

El frijol es un alimento de la canasta básica de los mexicanos por lo que es un cultivo de importancia social y económica en México. Durante el periodo 2015 a 2018, la superficie agrícola de frijol en el país fue de 1.66 millones de hectáreas (ha) que representaron 7.9% del total nacional. En el mismo periodo, la producción promedio fue de 1.10 millones de toneladas (t), con un valor monetario de 13,130 millones de pesos (SIAP, 2018).

La región productora de frijol en los estados de Aguascalientes y San Luis Potosí forma parte del Altiplano semiárido del Centro-Norte de México y se caracteriza por su clima semidesértico. En el 2018, entre los dos estados se sembraron 120 mil ha que representaron el 9% de la superficie nacional de frijol. En esta región, la leguminosa se cultiva en seco y las condiciones agroclimáticas del altiplano mexicano repercuten en la producción de frijol, según estudios realizados el cultivo se produce en ambientes con temporal deficiente, donde la sequía causa bajos rendimientos de grano, existen suelos delgados y degradados, con bajo contenido de materia orgánica y capacidad limitada para la retención de humedad (Acosta- Díaz *et al.*, 2011). Existen otros factores que también afectan la productividad del cultivo, como es la descapitalización del sector, maquinaria insuficiente y en mal estado, la existencia de plagas y enfermedades, heladas tempranas y el poco uso de variedades mejoradas (Ayala *et al.*, 2008; De los Santos-Ramos, *et al.*, 2017).

Aun cuando existen diversos estudios que denotan los factores de la baja productividad del cultivo del frijol en la región productora del altiplano del norte centro de México, no se describen a detalle los aspectos socioeconómicos y productivos de los sistemas de producción; aun cuando esta información es de importancia para el diseño de estrategias efectivas para la transferencia y adopción de nuevas tecnologías. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar las características socioeconómicas y productivas de los sistemas de producción de frijol en temporal en la región productora de frijol que integran los estados de San Luis Potosí y Aguascalientes, con la finalidad de generar

información actual para la toma de decisiones en las estrategias de transferencia de tecnología a productores.

### MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en los municipios de Asientos, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, Pabellón de Arteaga y El Llano en Aguascalientes y en Salinas de Hidalgo, Villa de Arriaga y Santo Domingo en San Luis Potosí. Esta área se caracteriza por presentar latitudes en un rango de 1,700 a 2,200 metros sobre el nivel del mar (msnm); el clima es seco y semiseco con precipitación pluvial promedio histórica de 400 a 500 mm en los municipios de Aguascalientes, entre 300 y 400 mm en Salinas y Santo Domingo y 600 mm en Villa de Arriaga. La temperatura promedio anual es de 12 a 18 °C (INEGI, 2017).

Para obtener la información se aplicó una encuesta a productores de frijol. El tamaño de muestra se determinó mediante el diseño de Muestreo de Proporciones de Varianza Máxima (MPVM) (Infante y Zarate, 1990), la formula se expresa a continuación:

$$n = \frac{N p(1 - q)}{(N - 1) \left( \frac{b}{Z_{1-\alpha}} \right)^2 + p(1 - q)}$$

Donde  $n$  fue el tamaño de la muestra,  $N$  el tamaño de la población objetivo igual a 200 productores registrados en el padrón del Programa de Extensionismo Rural de la SAGARPA 2018,  $\beta$  fue la precisión en porcentaje (22%) y  $Z_{1-\alpha}$  el valor de confiabilidad al 95% (1.64). El tamaño de la muestra fue de 44 productores, que representaron el 27% de la población.

La encuesta se centró en obtener información sobre tres apartados principales que se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características socioeconómicas y productivas consideradas en la encuesta a productores de frijol de temporal en Aguascalientes y San Luis Potosí.

<b>Características</b>	<b>Variables</b>
Demográficas del productor	Edad Escolaridad Tenencia de la tierra Experiencia en la producción
Productivas	Rendimiento Superficie sembrada Uso de insumos agroquímicos Prácticas agronómicas variedad
Económicas	Costos de producción Costo medio de producción Ingreso neto Relación Beneficio Costo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características demográficas

Los productores encuestados fueron hombres y solo una mujer productora. El 56.8% de los encuestados se ubican en el estado de Aguascalientes y 43.2% en San Luis Potosí. La edad promedio de los productores fue de 48.4 años y el mayor porcentaje se ubicó en un rango de entre 25 a 35 años y 46 a 55 años; sin embargo, el 50% de los productores tienen entre 46 y 70 años. El 38.6% de los encuestados tienen estudios primarios y el 25% licenciatura (Cuadro 2). El 86.4% de los productores tienen sus parcelas en régimen ejidal, 15.9% tienen pequeña propiedad y 6.8% rentan la parcela. Los productores de frijol tienen en promedio 23.6 años de producir frijol, lo que denota la tradición productiva de la zona.

Cuadro 2. Características demográficas de los productores de frijol.

<b>Características demográficas</b>	<b>No. De productores</b>	<b>Porcentaje %</b>
<b>Edad</b>		
25 a 35	12	28.6
36 a 45	5	11.9
46 a 55	13	31.0
56 a 70	8	19.0
70 a mas	4	9.5
<b>Escolaridad</b>		
Sin estudios	1	2.4
Primaria	16	38.1
Secundaria	9	21.4
Preparatoria	5	11.9
Licenciatura	11	26.2
<b>Tenencia de la tierra</b>		
Ejidal	36	81.8
Pequeña propiedad	7	15.9
Rentada	3	6.8
<b>Experiencia en la producción</b>		
1-10 años	12	28.6
11-20 años	10	23.8
más de 20 años	20	47.6

La edad y escolaridad son factores que influyen directamente sobre la forma de cultivar y la disponibilidad por parte de los productores de adoptar nuevas tecnologías; es decir, que a mayor edad y menor escolaridad, los productores son más reacios al cambio tecnológico; mientras que, los productores con experiencia en la actividad y más escolaridad es posible que se encuentren en un proceso de transición, con mayor apertura al cambio tecnológico, de una producción tradicional a una con visión más empresarial (Damián *et al.*, 2007). La edad y escolaridad son aspectos a considerar en las estrategias de transferencia de tecnología, ya que la capacitación que se brinde tiene que ser transmitida a los productores de una forma sencilla y elocuente para que sea captada y asimilada por los usuarios. Así mismo, los métodos de aprendizaje utilizados para transmitir la información deben ser seleccionados y diferenciados de acuerdo a las características de los productores, ya que se esperaría que los productores más jóvenes y escolarizados asimilen el conocimiento de forma rápida y viceversa.

## Características productivas

Los productores de Aguascalientes en promedio siembran 5.6 ha de frijol y las parcelas pueden tener una extensión entre 1 a 27 ha. Los productores de San Luis Potosí cultivan superficies más grandes, en promedio 11.7 ha y oscilan entre 0.5 a 30 ha (Cuadro 3). El rendimiento promedio de grano de la región de estudio fue de 468 kg ha<sup>-1</sup> el cual fue menor al rendimiento de frijol promedio nacional en temporal (600 kg ha<sup>-1</sup>) y al del estado de Zacatecas (590 kg ha<sup>-1</sup>), principal estado productor y vecino del área de estudio (SIAP, 2018).

Cuadro 3. Superficie sembrada y rendimiento del área de estudio.

<b>Estado</b>	<b>Superficie sembrada</b> ha	<b>Rendimiento</b> Kg ha <sup>-1</sup>
Aguascalientes	5.62 ± 6	479 ± 163
San Luis Potosí	11.7 ± 12.2	458 ± 109
Promedio	8.1 ± 9.5	468 ± 143

En el Cuadro 4 se observan las principales prácticas agronómicas que realizan los productores al cultivo de frijol. Los productores preparan el suelo con arado, solo el 4.8% utilizan el subsuelo. El 100% de los encuestados rastrea al menos una vez su parcela. El uso de fertilizantes es bajo, ya que solo el 35.7 de los encuestados utiliza este tipo de insumos. Como se observa en el Cuadro 4, el uso de biofertilizantes y la fertilización foliar son las más empleadas, esto se debe a que son prácticas que no requieren de mucha inversión como lo es la aplicación de urea y superfosfato de calcio simple. El 19% de los productores de frijol utilizan insecticidas, principalmente para el control de “chicharrita” (*Empoasca spp.*) y “mosquita blanca” (*Trialeurodes vaporariorum*). Los productores afirmaron que la propagación de malezas es un problema al que se enfrentan año con año, por lo que el uso de herbicidas es recurrente, así como el deshierbe manual y la escarda, que son las prácticas con las cuales controlan este problema. El 11.9% de los encuestados realiza el piloteo, como una práctica para la captación de agua de lluvia in situ. Los productores de frijol de los municipios de San Luis Potosí son los que piletean su parcela, esto se debe a que es un implemento que les fue otorgado como parte de un programa gubernamental; en el caso de los productores de Aguascalientes no realizan esta actividad.

Cuadro 4. Prácticas agronómicas que realizan los productores de frijol

<b>Práctica agronómica</b>	<b>No. De productores</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Preparación del suelo		
Arado	40	95.2
Subsuelo	2	4.8
Rastra	42	100.0
Fertilización		
Urea	4	9.5
Súper fosfato de calcio triple	3	7.1
Biofertilizantes	7	16.7
Fertilización foliar	7	16.7
Otro:	3	7.1
Insecticidas	8	19.0
Herbicida	21	50.0
Deshierbe manual	15	35.7
Escarda	32	76.2
Pileteo	5	11.9

Como parte de los componentes en la producción de frijol, la variedad que siembran es importante. En la región de estudio se siembra frijol del tipo rosa, negro y pinto. En el Cuadro 5 se observa que el 81% de los productores siembra frijol de la variedad Pinto Saltillo, 14.3% flor de junio y negro y 9.5% flor de mayo. El 19% de los productores diversifican la producción al sembrar dos o más variedades en la parcela. Una característica importante es que solo los productores de los municipios de San Luis Potosí son los que siembran frijol del tipo negro; mientras que, los de Aguascalientes observan una tendencia a cambiar la variedad de rositas por pinto saltillo, ya que esta última tiene una buena aceptación en el mercado.

Cuadro 5. Variedad de frijol que siembran los productores

<b>Variedad</b>	<b>No. De productores</b>	<b>Porcentaje</b>
Bayo	1	2.4
Flor de junio	6	14.3
Flor de mayo	4	9.5
Pinto saltillo	34	81.0
Negro	6	14.3

El costo de producción promedio de los productores de frijol en el área de estudio fue de \$5,239 por ha (Cuadro 6). Según los resultados obtenidos, el costo es mayor en los productores de Aguascalientes comparado con los de San Luis Potosí, esto se explica



porque los productores de Aguascalientes utilizan fertilizantes químicos y biofertilizantes; además, realizan control de plagas y maleza de forma química, manual y mecánica; mientras que, los productores de San Luis Potosí registraron un menor uso de fertilizantes, no realizan control de plagas, el 41% realiza control de maleza manual y dan preferencia a la escarda.

Cuadro 6. Características económicas de los productores de frijol

Concepto	Aguascalientes	San Luis Potosí	Promedio
Costos de producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	5,816 ± 2,446	4,493 ± 948	5,239 ± 2,067
Costo medio de producción (\$ kg)	13.5 ± 6.6	10.4 ± 3.6	12.1 ± 5.73
Ingreso Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	963 ± 3,295	1,874 ± 2,010	1,375 ± 2,794
Relación Beneficio Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	1.15 ± 0.6	1.4 ± 0.4	1.3 ± 0.58

El costo medio de producción de los productores de Aguascalientes fue de \$13.5 por kg y de \$10.4 por kg para los de San Luis Potosí. Los anterior significa que a los productores de Aguascalientes les es más caro producir un kilogramo de frijol. Los mayores costos de producción disminuyen la ganancia que obtienen los productores de Aguascalientes, ya que el ingreso neto promedio de estos fue de \$963 por ha; mientras que, los de San Luis Potosí obtuvieron \$1,874 por ha.

La rentabilidad fue mayor en los productores de San Luis potosí en 25%, ya que como lo expresa la relación beneficio costo (Cuadro 6), los productores de ese estado obtuvieron 40 centavos por cada peso invertido y los de Aguascalientes 15 centavos por cada peso gastado. Según los datos obtenidos, el 47.8% de los productores encuestados en los municipios de Aguascalientes obtienen pérdidas en el cultivo de frijol, ya que la relación beneficio costo fue menos a la unidad; esta condición también se presentó en el 15.8% de los productores de los municipios de San Luis Potosí. Los resultados son similares a los reportados por Padilla- Bernal *et al.* (2012), quienes mencionaron que en el municipio de Ojo caliente Zacatecas, los sistemas de producción de frijol de temporal mostraron ganancias negativas y no son competitivos, debido al tipo de tecnología que utilizan. Los resultados de los autores son importantes, porque trata de un distrito de riego cercano al área de estudio.

## CONCLUSIONES

Las características de los productores de frijol de temporal en la región de estudio, vislumbran un panorama con grandes retos. Las estrategias y actividades utilizadas para la transferencia de tecnología deben estar orientadas a personas con una tradición productiva arraigada y diferenciadas por métodos de enseñanza acordes a los rangos de edad y nivel escolar. Por otro lado, se deben recomendar prácticas agrícolas que propicie el aumento en el rendimiento de grano y que sean económicamente factibles, con la finalidad de que esto no eleve el costo medio de producción. En la región de estudio, la tecnología actual de los productores de frijol en temporal no es rentable para todos, por lo cual se debe trabajar en estrategias que propicien mejorar esta condición de los sistemas de producción y beneficien la economía de las familias rurales de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Díaz E., I. Hernández-Torres, R. Rodríguez-Guerra, J. A. Acosta-Gallegos, J. Pedroza-Flores, M. D. Amador-Ramírez y J. S. Padilla-Ramírez. 2011. Efectos de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2:249-263.
- Ayala G. A. V., R. E. Schwentesius R. y G. Almaguer V. 2008. La competitividad del frijol en México. *El cotidiano* 147:81-89.
- Damián, H. M. A.; Ramírez, V. B.; Parra, I. F.; Paredes, S. J. A.; Gil, M. A.; Cruz, L. A. y López, O. J. F. 2007. Adopción de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):163-173
- De los Santos-Ramos. M., T. Romero-Rosales y E. E. Bobadilla-Soto. 2017. Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. *Agronomía Mesoamericana* 28:439-453, <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23608>.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Mapa digital de México. [En línea]. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjlxLjlxMDUyLGxvbjotMTAwLjMzMzI4LHo6NCxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Infante G., S. y Zárate L., G. P. 1990. *Métodos estadísticos: un enfoque multidisciplinario*. México: Ed. Trillas. 2da. Edición. 643 Pp.
- Padilla-Bernal L. E., E. Reyes-Rivas, A. Lara-Herrera y O. Pérez-Veyna. 2012. Competitividad, eficiencia e impacto ambiental de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1187-1201.
- SIAP, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Producción agrícola: Cierre de la producción agrícola. [En línea]. Disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/). Fecha de consulta: 6 de diciembre de 2018.

## **EFFECTO DE SISTEMAS DE LABRANZA EN EL RENDIMIENTO DE FORRAJE DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN AGUASCALIENTES**

**Dolores Briones-Reyes<sup>1\*</sup>**

**<sup>1</sup>INIFAP CE Pabellón, km. 32.5 carr. Ags.-Zac., Pabellón de Arteaga, Ags. CP 20660  
E-mail: briones.dolores@inifap.gob.mx**

### **INTRODUCCIÓN**

El maíz es uno de los cultivos más importantes en México, no solo por el área sembrada, si no por su uso en la alimentación humana y animal, el forraje de maíz por su elevado rendimiento y calidad nutricional, es fuente principal para la alimentación de ganado en regiones productoras de leche, por lo que, la demanda de este insumo es cada vez mayor. En Aguascalientes, en 2018 se sembraron 13,456 ha con maíz para la producción de forraje, bajo riego, de las cuales se obtuvieron 906,244.46 toneladas de forraje (SIAP, 2019). La mayoría de la producción se obtiene bajo el sistema de labranza tradicional, que implica un laboreo con arados y rastras en pasadas independientes, que conlleva a la eliminación de la cubierta vegetal lo que aumenta el riesgo de erosión del suelo y pérdida de fertilidad, además de incrementar los costos de producción.

Sistemas de producción con base en la Agricultura de Conservación (AC) se han implementado para aminorar los efectos del laboreo excesivo, prevenir la pérdida de tierras cultivables y a la vez regenerar las tierras degradadas. La agricultura de conservación promueve el mantenimiento de residuos de manera permanente en los suelos, el laboreo mínimo y la diversificación de especies vegetales. Potencia la biodiversidad y los procesos biológicos naturales por encima y por debajo de la superficie del suelo, de esta forma contribuye a un mayor aprovechamiento del agua y nutrientes (FAO, 2019). A través de la colaboración con el programa MasAgro (CIMMYT), en Aguascalientes 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, bajo distintos tratamientos de labranza y manejo de residuos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela experimental, 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 y un suelo franco arcillo-arenoso pedregoso.

En el ciclo PV 2018, se sembró el híbrido de maíz H-E1, en cinco tratamientos de labranza y manejo de residuos (Cuadro 1), a una densidad de siembra de 80,000 plantas/ha, 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, el control de malezas y plagas se realizó mediante la aplicación de productos específicos a cada especie.

La cosecha de forraje, se realizó en etapa de grano lechoso-masoso, 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 7.6 m<sup>2</sup> (2 surcos de 5 m de longitud), en los que se cosechó y pesó en fresco el total de plantas. Posteriormente, de una submuestra se determinó el porcentaje de materia seca utilizando 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 establecidos en Aguascalientes 2018.

Trat.	Abreviación	Rotación	Practica de labranza	Manejo de rastrojo
1	MT+e, LM, R	Maíz (PV);Triticale+Ebo (OI)	Labranza Mínima (rastra y surcado)	Remove
2	MT+e, LM, P	Maíz (PV);Triticale+Ebo (OI)	Labranza Mínima (rastra y surcado)	Parcial 30 %
3	MT+e, CL, R	Maíz (PV);Triticale+Ebo (OI)	Cero Labranza (siembra directa)	Remove
4	MT+e, LC, R	Maíz (PV);Triticale+Ebo (OI)	Labranza Convencional (subsuelo, volteo, rastreo, surcado)	Remove
5	MT+e, CL, P	Maíz (PV);Triticale+Ebo (OI)	Cero Labranza (siembra directa)	Parcial 30%

M= maíz, T+e= triticale+ebo, G=Girasol, D= descanso, LM= labranza mínima, CL= cero labranza, LC= labranza convencional, R= remover todo el rastrojo de maíz y dejar 10 cm de triticale + ebo, P= dejar 30% de rastrojo de maíz y 10 cm de triticale + ebo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de forraje verde vario de 57.6 a 62.5 t/ha, el forraje seco de 19.6 a 21.8 t/ha; sin embargo, entre tratamientos la diferencia no fue significativa. La densidad de plantas vario de 66 a 76 mil plantas por hectárea, y aunque estadísticamente fue igual, los valores más bajos se observaron en los tratamientos de labranza cero (Cuadro 2, Figura 1).

El rendimiento obtenido bajo estos sistemas de labranza, es aceptable, dadas las condiciones de cultivo, lo cual aunado a la reducción de costos por efecto de la disminución de algunas operaciones agrícolas, favorece la rentabilidad del cultivo, al mismo tiempo que se promueve la conservación del suelo. Pla Sentís (2014) menciona que bajo condiciones de riego se vuelve difícil diferenciar los efectos de los tratamientos de AC, en comparación con condiciones de temporal lo que explica el que no se observaran diferencias significativas entre tratamientos.

Por otra parte, la mejora de la calidad de suelo requiere de varios ciclos, para que su efecto en el rendimiento sea evidente, lo cual no sólo está relacionado con la cantidad de rastrojo-residuo, si no de su adecuada descomposición por medio de microorganismos, temperatura, cantidad de residuo inicial, entre otros. Para la parcela experimental, es probable que se requiera de más de 30% para observar mejora del suelo y su efecto en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 2.- Rendimiento de forraje obtenido en Aguascalientes 2018.

TRA	RFV (t/ha)	RFS (t/ha)	PLS (mil/ha)	ALT (m)	% MS
1	62.5 a	20.5 a	73.0 a	3.1 a	33.7 a
4	61.5 a	21.8 a	76.0 a	3.1 a	35.5 a
5	58.4 a	20.0 a	67.9 a	3.0 a	34.3 a
2	58.2 a	20.8 a	69.4 a	3.0 a	36.0 a
3	57.6 a	19.6 a	66.4 a	3.0 a	34.3 a
<b>DMS (p=0.05)</b>	10.4	2.9 a	11.9 a	0.2	4.9 a
<b>CV (%)</b>	11.9	9.6	11.6	4.0	9.7

RFV: rendimiento forraje verde; RFS: rendimiento de forraje seco; PLS: plantas; ALT: Altura de planta y MS: Materia seca. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales.

Respecto a la densidad de plantas al momento de la cosecha, los valores más bajos se observaron en los tratamientos de labranza cero, lo cual está relacionado con la dificultad a la que se someten las plántulas para emerger a través los residuos de cosecha, que tal

como lo indica Baker (2007) la cobertura en el suelo es físicamente más resistente que en los suelos labrados friables, de ahí que la mayor cantidad de plantas se observó en labranza convencional.

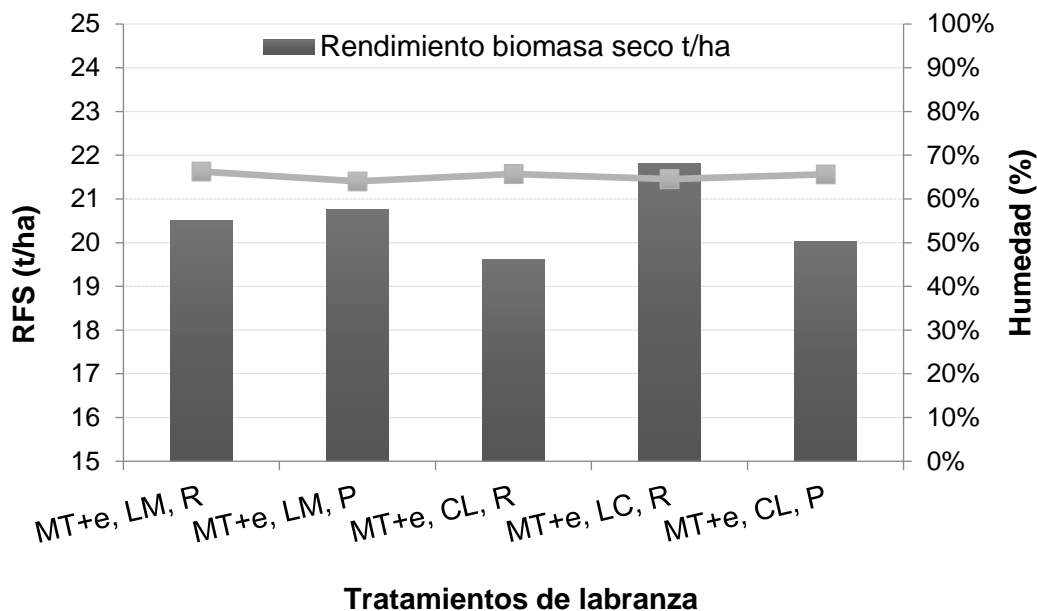


Figura 1. Rendimiento de forraje de maíz, Aguascalientes 2018.

La labranza cero ofrece mayores beneficios tanto económicos como de mejora y conservación del suelo, sin embargo también representa mayores riesgos si no se realiza adecuadamente con maquinaria especial y de manera correcta (Baker, 2007). Por otro lado no siempre las condiciones de suelo permiten ese cambio drástico en el laboreo, en el caso particular de la parcela experimental, los resultados indican que es necesario un laboreo mínimo para un buen establecimiento del cultivo.

## CONCLUSIONES

No hubo diferencias en rendimiento de forraje por efecto del sistema de labranza, no obstante, menor labranza disminuye costos de producción y favorece la rentabilidad del cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

Baker, C. J., & Saxton, K. E. (Eds.). (2007). No-tillage seeding in conservation agriculture. Cabi.

- FAO, 2019. Agricultura de conservación. Consultado agosto -2019. Disponible en: <http://www.fao.org/conservation-agriculture>
- 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.
- Pla Sentís I. 2014. Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias. In Memoria: X Congreso Ecuatoriano del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 13 p.
- SAS (System Analysis Statistical). 2002. Versión 9.0 SAS Institute Inc., Cary. NC. USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola 2018. Consultado agosto de 2019. Disponible en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).

## **APTITUD DE TERRENO Y COMPORTAMIENTO DE BIOMASA Y DENSIDAD EN PLANTACIONES COMERCIALES DE CANDELILLA RESPECTO A POBLACIONES NATURALES EN COAHUILA**

**Antonio Cano Pineda<sup>1\*</sup>, Adrián Hernández Ramos<sup>1</sup>, Celestino Flores López<sup>2</sup>, Martín Martínez Salvador<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo Zacatecas Km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. <sup>2</sup>UAAAN, Dpto. Forestal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. <sup>3</sup>UACH, Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, Chihuahua, México. \*cano.antonio@inifap.gob.mx

### **INTRODUCCIÓN**

La candelilla es un recurso forestal no maderable que tiene una gran diversidad de aplicaciones en la cosmetología, alimentación, adhesivos, recubrimientos, abrillantadores y pulimentos, siendo actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas de todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Instituto de la Candelilla, 2018), además, es uno de los recursos naturales más importantes del norte de México, tanto para los pobladores de la región como para diversas industrias nacionales e internacionales (Canales *et al.*, 2006).

México es el único exportador de cera de candelilla en el mundo, y cerca del 88% de la producción nacional proviene del estado de Coahuila. Ante la necesidad de contar con materia prima abundante y suficiente que sostenga la cadena productiva de la cera de candelilla, el aprovechamiento intensivo ha sido una opción desde hace varias décadas, pero la intensa extracción ha ocasionado que, a pesar de la capacidad de regeneración de las plantas, muchas poblaciones naturales hayan sido eliminadas como resultado de la práctica tradicional de recolección, que implica la extracción total del individuo, incluida la raíz.

No cabe duda alguna de que en la actualidad las plantaciones forestales se han constituido en una opción importante para abastecer de recursos forestales a la industria, ya sea de madera, fibra o ceras, entre muchos otros. Las plantaciones forestales se utilizan también para combatir la desertificación, generar almacenes de carbono, proteger los recursos del suelo y el agua, reconvertir suelos degradados a una actividad productiva y, además, proporcionan empleo rural, diversifican el paisaje rural y mantienen la biodiversidad (FAO, 2002).



La zonificación de áreas (o aptitud de terreno) para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) de una especie en particular resulta ser un aspecto importante, ya que según Delgado *et al.* (2010) las consecuencias tanto sociales como económicas derivadas de una mala selección de sitios destinados al establecimiento de plantaciones pueden resultar inaceptables para la sociedad e inversionistas del ramo.

Por tal motivo, para contribuir a la conservación del recurso y al aumento de la productividad de esta especie, así como para lograr una correcta planeación y contribuir de manera eficaz a la toma de decisiones, se hace necesario contar con argumentos técnicos que le permitan normar los apoyos al fomento a la productividad, tal como lo establece la “Estrategia Nacional de Incremento a la Producción Sustentable” en su apartado “incremento de superficies con certificación de manejo forestal sustentable” (CONAFOR, 2016).

El objetivo del trabajo es corroborar que las plantaciones forestales comerciales de candelilla establecidas en terrenos con aptitud, superan en biomasa y densidad a aquellas que fueron establecidas en terrenos sin aptitud, y sobrepasan en rendimiento a las poblaciones naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante Junio y Julio de 2019 en la región semiárida del estado de Coahuila al sur de la entidad, misma que forma parte del Desierto Chihuahuense, en altitudes variables entre 1000 y 2200 msnm. (González, 2012), bajo un clima seco, semicálido (BWhw), con lluvias escasas todo el año, un porcentaje de precipitación invernal del 18%, temperatura media anual entre 20° y 22° C; y una precipitación media anual que oscila entre entre 150 y 500 mm.

Se seleccionaron plantaciones forestales comerciales de candelilla (PFCc) establecidas dentro de terrenos que fueron definidos con aptitud, (ejido el Ojito) es decir que cumplen con requerimientos de precipitación anual de 100 a 300 mm, temperatura media anual de entre 12 a 25 °C, suelos calcáreos, textura media, no inundables y someros (profundidad no mayor a 25 cm); pendientes de entre 3 a 15 % y altitudes de 800 a 1300 m. (Cano y Hernández 2018), y sin aptitud (ejido Hipólito) en el sur de Coahuila y que fueron evaluadas en 2018. Las poblaciones naturales de candelilla consideradas para la comparación (muestreadas durante 2019) correspondieron a superficies bajo aprovechamiento cercanas a cada plantación (ejido Las Coloradas y ejido Cruz Maltos,

respectivamente). En las PFCc se aplicó un muestreo sistemático aleatorizando el punto de inicio, y con 63 unidades de muestreo (UM) georreferenciadas. Las UM establecidas fueron de forma circular y con una superficie de 100 m<sup>2</sup>, en ellas se contabilizaron todos los individuos de candelilla midiendo el diámetro mayor (DM, en cm), diámetro menor (Dm, en cm) y altura total de la planta (At, en cm). La biomasa total por individuo medido en las plantaciones se estimó utilizando las ecuaciones ajustadas para esta región por Hernández *et al.* (2018), las cuales utilizan el diámetro medio de la cobertura y la altura total de la planta de candelilla para estimar la biomasa total verde. Para el cálculo del inventario en poblaciones naturales, se distribuyó en forma homogénea la muestra utilizando un muestreo sistemático aleatorizado (Hernández *et al.*, 2017) las 140 unidades de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> fueron georreferenciadas y en ellas 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 de la planta (At, en cm). La biomasa total por individuo medido en las plantaciones se estimó utilizando las ecuaciones ajustadas para esta región por Hernández *et al.* 2018.

Los datos obtenidos de los muestreos para el inventario en las dos PFCc así como en las dos poblaciones naturales de candelilla, fueron utilizados para el cálculo del volumen individual y por hectárea aplicándoles la ecuación ajustada para estimar la biomasa total verde en la región sur de Coahuila, desarrollado por Hernández *et al.*, (2018), (Formula 1).

Fórmula 1. Ecuación ajustada para el cálculo de la biomasa total verde de candelilla en la región sur de Coahuila.

$$Btv = 0.0011 * MDC^{1.647354} * AT^{0.0300468} \dots\dots\dots (1)$$

*Btv=Biomasa total verde MDC=Diámetro Medio de Cobertura AT= Altura Total*

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El cuadro 1 muestra los valores estimados de biomasa total verde de individuos que fueron obtenidos en PFCc establecidas de aproximadamente 8 años de edad bajo una condición de aptitud de terreno y de no aptitud de terreno; los mismos valores se presentan para

poblaciones naturales bajo aprovechamiento cercanas a cada plantación, respectivamente.

Cuadro 1. Biomasa total verde (Kg) producida en poblaciones naturales y plantaciones comerciales de candelilla establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud en el sur de Coahuila.

LOCALIDAD	POBLACIÓN	APTITUD DE TERRENO	TAMAÑO DE SITIO (m <sup>2</sup> )	BIOMASA Kg /SITIO	BIOMASA Kg/ HA
Ejido El Ojito	Plantación	SI	100	31.467	3146.656
Ejido Hipólito	Plantación	NO	100	8.450	844.952
Ejido Las Coloradas	Natural		1000	52.625	526.253
Ejido Cruz Maltos	Natural		1000	40.160	401.599

Los datos de inventario para la biomasa total obtenidos en la plantación forestal comercial de candelilla El Ojito, establecida en terrenos con aptitud, mostraron una diferencia cercana al 86%, es decir 2620.4 kg ha<sup>-1</sup> respecto a la biomasa que se puede obtener en aprovechamientos de poblaciones naturales cercanas (ejido Las Coloradas) a la ubicación de la plantación referida (Figura 1). Por otro lado, usando el mismo tipo de comparación la PFCc de Hipólito establecida en un sitio no apto registró sólo una diferencia de 124.7 kg de biomasa por arriba de su comparativo de poblaciones naturales (ejido Cruz Maltos), lo que representa únicamente el 23.6% (Figura 1). Lo anterior implica una diferencia de 62.4% mayor biomasa producida en PFCc establecidas en terrenos con aptitud que en aquellas establecidas en terrenos sin aptitud.

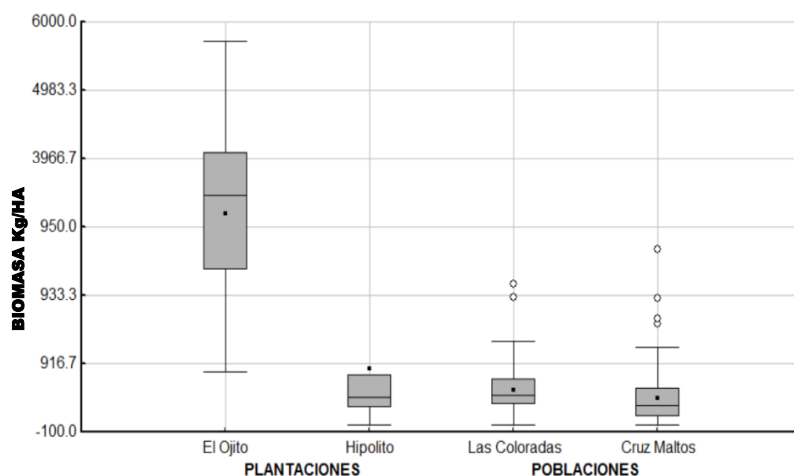


Figura1. Comparativo de biomasa total verde producida en poblaciones naturales vs plantaciones comerciales de candelilla establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud en el sur de Coahuila.

En el cuadro 2 pueden observarse los valores de densidad de individuos que fueron obtenidos en las mismas PFCc establecidas y anteriormente descritas, bajo una condición de aptitud de terreno y de no aptitud de terreno; los mismos valores se presentan también para poblaciones naturales bajo aprovechamiento cercanas a cada plantación, respectivamente.

Cuadro 2. Densidad en poblaciones naturales y plantaciones comerciales de candelilla establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud.

LOCALIDAD	POBLACIÓN	APTITUD DE TERRENO	TAMAÑO DE SITIO (m <sup>2</sup> )	PLANTA/SITIO	PLANTA/HA
Ejido El Ojito	Plantación	SI	100	30	3000
Ejido Hipolito	Plantación	NO	100	13	1338
Ejido Las Coloradas	Natural		1000	66	662
Ejido Cruz Maltos	Natural		1000	33	328

Los datos de inventario para la densidad obtenida en la plantación forestal comercial de candelilla (PFCc) El Ojito, establecida en terrenos con aptitud, mostraron una diferencia cercana al 77.9%, es decir 2338 individuos más ha<sup>-1</sup> respecto a la densidad que se puede obtener en aprovechamientos de poblaciones naturales cercanas (ejido Las Coloradas) a la ubicación de la plantación referida (Figura 2).

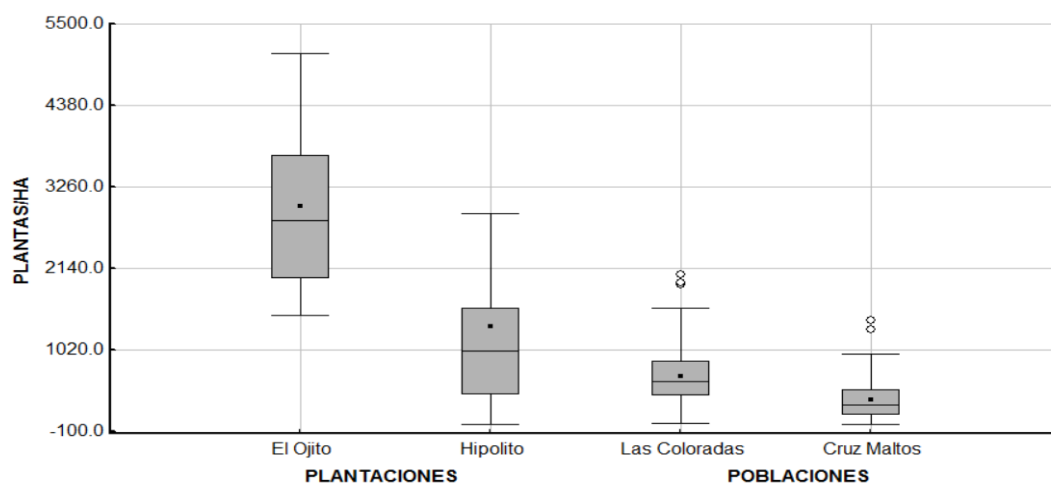


Figura 2. Comparativo de densidad (plantas/ha) en poblaciones naturales vs plantaciones comerciales de candelilla establecidas en terrenos con aptitud y sin aptitud.

Por otro lado, comparando de la misma manera la PFCc de Hipólito establecida en un sitio no apto registró una diferencia de 1010 individuos por arriba de su comparativo de poblaciones naturales (ejido Cruz Maltos), lo que representa el 75.4% más (Figura 1). Lo anterior implica que existe una diferencia de 55.4% mayor densidad en PFCc establecidas en terrenos con aptitud que en aquellas que son establecidas en terrenos sin aptitud.

## CONCLUSIONES

Los datos de biomasa total estimados con la ecuación 1 para en PFCc establecidas en terrenos definidos como aptos para estas prácticas, superan hasta en 60% la biomasa obtenida en PFCc que fueron establecidas en terrenos sin aptitud. Por otro lado la densidad en PFCc establecidas en terrenos con aptitud supera en 55.4% la densidad que se registró en PFCc que fueron establecidas en terrenos sin aptitud. Se confirma que las PFCc establecidas en terrenos con aptitud son capaces de producir mayor biomasa y de sostener mayor densidad de planta, que aquellas establecidas en terrenos sin aptitud; en ambos casos los resultados de biomasa y densidad superan a poblaciones naturales bajo aprovechamiento, lo cual implicaría que las PFCc bajo un manejo sostenible (remoción parcial de biomasa), son capaces de lograr un incremento en la producción de cera de candelilla.

## BIBLIOGRAFIA

- Canales G., E., V. Canales M., y E. M. Zamarrón. 2006. Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. *Biodiversitas* 69:1-5.
- Cano P. A. y Hernández R. A. 2018. Selección de terrenos con aptitud para plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. *Tecnologías generadas, validadas, transferidas o adoptadas en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León en el año de 2018*. INIFAP-CIRNE. En Prensa.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2016. *Las plantaciones forestales comerciales en México*. [http://.conafor.gob.mx/innovación\\_forestal/?p=2350](http://.conafor.gob.mx/innovación_forestal/?p=2350). Consultado en febrero de 2018
- Delgado C. C E.; Valdez L. J. R.; Fierros G. A. M.; de los Santos P. H. M; y Gómez G. A.. 2010 Aptitud de áreas para plantaciones de eucalipto en Oaxaca y Veracruz: proceso de análisis jerarquizado vs. álgebra booleana. *Rev. Mex. Cien. For: Vol. 1. Núm. 1*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n1/v1n1a14.pdf>. Consultado jul 2019.
- FAO. 2002. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal*. CAPITULO 3. Plantaciones forestales. ISSN 1014-2886. ESTUDIO FAO MONTES 140. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 2002. ISBN 92-5-304642-2. <http://www.fao.org/3/y1997s/y1997s00.htm#Contents>. Consultado en Julio de 2019.
- González M., F. 2012. *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -Instituto Nacional de Ecología. 173 p.
- Hernández R. A; Cano P. A; Flores L. C. y Hernández R. J.. 2017. Comparación de los estimadores de dos métodos de muestreo en poblaciones naturales de candelilla. *Rev. Mitigación del Daño Ambiental, Agroalimentario y Forestal de México*, 3(3): 75-84.

Hernández R. A; Cano P. A; Flores L. C; Hernández R. J. y García C. X. 2018. Diferencias en la producción de biomasa verde de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. en el centro y sur de Coahuila, México. Memoria XXX Semana Internacional de Agronomía, UJED, Gomez Palacio Dgo. 824-829 pp.

Instituto de la Candelilla. 2018. Aplicaciones. [http://www.candelilla.org/?page\\_id=536&lang=es](http://www.candelilla.org/?page_id=536&lang=es). Consultado en junio de 2018.

## **SISTEMA DE PRONÓSTICO DEL RIEGO DE CULTIVOS EN NUEVO LEÓN**

**Catalán Valencia Ernesto Alonso<sup>1</sup>, Villa Castorena Magdalena<sup>1</sup>, Inzunza Ibarra Marco Antonio<sup>1</sup>, Delgado Ramírez Gerardo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CENID RASPA INIFAP. Canal Sacramento km 6+500. Gómez Palacio, Dgo.  
[catalan.ernesto@inifap.gob.mx](mailto: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 Nuevo León, el volumen de agua anual concesionado en el año 2013 fue de 2,018 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales el 70% (1,422 millones de m<sup>3</sup>) se destinó a uso agrícola (CNA, 2014). La superficie cultivada bajo riego alcanzó las 115,000 hectáreas, lo cual indica que se aplicó una lámina de riego bruta promedio de 1.24 m con una eficiencia global de 48% si se asume una lámina neta o requerimiento de riego promedio de 0.60 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 Nuevo León 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 Nuevo León.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El programa DRIEGO NUEVO LEÓN 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<sub>r</sub>) del cultivo se estima a partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>), 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<sub>0</sub> 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<sub>0</sub> 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).

The screenshot shows the INIFAP website interface for irrigation programming in Nuevo León. The main navigation bar includes 'Inicio', 'DRIEGO', 'SERG', and 'Contacto'. The 'DRIEGO' section is active, showing five buttons: '1. Sitio', '2. Cultivo', '3. Suelo', '4. Riego', and '5. Resultados'. The '1. Sitio' button is selected, leading to a form titled 'Ubicación del Predio'. The form contains the following fields:

- Entidad: Nuevo León
- Estación más cercana: 35243 - Rancho El Popote
- Lat / Long / Elevación: 25.30156 \* -99.59314 \* 293 m.
- Nombre del sitio o lugar: Rancho El Popote

Below the form are two buttons: 'Regresar' and 'Siguiente'. To the right of the form is a map of Nuevo León with several red location markers. The map shows major cities like Monterrey, Saltillo, and San Nicolás de los Garza, and the state boundary with Tamaulipas. The map is powered by Google Maps.

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).

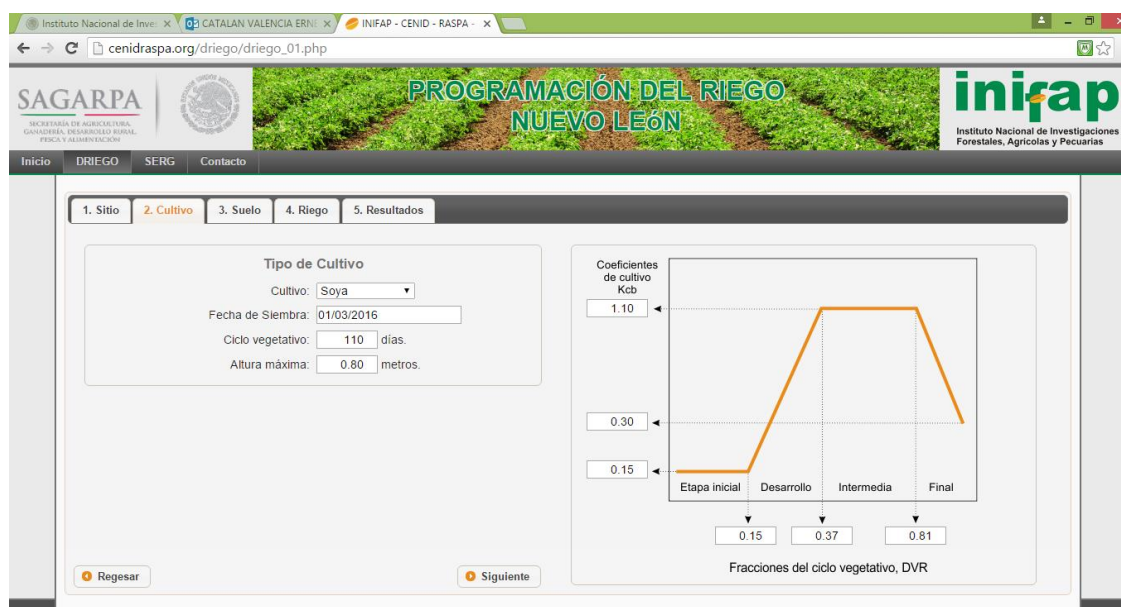


Figura 2. Ingreso de datos del cultivo.

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 Y DISCUSIÓN

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 Nuevo León. 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).

**Calendario de Riego**

Fecha: 01/02/2016  
 Lugar o sitio: Rancho El Popote  
 Entidad: Nuevo Leon  
 Estación: 35243 - Rancho El Popote  
 Cultivo: Soya  
 Fecha de siembra: 01/03/2016

Fin de ciclo: 18/09/2016

Consumo de agua proyectado en el ciclo (cm): 39.11  
 Consumo máximo o potencial (cm): 39.15  
 Reducción del rendimiento potencial (%): 0.09

Riego	Fecha	IR (días)	LR (cm)	LR Acumulada (cm)	Abatimiento de HA (t/ha)
1	01/03/2016	0	12.99	12.99	100.00
2	11/04/2016	41	8.03	20.72	63.24
3	28/04/2016	17	7.81	28.53	61.55
4	13/05/2016	15	7.74	36.26	60.98
5	31/05/2016	18	7.79	44.06	61.39

Exportar a XLS Imprimir Cerrar

Figura 3. Calendario de riegos de la soya.

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.

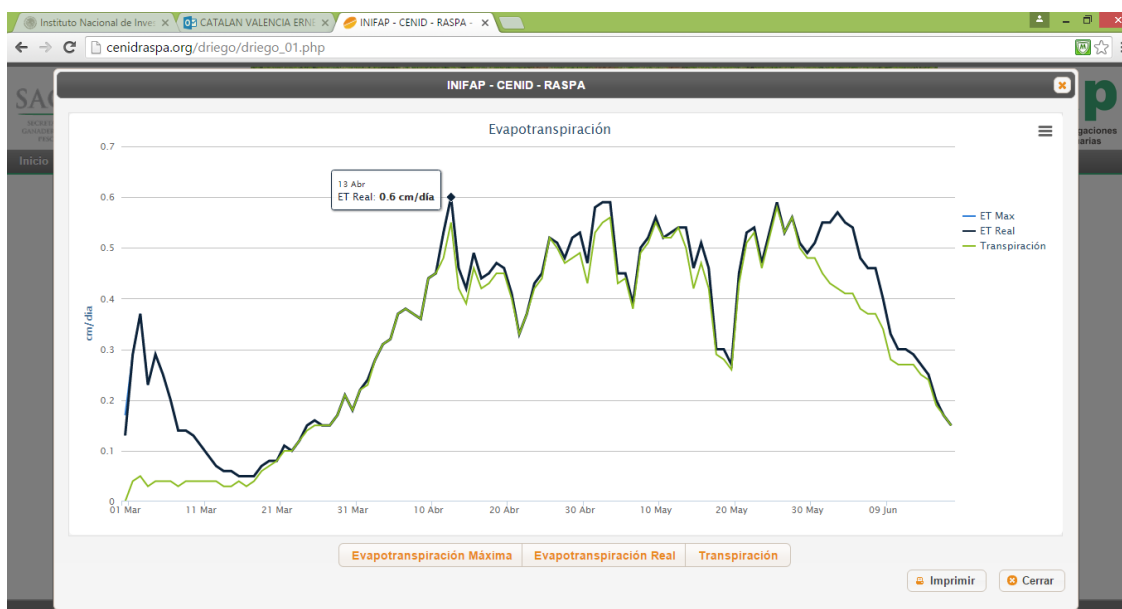


Figura 4. Consumo de agua a través del ciclo de la soja.

## CONCLUSIONES

El sistema IRRINET es una herramienta importante para que los usuarios del riego del estado de Nuevo León 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 Nuevo León, 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.

## **DENDROPIROCRONOLOGÍA CIENCIA QUE PERMITE EXTENDER LA HISTORIA DEL FUEGO EN ECOSISTEMAS FORESTALES**

**Cerano-Paredes Julián\*<sup>1</sup>, Rivera-González Miguel<sup>1</sup>, Esquivel-Arriaga Gerardo<sup>1</sup>, Cervantes-Martínez Rosalinda<sup>1</sup>, Guzmán-Arreola Edgar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INIFAP - CENID-RASPA Km. 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Zona Industrial Gómez Palacio, Durango. C.P. 35140. \*[cerano.julian@inifap.gob.mx](mailto:cerano.julian@inifap.gob.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

El fuego es un componente integral en la dinámica de la naturaleza, puesto que puede alterar y/o modificar los ciclos ecológicos, así como los recursos procedentes del bosque (Ciesla, 1995). También es un elemento que ha intervenido en la evolución de las poblaciones forestales a lo largo del tiempo (Mutch, 1970). El fuego como proceso natural mantiene la salud de ciertos ecosistemas; sin embargo, el hombre ha modificado la participación de este en la naturaleza (FAO, 2001). Las repercusiones del fuego se presentan cuando se hace uso excesivo o cuando se excluye de los ecosistemas donde es requerido; en cualquiera de los casos ocurre un régimen alterado de fuego; lo que se traduce en un cambio en la estructura y composición de los ecosistemas, en consecuencia, se presentan pérdidas de especies de flora y fauna, aumento de la carga de combustible o reducción de la cobertura vegetal que conlleva a la erosión del suelo, alterar la regeneración natural y afecta la calidad del agua (Pantoja, 2008). Ciertos ecosistemas dependen de una constante frecuencia de incendios, son ecosistemas que están adaptados al fuego, por lo que la función de los incendios es inducir a la diversidad de especies de flora y fauna; existen especies dependientes del fuego, es decir requieren de éste para completar su ciclo biológico y perdurar en el ecosistema (Ciesla, 1995). Actualmente conocer la historia de los incendios en los bosques se facilita gracias a una diversidad de técnicas, una de ellas es la dendropirocronología que trata de reconstruir los regímenes de incendios a través del análisis de los anillos anuales de crecimiento de los árboles; las cicatrices de incendios al quedar registradas en la madera de los individuos afectados por el siniestro, permiten conocer la variabilidad del fuego en periodos de tiempo extensos (Swetnam, Allen y Betancourt, 1999; Mckenzie, 2004; Conedera *et al.*, 2009). El presente trabajo tiene por objetivo mostrar la importancia de la Dendropirocronología para extender los registros de la historia del fuego en los bosques de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio considerada para comparar los registros observados de la frecuencia de incendios con los registros reconstruidos, se localiza en la Sierra Madre Oriental en los Picos de Davis, Múzquiz, Coahuila de Zaragoza (Figura 1), entre las coordenadas 102° 1' 51" W y 28° 57' 26" N (INEGI, 2018).

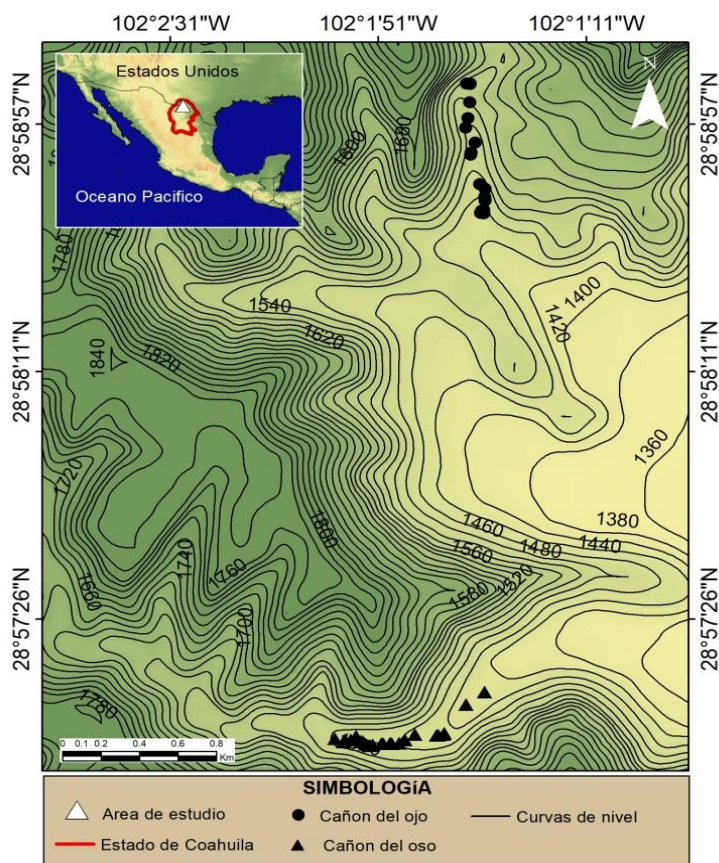


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio Cañón del Oso y Cañón Ojo de Agua en Los Picos de Davis, Múzquiz, Coahuila, donde se tomaron las muestras para la reconstrucción de la historia del fuego.

### Registros observados de incendios

Los registros observados para el estado de Coahuila, comprenden el periodo de 1970-2017 (48 años), y de manera específica el municipio de Múzquiz, comprende el período de 2010-2017 (8 años), datos tomados de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2017).

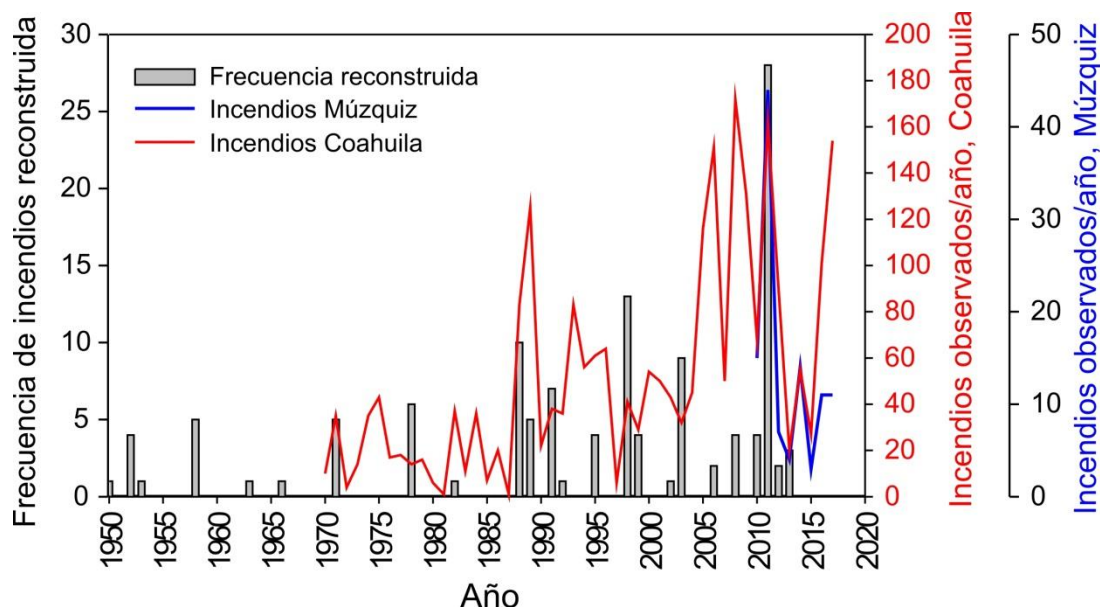
Registros reconstruidos con base en técnicas dendrocronológicas

Los registros reconstruidos sobre la historia del fuego considerados para el análisis fueron los generados para los Picos de Davis, Múzquiz, Coahuila, que comprende una extensión de 320 años (1693-2013) para el Cañón del Oso y 63 años (1950-2013) para el Cañón Ojo de Agua.

Ambos datos se compararon para mostrar la corta extensión de datos observados de la cual se dispone para un análisis histórico y señalar la relevancia de la Dendropirocronología para extender el conocimiento de la historia del fuego varios siglos en el pasado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros de incendios forestales reportados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para el estado de Coahuila (CONAFOR, 2017), comprende un periodo de 48 años (1970 a 2017). Sin embargo, específicamente para el municipio de Múzquiz, los registros se extienden para los últimos ocho años (2010 a 2017; CONAFOR, 2017) (Figura 2). Los registros observados sincronizan con la frecuencia de incendios reconstruida, especialmente los años para los cuales se registró mayor cantidad de incendios (Figura 2).

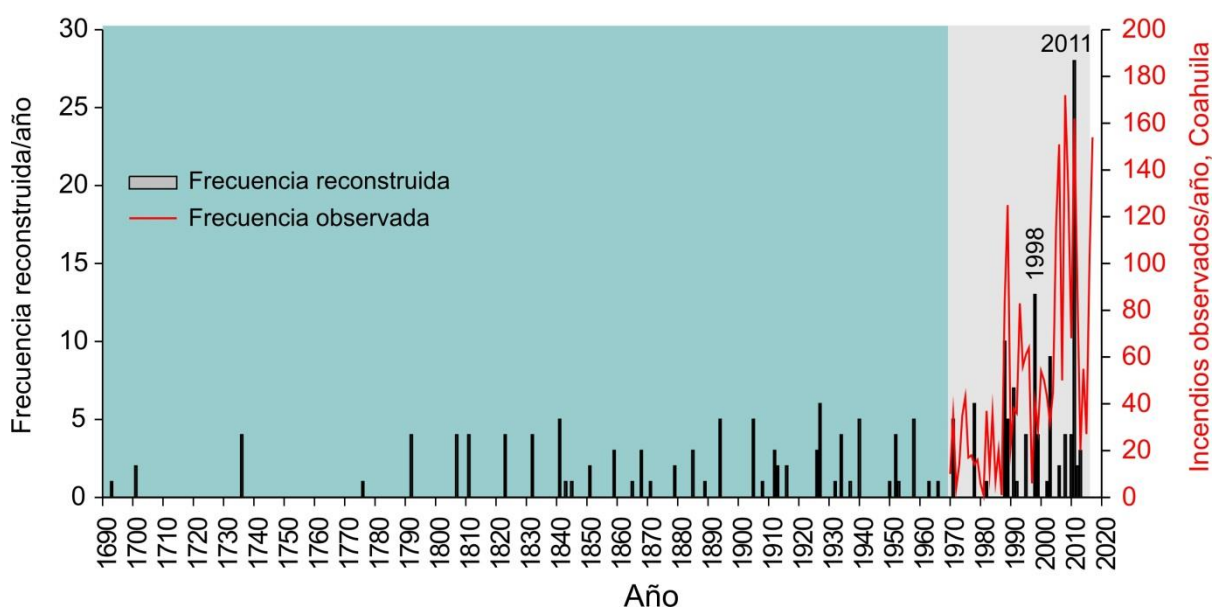


**Figura 2.** Incendios observados y reconstruidos; la línea roja representa los incendios observados por año en el estado de Coahuila, para el periodo de 1970-2017 (48 años), la línea azul representa los incendios observados en el municipio de



Múzquiz para el periodo de 2010-2017 (8 años), registros obtenidos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2017), y las barras de color gris representan los incendios reconstruidos.

Los regímenes de incendios que se lograron reconstruir para los Picos Davis, Múzquiz, Coahuila, comprenden el periodo de 1693-2013 (321 años) (Figura 3), comparado con los registros observados de 48 años para el estado de Coahuila, y ocho años para el municipio de Múzquiz, esto representa información relevante que amplían el conocimiento sobre la historia del fuego, 273 y 313 años en el pasado, respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Reconstrucción de la historia del fuego para el norte del estado de Coahuila, comparado con los registros observados en el estado (área de color gris).

En México, esta ciencia ha permitido reconstruir varios siglos de información sobre los regímenes del fuego, 450 años para Peña Nevada en el estado de Nuevo León (Yocom *et al.*, 2010); 300 años para el estado de Chihuahua (Cerano *et al.*, 2010). Para el estado de Durango, también se han generado diversos estudios que comprenden varios siglos de la historia del fuego (Fulé *et al.*, 1997 y 19999; Heyerdahl *et al.*, 2001; Cerano *et al.*, 2019).

La información histórica emanada de este tipo de investigaciones, brinda mejores elementos para un análisis más completo sobre la frecuencia de los incendios, cambios o

alteraciones de los regímenes, periodos de supresión, incendios de mayor o menor intensidad, intervalos de frecuencia y recurrencia. Así mismo, determinar la influencia antropogénica sobre los regímenes en las últimas décadas.

## CONCLUSIONES

La importancia de los estudios de reconstrucción de incendios fundamentados en técnicas dendrocronológicas, radica en que brindan una alternativa para conocer los regímenes de fuego varios siglos en el pasado, determinar el papel que ha jugado la variabilidad climática en la frecuencia histórica y la influencia antropogénica en las últimas décadas y que repercusiones conllevan en toma de decisiones para el manejo forestal. Es importante dar continuidad al desarrollo de este tipo de estudios, que permitan generar una red de regímenes del fuego en México

## BIBLIOGRAFÍA

- Cerano P., J., Villanueva D., J., y Fulé P., Z. 2010. Reconstrucción de incendios y su relación con el clima para la Reserva Cerro El Mohinora, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(1), 63-74. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n1/v1n1a8.pdf>
- Cerano P., J., Villanueva D., J., Vázquez S., L., Cervantes M., R., Magaña R., V., Constante G., V., y Valdez C., R. 2019. Influencia climática en el régimen de incendios (1700 a 2008) en la cuenca del río Nazas, Durango, México. *Ecología del fuego*, 15 (1), 4-10.
- Ciesla W., M. 1995. Sostenibilidad de los bosques mediante su protección contra incendios, insectos y enfermedades. En: Estudio FAO Montes 122. Roma. p. 143 - 163. <http://www.fao.org/3/ap430s/ap430s00.pdf>
- CONAFOR. 2017. Reportes semanales de incendios forestales. <http://187.218.230.5/mapas-reportes-y-estadisticas/incendios-forestales>
- Conedera M., Tinner W., Neff C., Meuer M., Dickens A., y Krebs P. 2009. Reconstructing past fire regimes: Methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews* 28: 435-456. [http://www.issw.ch/info/mitarbeitende/conedera/publications1/thema/download/Conedera\\_et\\_al\\_2009\\_QSR.pdf](http://www.issw.ch/info/mitarbeitende/conedera/publications1/thema/download/Conedera_et_al_2009_QSR.pdf)
- FAO. 2001. The Global Forest Resources Assessment 2000 - main report. Estudio FAO Montes N° 140. Roma.
- Fulé P., Z., y Covington W., W. 1997. Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*, (41), 43-79. <https://www.redalyc.org/pdf/574/57404107.pdf>
- Fulé P., Z., y Covington W., W. 1999. Fire regime changes in La Michilía Biosphere Reserve, Durango, México. *Conservation Biology*, 13(3), 640-652. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97512.x>
- Heyerdahl, E. K. and Alvarado, E. 2003. Influence of climate and land use on historical surface fires in pine-oak forests, Sierra Madre Occidental, Mexico. In Veblen TT, WL Baker, G Montenegro, TW Swetnam eds. Fire and climatic change in temperate ecosystems of the Western Americas. New York, USA. Springer-Verlag. p. 196-217.
- INEGI. 2018. Áreas Geoestadísticas Estatales 1:250000. 2018', escala: 1:250000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

- McKenzie D. 2004. La historia del fuego y su relación con el clima. In: Villers-Ruiz L; López-Blanco J., (eds.) Incendios forestales en México: métodos de evaluación. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. Pp 13-28 Mexicano, S. G. 2008. Carta Geológico-Minera Monterrey G14-7 Nuevo León y Coahuila. Servicio Geológico Mexicano, 1(250), 000.
- Molina P., I. M., Cerano P., J., Rosales M., S., Villanueva D., J., Cervantes M., R., Esquivel A., G., y Cornejo O., E. 2017. Frecuencia histórica de incendios (1779-2013) en bosques de pino-encino de la comunidad de Charcos, Mezquital, Durango. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 23(1), 91-104. <http://www.redalyc.org/pdf/629/62949072007.pdf>
- Mutch W., R. 1970. Wildland Fires and Ecosystems A Hypothesis. *Ecology*. 51. 10.2307/1933631. <https://doi.org/10.2307/1933631>
- Pantoja C., V. 2008. Las dos caras del fuego:-Invitando a reflexionar sobre la “cara buena” y la “cara mala” del fuego. Informe Técnico del Equipo Global para el Manejo del Fuego 2008-1. *The Nature Conservancy*. Arlington, VA. [https://www.researchgate.net/publication/299608438\\_Las\\_dos\\_caras\\_del\\_fuegoInvitando\\_a\\_reflexionar\\_sobre\\_la\\_cara\\_buena\\_y\\_la\\_cara\\_mala\\_del\\_fuego](https://www.researchgate.net/publication/299608438_Las_dos_caras_del_fuegoInvitando_a_reflexionar_sobre_la_cara_buena_y_la_cara_mala_del_fuego)
- Swetnam T., Allen C., y Betancourt J. 1999. Applied historical ecology using the past to manage for the future. *Ecological Applications*, 9(4), 1189-1206 <http://faculty.washington.edu/stevehar/Swetnam%20using%20the%20past.pdf>
- Yocom L., L., Fulé P., Z., Brown P., M., Cerano J., Villanueva D., J., Falk D., A., y Cornejo O., E. 2010. El Niño–Southern Oscillation effect on a fire regime in northeastern México has changed over time. *Ecology*, 91(6), 1660-1671. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20583708>

## FLORACIÓN DE DOS NUEVAS VARIEDADES DE FRIJOL TIPO PINTO EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BAJO RIEGO

José Ángel Cid Ríos, Manuel Reveles Hernández, Nadezdha Yakovleva Zitz  
Ramírez Cabral, Rodolfo Vázquez Valle Rodolfo y Gayosso B. O.

Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel. 5538718700 Ext 82320. CENID Agricultura Familiar. Ojuelos Jalisco, Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, correo: [cid.angel@inifap.gob.mx](mailto:cid.angel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol se produce en sistemas, ambientes y regiones muy diversas alrededor del mundo. En México, frijol es considerado como estratégico para el desarrollo rural y social del país, ya que cumple con diferentes funciones de carácter alimenticio y de desarrollo económico de los habitantes (Cid *et al.*, 2014).

En México, en el año 2018 la superficie sembrada de frijol fue de 1,675.192.45 hectáreas, de las cuales solo se cosecharon 1,596,224.30 hectáreas, y de éstas el 28.70 % de la superficie fue de frijol tipo pinto a nivel nacional (SIAP, 2018). En los últimos años la producción ha sido insuficiente para satisfacer los requerimientos de la población, por lo que se ha buscado incrementar el rendimiento con la siembra de este cultivo en camas, debido a que este sistema de siembra permite incrementar la densidad de población, además, permite optimizar el empleo de insumos como fertilizante químico, fungicidas, insecticidas y agua de riego (De Luna y Ponce, 1995).

Uno de los factores que limita la producción de frijol en la región norte centro es el limitado uso de semillas mejoradas, otro aspecto importante son los factores bióticos y abióticos que limitan la producción de frijol (Acosta *et al.*, 2018). Dentro de los principales retos para mejorar la eficiencia productiva del frijol es el incremento del rendimiento y la reducción de los costos de producción, la siembra en altas densidades contribuye al incremento del rendimiento (Jiménez *et al.*, 2014). Una alternativa para incrementar el rendimiento es la siembra en camas con tres hileras de siembra, en donde se impide el desarrollo de la maleza, se incrementa la densidad de plantas por hectárea y por lo tanto se incrementa el rendimiento de frijol (Téllez, 2007).

Las nuevas variedades de frijol tipo pinto presentan un ciclo de cultivo más corto que la variedad Pinto Saltillo, y el tamaño de grano es más grande, además tienen preferencia en el mercado para consumo directo en grano, así como para la industria, por lo que son preferidas por los productores (Rosales *et al.*, 2014), ya que representan una alternativa rentable de producción

El objetivo de este trabajo fue evaluar la floración de las variedades de frijol tipo pinto; Saltillo, Centauro y Rarámuri, en dos sistemas de siembra, bajo condiciones de riego por goteo en Zacatecas.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que se localiza en el municipio de Calera, estado de Zacatecas, México, entre los 22° 54' 10" de latitud norte y los 102° 29' 28" longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 2198 m.

La siembra se realizó el día 5 de junio del 2019. Se utilizó un diseño en fajas donde se establecieron las variedades de frijol Pinto Saltillo, Centauro y Rarámuri en dos sistemas de producción. El primer sistema fue a hilera sencilla 0.76 m entre surcos y el segundo sistema fue siembra en camas 1.62 m, con cuatro hileras de plantas con distancia de 30 cm entre hilos. La distancia entre plantas para ambos sistemas de producción fue de 10 cm entre plantas equivalente a 131,000 y 244,000 mil plantas por hectárea. Así mismo, se utilizó una cintilla por surco para el primer sistema y dos cintas de riego por goteo en el sistema de camas, donde la cintilla utilizada fue de flujo medio, calibre 5000 con 20 cm de distancia entre cada gotero. Se aplicaron ocho riegos, con un promedio de duración de cuatro horas. La fertilización química utilizada para ambos sistemas de producción fue 50-60-30 (nitrógeno, fósforo y potasio) respectivamente.

En cada variedad se realizaron cuatro sub muestreos completamente al azar, cada muestreo constó de 10 plantas consecutivas con competencia completa, para determinar floración, se utilizó la metodología propuesta por Schoonhoven y Corrales (1987), quienes señalan que la floración se debe calcular como días después de la siembra, y cuando el 50 por ciento de las plantas tiene una o más flores abiertas. El análisis de los datos se realizó por separado, por sistema de producción utilizando el paquete estadístico SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Figura 1, se muestra la floración de las variedades evaluadas bajo el sistema de siembra de una hilera. Donde se encontraron diferencias altamente significativas para días a floración entre variedades ( $P=0.000$ ). Al realizar la comparación de medias por el método de Tukey con  $\alpha=0.05$ , se encontró que la variedad Pinto Saltillo presentó mayor número de días a floración, la variedad de menor días a floración fue Pinto Rarámuri, estos resultados concuerdan con los señalado por (Acosta *et al.*, 2018) quienes señalan que la floración de esta variedad oscila entre los 42 a 45 días.

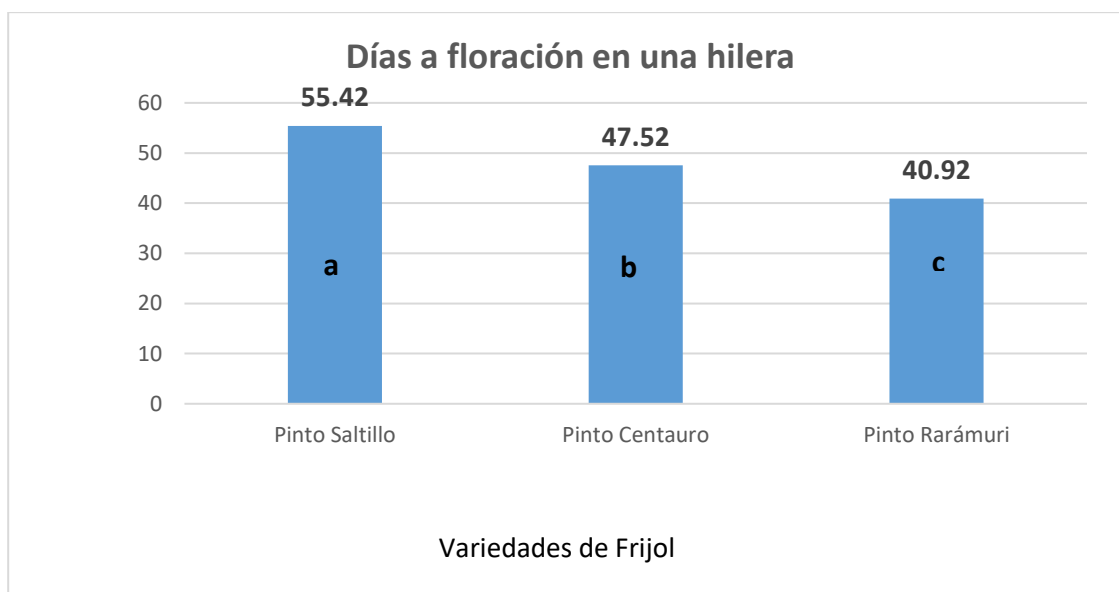


Figura 1. Días a floración de tres variedades de frijol bajo condiciones de riego, en sistema de producción de una hilera de siembra, ciclo primavera-verano 2019.

En la siembra en camas con cuatro hileras de plantas (Figura 2), se encontraron diferencias altamente significativas para días a floración entre variedades ( $P=0.000$ ), al realizar la comparación de medias por el método Tukey con  $\alpha=0.05$ , se encontró que la variedad Pinto Saltillo fue la de mayor tiempo a floración. El comportamiento de las variedades bajo los sistemas de siembra coincide con lo reportado por (Osuna-Ceja *et al.*, 2011) y colaboradores, quienes señalan que la siembra en cuatro hileras no afecta la floración.

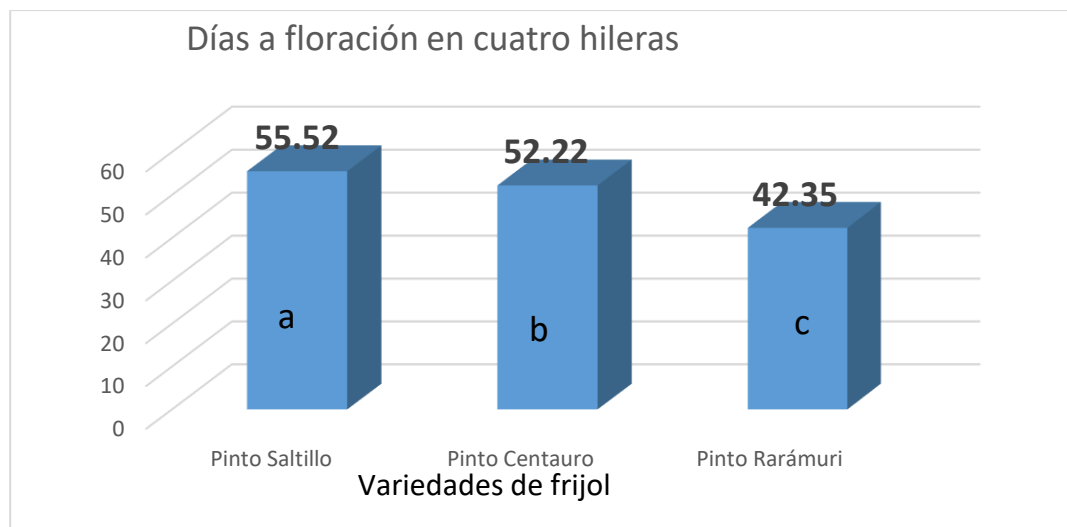


Figura 2. Días a floración de tres variedades de frijol bajo condiciones de riego, en sistema de producción en cuatro hileras de siembra, ciclo primavera-verano 2019

### CONCLUSIONES

La variedad Pinto Rarámuri fue la que mostró menores días a floración, por lo que puede ser una alternativa para los productores del estado de Zacatecas. Así mismo, la fisiología de la variedad no es afectada en los dos sistemas de producción evaluados bajo riego.

### BIBLIOGRAFÍA

- Acosta G. J. A., Jiménez H. Y., Anaya L. J. L., Montero T. V. y Guerrero A. B. Z. 2018. Variedades de frijol y producción de semilla en Guanajuato. Folleto Técnico Núm. 2. Campo Experimental Bajío. CIRC-INIFAP. 32 Pg.
- Cid R, J. A.; Reveles H, M.; Herrera M. D. y Acosta G, J. A. 2014. Nuevas variedades de frijol para el estado de Zacatecas. Folleto Técnico No. 57. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 35 p
- De Luna, J. A. y Ponce, M. A. 1995. Evaluación de cinco leguminosas comestibles bajo dos sistemas de producción en dos años de estudio. Segundo simposio estatal sobre la investigación y desarrollo tecnológico en Aguascalientes. Investigación y Ciencia. 4-8
- Jiménez, G. J. C., Acosta G. J. A., Ramírez V. O. y Jacobo C. J. L. 2014. Altas densidades de plantas en frijol de riego para incrementar la producción en chihuahua. Folleto técnico Núm. 30. Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Centro Regional Norte Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Cuauhtémoc Chihuahua. México. 18 p
- Osuna-Ceja E. S., Reyes-Muro L., José Saúl Padilla-Ramírez J. S. y Martínez-Gamiño M. A. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3 (7): 1389-1400
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>
- Schoonhoven, A. V. & Corrales, P. M. A. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT, Colombia. 56 p.

- Téllez, G. V. M. 2007. Siembra de frijol en camas. Experiencia exitosa en el estado de Guanajuato. Fundación Produce Guanajuato. 6 p
- Rosales - Serna, R.; Nava - Berumen, C. A.; González – Ramírez, H.; Herrera, M. D.; Jiménez – Galindo, J. C.; Ramírez – Cabral, N. Y. Z. y Osuna – Ceja, E. S. 2014. Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. Rev. Mex. Cien. Agric. 5:(2) 309-3015.



## **SELECCIÓN FENOTÍPICA CON CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS COMERCIAL EN CHILE MIRASOL PARA SECADO EN ZACATECAS**

**José Ángel Cid Ríos, Nadiezdha Yacoleva Zitz Ramírez Cabral, Manuel Reveles  
Hernández, y Rodolfo Vázquez Valle Rodolfo.**

**Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas,  
México. CP 98500. Tel. 5538718700 Ext 82320. correo: [cid.angel@inifap.gob.mx](mailto:cid.angel@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCIÓN**

El chile criollo, forma parte de la cultura alimentaria de la población, ya sea para consumo en fresco o seco, por lo que es considerado como un componente fundamental de diversos platillos. El chile criollo se siembra en pequeñas superficies de manera local lo que permite conservar la diversidad genética de los materiales criollos (Pérez *et al.*, 2016).

La riqueza genética de chile a nivel nacional se debe en gran parte a la diversidad de climas, suelos, pero también a las prácticas tradicionales que realizan los productores. El fruto de chile es considerado como condimento, sin embargo, es un alimento de gran valor nutricional donde el ácido ascórbico, donde el consumo en fresco contiene el doble de vitamina C comparado con el limón y la naranja, y en el consumo en seco contiene vitamina A en mayor proporción comparado con las zanahorias (Hernández y Muñoz 2015). El cambio climático puede ser un factor determinante para la pérdida de la diversidad genética, por lo que es necesario contar con una amplia riqueza genética que permita la adopción de las especies a nuevas condiciones (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

El chile criollo, forma parte de la cultura alimentaria de la población, ya sea para consumo en fresco o seco, por lo que es considerado como un componente fundamental de diversos platillos. El chile criollo se siembra en pequeñas superficies de manera local lo que permite conservar la diversidad genética de los materiales criollos (Pérez *et al.*, 2016).

Los materiales criollos forman parte del sustento de pequeños productores en regiones rurales, sin embargo, en los últimos años se ha observado un descenso en el rendimiento, y de superficie sembrada, donde los factores que intervienen en la reducción del rendimiento son; las heladas, variedades, plagas y enfermedades, por lo que está en riesgo la pérdida de la diversidad genética de materiales criollos (Toledo-Agular *et al.*, 2011).

La falta de variedades generadas para las condiciones del estado de Zacatecas, conduce al uso de semillas de baja calidad genética, favoreciendo el desarrollo de problemas fitosanitarios, lo cual tiene fuertes complicaciones desde el establecimiento, desarrollo, termino del cultivo y en la comercialización del chile para secado, lo que pone al productor en condiciones desfavorables (Reveles-Hernández *et al.*, 2013).

Según (Segovia-Lerma y Romero-Mosqueda 2014), señalan que dentro de las limitantes de la producción nacional de chile se encuentra la necesidad de nuevas variedades bien adaptadas, además de que el alto costo de semillas importadas y la baja disponibilidad de materiales de chile con alto rendimiento y demanda comercial.

Se sabe que la hibridación es el método de mejoramiento genético más adecuado para incrementar el rendimiento de fruto y el número de frutos por planta. Sin embargo, para mejorar las características de altura de planta, peso individual del fruto, días a inicio de cosecha, longitud y diámetro de fruto, el método de mejoramiento de endocría y selección, son los más apropiado para la formación de variedades (Pech *et al.*, 2016).

En parcelas de productores es común el uso de materiales criollos, los cuales presentan des uniformidad de los frutos producidos, además, son susceptibles a enfermedades fungosas provocadas principalmente por *Phytophthora*, *Fusarium* y *Ryzoctonia*, también los productores no realizan un manejo agronómico adecuado del cultivo (Córdova, 2008).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Dentro las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestale, Agrícolas y Pecuarias), ubicado en el municipio de Calera de Víctor Rosales, en el estado de Zacatecas, México cuyas coordenadas son 22° 54' 101" latitud norte, 102° 39'291" longitud oeste, con una altura de 2,198 msnm. Se realizó la selección de 41 líneas de chile criollo tipo mirasol para secado en noviembre del 2018, en base a su apariencia fenotípica, dentro de la parcela.

La selección de plantas individuales se realizó cuando la planta presento la madures fisiológica, etapa fenológica de la planta de chile, en la cual los frutos maduros cambian de un color verde a rojizo. Los criterios de selección fueron; frutos uniformes en color, tamaño, forma de lóculo, plantas con sanidad en los frutos, mayor número de frutos, frutos rectos, ramificaciones uniformes. Estas selecciones se realizaron en plantas con competencia completa entre plantas vecinas por los cuatro lados (entre plantas y entre surcos). A las plantas seleccionadas se les midió el ancho con un vernier (mm), y largo de

fruto en (cm), para observar si hay variabilidad de las líneas seleccionadas. El objetivo de este trabajo fue observar el ancho y largo de los frutos de las líneas de chile seleccionadas para poder identificar individuos sobresalientes.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas para el ancho de fruto entre líneas seleccionadas ( $P=0.000$ ). Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan con  $\alpha=0.05$ , se encontró que la línea 39 fue que mostró mayor anchura de fruto con 37.95 mm, en segundo lugar, lo mostró la línea 31 con 36.83 mm, la línea de menor anchura en la parte central del fruto fue la 10 con 27.61 mm.

Cuadro1. Comparación de medias para ancho de fruto de chile seco de líneas seleccionadas.

Genotipo	Media (mm)		Genotipo	Media (mm)		Genotipo	Media (mm)		Genotipo	Media (mm)	
39	37.95	a	22	33.22	efghi	7	31.48	ghijklmn	41	29.29	no
31	36.83	ab	12	32.99	efghij	23	31.47	ghijklmn	10	27.61	o
38	36.45	abc	13	32.92	efghijk	19	31.45	ghijklmn			
36	36.33	abcd	5	32.86	efghijk	32	31.38	ghijklmn			
21	35.27	abcd	29	32.61	efghijkl	24	30.88	ijklmn			
27	35.12	abcd	14	32.58	efghijkl	3	30.80	ijklmn			
17	34.71	bcdef	25	32.46	efghijklm	6	30.55	ijklmno			
33	34.46	bcdefg	28	32.27	efghijklmn	15	30.11	ijklmno			
1	34.20	bcdefg	26	31.92	fghijklmn	16	29.99	ijklmno			
40	34.19	bcdefg	11	31.81	fghijklmn	9	29.93	ijklmno			
2	33.69	cdefgh	30	31.71	fghijklmn	4	29.84	klmno			
37	33.50	cdefghi	20	31.61	fghijklmn	34	29.73	klmno			
18	33.34	defghi	35	31.59	ghijklmn	8	29.43	mno			
C.V.	8.38										

Nota: letras con la misma letra son estadísticamente iguales

Para longitud de fruto el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre fenotipos ( $P = 0.000$ ), y en la comparación de medias por el método de Duncan con  $\alpha = 0.05$ , se observó que el fenotipo con el número 4 presentó la mayor longitud de fruto, en segundo lugar, se encontró el número 11, el fenotipo con menor longitud del fruto fue el 34.

Cuadro 2. Comparación de medias para el largo de fruto de chile seco de las líneas seleccionadas.

Genotipo	Media (cm)	Genotipo	Media (cm)	Genotipo	Media (cm)	Genotipo	Media (cm)				
4	19.267	a	2	16.02	cdefghij	6	15.13	ghijklm	26	12.78	mn
11	19.250	a	15	15.87	cdefghijk	41	15.08	ghijklm	34	12.08	n
14	19.200	a	7	15.73	defghijk	37	15.07	ghijklm			
23	18.617	ab	20	15.63	efghijkl	17	15.05	ghijklm			
24	18.550	ab	28	15.62	efghijkl	35	14.88	ghijklm			
3	17.767	abc	32	15.62	efghijkl	29	14.57	ghijklm			
19	17.500	abcd	36	15.62	efghijkl	27	14.40	ghijklm			
21	17.383	abcde	30	15.58	efghijkl	40	14.12	ijklmn			
22	17.300	abcdef	5	15.52	efghijklm	12	13.95	jklmno			
13	16.783	bcdefg	9	15.35	fghijklm	25	13.94	jklmno			
16	16.467	bcdefg	39	15.23	ghijklm	25	13.92	klmno			
31	16.200	cdefgh	8	15.20	ghijklm	18	13.68	klmno			
1	16.150	cdefgh	10	15.17	ghijklm	33	13.57	lmno			
C.V.	11.07										

Nota: letras con la misma letra son estadísticamente iguales

Se encontró que las líneas de mayor anchura del grano en la parte central del fruto, no son las de mayor longitud del fruto. No obstante, el coeficiente de variación resultó de un aceptable valor, lo cual nos indica que la selección fenotípica que se realizó dentro del material criollo contiene una gran diversidad genética entre las líneas seleccionadas, lo cual permitirá realizar el avance generacional y homogenización dentro de cada línea (tamaño, color, altura de planta, etc.) en los próximos años, para poder comenzar el programa de hibridación.

## CONCLUSIONES

La selección con el número 14 podría ser utilizada en el programa de hibridación ya que esta es una de las líneas de mayor longitud de fruto, además, presenta la achura del fruto promedio de las plantas seleccionadas. También se encontró que las líneas seleccionadas poseen una gran diversidad genética en ancho y largo de fruto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT- Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Córdova R. A. 2008. AM-VR nueva variedad de chile ancho mulato para el altiplano de México. Campo Experimental San Luis Potosí. Folleto Técnico. Núm. 34. CIRNE-INIFAP. 10 p.
- Pérez C., L. J.; Tornero C., M. A.; Escobedo G., J. S. y Sandoval C., E. 2016. El chile poblano criollo en la agricultura del alto Atoyac. México. Estudios Sociales. 49(27): 49-66
- Pech M., A. M.; Castañón N., G.; Tun S. J. M.; Mendoza E., M.; Mijangos C., J. O.; Pérez G., A. y Latournerie M. L. 2010. Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.). Rev. Fitotec. Mex. 33(4): 353-360.
- Reveles-Hernández, M., Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L.R. y Mena-Covarrubias, J. 2013. Selección y conservación de semilla de chile: Primer paso para una buena cosecha. Folleto Técnico. Núm. 51. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 43 p.
- Toledo-Aguilar R.; López-Sánchez H.; Antonio López P.; Juan de Dios Guerrero-Rodríguez J. de D.; Santacruz-Varela A. y Arturo Huerta-de la Peña A. 2011. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile "poblano". Revista Chapingo Serie Horticultura 17(3): 139-150

## POTENCIAL DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub> EN PLANTAS DE CAFÉ EN LA REGIÓN CAFETALERA DE VERACRUZ

**\*Vicenta Constante-García<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>,  
Miguel Rivera González y José Luis González Barrios<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA.  
Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango.

\*Email: [constante.garcia@inifap.gob.mx](mailto:constante.garcia@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Investigaciones sobre la estabilidad del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) muestran una estabilidad durante siglos. No obstante, en los últimos años, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha presentado un aumento considerable, esto es, de un valor de 280 ppm a 403.3 ppm de dióxido de carbono (OMM, 2017). El aumento en el CO<sub>2</sub> atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal del planeta, absorbiendo las radiaciones que usualmente la tierra emite y que escapan al espacio exterior, ocasionado que la temperatura del globo terráqueo aumente. Este aumento en las temperaturas ha causado cambios climáticos que incluyen tormentas, sequías e inundaciones intensas, derretimiento de los polos con el subsecuente incremento del nivel del mar, deterioro de la salud humana, extinción de especies, entre otros (Doney *et al.*, 2009).

Uno de los efectos negativos que implica el cambio climático es el rendimiento de la producción agrícola, debido al aumento en las temperaturas y el cambio en los regímenes pluviales acorta las etapas de crecimiento de los cultivos, el calor acelera la respiración y el desarrollo de la planta, así por ejemplo en los cereales un aumento de 4° C genera una pérdida de 20-30% de la materia seca (Lawlor, 2005).

Por otra parte, se estima que la fijación de dióxido de carbono se verá incrementada en los próximos 60 años debido al aumento en la temperatura, por lo que se espera que la fijación de CO<sub>2</sub> se incremente el 1% por cada °C.

En este sentido la mayoría de las investigaciones respecto al secuestro de carbono se han realizado en áreas naturales forestales, sin embargo, el futuro de este reservorio es incierto, a consecuencia justamente del aumento en la frontera agrícola, incendios y deforestación, entre otros (Magaña, 2004). Por otra parte, existen trabajos al respecto que demuestran el gran potencial para la captura de carbono en sistemas agrícolas-frutícolas (Carvajal *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2006; Betancourt *et al.*, 2014).

Por lo que es importante saber el CO<sup>2</sup> que cada especie en diferentes latitudes u escenarios puede llegar a presentar, así como contribuir a conocer las especies con potencial para su captura, o bien, estos datos también pueden aportar al entendimiento del papel que juegan la especie en el balance del carbono. Por lo que, el presente trabajo tiene el objetivo de explorar las cantidades de CO<sup>2</sup> en una de las regiones cafetaleras más importantes de México.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio forma parte de una de las áreas cafetaleras en la región Xalapa-Coatepec del estado de Veracruz, considerada una de las zonas cafetaleras más importantes del país, dado que el 98,8 % de esta superficie tiene cafetales con sombra diversificada que contribuyen a conservar la biodiversidad, el paisaje y captura de carbono (Moguel y Toledo, 1999). El área se ubica entre las coordenadas 19°28'0.98 N y 96°52'38.20" W a una altitud 1095 msnm. El área presenta un terreno con una pendiente de 19%. La temperatura oscila de 20 a 26°C con un rango de precipitación de 900 a 1 300 mm, perteneciente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (44%). Las rocas son ígneas pertenecientes al periodo del cuaternario en un 83%. Edafológicamente los suelos son aluviales, en donde predomina más el Feozem en un 40%, seguido del Vertisol (verteré) en y el Leptosol (suelos extremadamente jóvenes y delgados, muy pedregosos). En cuanto a la hidrología, ésta forma parte de la cuenca del Papaloapan cubre al 100% el área, ubicado en la subcuenta R. Jamapa. Por otra parte, de acuerdo al uso del suelo y vegetación predomina la agricultura en un 55%, en donde el tipo de vegetación natural dominante son los Pastizales representan, seguido de la selva y bosque; en tanto que la zona urbana representa un porcentaje menos (INEGI, 2009).

Se utilizó un muestreo sistemático sobre una plantación de café con una edad de 4 años. El muestre consistió en distribuir cuatro parcelas de forma rectangular con una superficie de 0.04 ha (10\* 4 m) dejando una distancia aproximadamente de 50 m entre cada parcela. En la implementación de las parcelas se procuró evitar el efecto de borde, para ello, se dejó una franja entre 10 a 15 m de la orilla del camino hacia el establecimiento de la parcela.

Dentro de cada una de las parcelas se tomaron medidas dasométricas tales como el diámetro y la altura del pecho (DAP = 1.30 m), así como el diámetro a 15 cm del suelo, utilizando para ello una cinta diamétrica. La altura total del árbol fue tomada con una vara

graduada y un clinómetro. También se midió la distancia entre los árboles y entre las hileras, esto con el fin de calcular la densidad poblacional.

#### Biomasa aérea y radical

Para la determinación de biomasa seca se llevó a cabo una revisión bibliográfica para seleccionar una función matemática que permitiera predecir la biomasa partir de las variables dasométricas tomadas en campo, específicamente para la especie *Coffea arabica* (Segura *et al.*, 2006) (Ecuación 1). La función fue seleccionada tomando en cuenta las condiciones climáticas semejantes a las de área de obtención de las muestras, haciendo especial énfasis en las dimensiones del diámetro y altura, las cuales deberían de estar dentro del rango de datos, en el cual se generó la ecuación utilizada para estimar la biomasa en plantas de café.

$$\text{Log Bt} = a + b * \text{Log}(d_1) + c * \text{Log}(h) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Log Bt: Log de la biomasa total

h: Altura total de la planta

d<sub>1</sub>: Diámetro a la altura de 15 cm del suelo

a, b, c: Constantes del modelo

En cuanto a la biomasa radicular, la literatura de inventarios de carbono indica que un valor de biomasa radicular varía entre un 10 y 15 (MacDiken, 1997). Tomando en consideración estas cifras, se indagó en información al respecto, que respaldará un porcentaje adecuado de raíces reportadas en plantas de café con similares contenidos de biomasa, definiendo así un 20 % respecto a la biomasa aérea obtenida (Pereira y Parrales, 2006).

#### Determinación de los contenidos de carbono y CO<sup>2</sup>

La determinación de los contenidos de carbono se llevó a cabo a través del Analizador Elemental (LECCO). Para ello se comprobó el peso estable de las diferentes secciones de la planta (la temperatura fue de 62 a 70°C). Posteriormente se prepararon submuestras de 2 a 3 mg de peso seco de las diferentes secciones (tallos, hoja, fruto y raíz) el análisis en laboratorio se basa en el método de combustión seca, la cual es un método químico directo de carbono orgánico, utilizando la combustión de la muestra que contiene el carbono, y en donde las muestras son quemadas a alta temperatura cercana de los 1000 °C (Nelson y Sommers, 1996).



La finalidad del procedimiento anterior fue de utilizar el promedio de los valores de C pertenecientes al tallo, hoja (biomasa aérea) y la raíz, resultado del análisis en laboratorio. En cuanto a la determinación de carbono subterráneo o bajo el suelo se utilizaron los valores obtenidos para raíz. El promedio de cada uno de éstos fue utilizado para determinar el almacenamiento de carbono (Ecuación 2) en las plantas de café (Carvajal *et al.*, 2009; Thennarasu *et al.*, 2014). El cálculo a tonelada por hectárea se realizó tomando en cuenta la densidad poblacional (Betancourt *et al.*, 2014)

$$C_{total} = Bat * CC \quad (Ec. 2)$$

Donde:

CTotal: Carbono Total ( $Mg\ ha^{-1}$ )

Bat: Biomasa Aérea total ( $Mg\ ha^{-1}$ )

CC: Contenido de carbono

La determinación de  $CO^2$  se ha obtenido multiplicando el carbono fijado por cada planta en la parte aérea y subterránea, por su correspondiente densidad de plantación y multiplicado por 3,667. Tomando en cuenta que 1 tonelada de carbono equivale a 3,67 t de  $CO^2$  (obtenido en función de los pesos moleculares del carbono y del  $CO^2$ , de 12 / 44) (Rügnitz *et al.* 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio tuvo una superficie muestreada de 1.43 has, con densidad de 5045 plantas  $ha^{-1}$ . Las plantas muestreadas presentaron un porte en altura promedio de 2.09 y un diámetro del tallo tomado a 15 cm del suelo con un valor de 3.65 cm. Sobre esta base de datos procedente de 34 plantas de café se emplearon los modelos alométricos para determinar el almacenamiento de biomasa y carbono.

El porcentaje de carbono para la parte aérea tomando en consideración sólo el tallo y la hoja, tuvo un valor de 46.62 %, en tanto que el valor porcentual de la raíz fue de 38.39 %, estos valores fueron utilizado para determinar el almacenamiento de carbono en plantas de café (parte aérea y parte subterránea).

Los contenidos de  $CO^2$  en la planta de café presentaron un rango de 3.11 a 6.30, con un promedio de 4.77 (Figura 1).

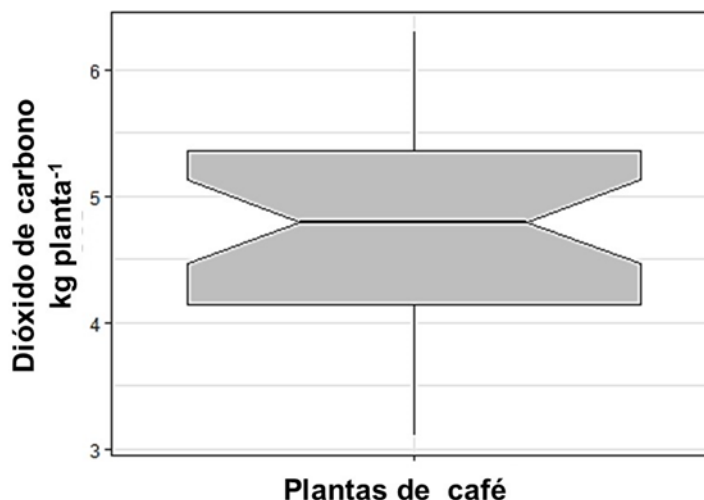


Figura1. Contenido de dióxido de carbono en la parte aérea de las plantas de café  
 Tomando en cuenta la densidad de plantas ha<sup>-1</sup> y el porcentaje de carbono de la parte aérea y subterránea, se tiene los estimativos la cantidad de dióxido de carbono de la parte aérea con y bajo suelo o perteneciente raíz) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Carbono y dióxido de carbono en la parte aérea-subterránea ha<sup>-1</sup> y anual

Fuente	Carbono en t C ha <sup>-1</sup>	Dióxido de Carbono en t ha <sup>-1</sup>	Dióxido de Carbono en t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Parte aérea	6.56	24.08	
Parte de la raíz	1.07	3.96	
Biomasa total	7.63	28.04	7.01

Los resultados encontrados en el presente trabajo concuerdan con el CO<sup>2</sup> producido anualmente para la región Aragónense en España, en donde arbolado frutícola de la región (Manzano, Peral, Albaricoquero, Cerezo, Melocotonero, Cierueo y Almendro) presenta valores entre 21.05 a 27.27 t CO<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Espada, 2013), los cuales al ser comparados con los obtenidos en el presente trabajo son concordantes con el valor obtenido en las plantas de café (7.01), tomando en cuenta que el café mantiene un porte menor a los arboles estudiados.

## CONCLUSIONES

Las plantas de café con una altura promedio de 2.09 y un diámetro del tallo tomado a 15 cm del suelo con un valor de 3.65 cm representan una captura de 28.04 t de CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tomando en cuenta la parte aérea y radicular, los cuales presenta un crecimiento anual de 7.01 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Las plantas individualmente presentaron un rango entre 3.11 y 6.30 kg de CO<sub>2</sub>, con un promedio de 4.77 kg por planta. Los resultados obtenidos en este trabajo deben ser tomados en cuenta en programas de mitigación de al cambio climático o bien para la determinación del papel que juegan en el balance del carbono en las áreas cafetaleras de estado de Veracruz.

## BIBLIOGRAFIA

- Betancourt, M., Reyes, N., Vázquez, D., Dufo, M. D., García, M. E., and Álvarez, A. (2014). First Quantitative Estimates of Carbon Retention by Citrus Groves under Cuba's Conditions. *American Journal of Climate Change*, 3(02):130.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M., y Martínez-Ballesta, M. C. (2009). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Murcia, Spain*.
- Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A. and Kleypas, J.A (2009). Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *The Annual Review of Marine Science*. 1: 169-192.
- Espada, J. L. (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO<sub>2</sub> desempeñan un importante servicio ambiental. *Informaciones Técnicas*, (248).
- Espada, J.L. (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO<sub>2</sub> desempeñan un importante servicio ambiental. *Informaciones Técnicas*, (248).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica de los Estados Unidos Mexicanos. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave. <http://www.inegi.org.mx/>
- Lawlor, D. W. (2005). Plant responses to climate change: impacts and adaptation. *Plant Responses to Air Pollution and Global Change*, 81–88.doi:10.1007/4-431-31014-2\_10
- MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Winrock International. 87p.
- Nelson, D.W. and Sommers L.E (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D.L., et al. (Eds.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. pp. 961-1010.
- OMM 2017. Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2016. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) sobre los gases de efecto invernadero. Tokio, Japón. ISSN 2078-0818
- Pereira Chavarría, E. J. y Parrales R.C.D. 2006. Evaluación de tres sistemas de manejo agronómico sobre el crecimiento, estructura productiva, acumulación de biomasa, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica* L.) vr. Tesis Doctoral dissertation. Universidad Nacional Agraria (UNA). Costa Rica 95p.
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., y Porro, R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales---. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/Consortio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú.
- Segura, M., Kanninen, M. y Suárez, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems*, 68(2), 143-150.

- Suarez, 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en Comaraca Yassica, Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica.117p.
- Thennarasu, A., Sivakumar, T., Meenakshisundaram, S., Sankaran, V. M., and Vanan, T. T. 2014. Carbon Sequestration Potential of Fodder Maize (*Zea Mays L.*) Influenced by Manure Treatment Techniques. In *International Conference on Food, Agriculture and Biology (FAB-2014)* Kuala Lumpur, Malaysia. (Vol. 10).

## CUANTIFICACIÓN DE CARBONO EN CAFETALES DE VERACRUZ

\*Vicenta Constante García, Erika Nava Reyna<sup>1</sup>, José Luis González Barrios<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup> y Miguel Rivera González <sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP, CENID-RASPA Km 6.5 margen derecha del canal Sacramento C.P. 35140 Gómez Palacio, Durango.

\*Email: [constante.garcia@inifap.gob.mx](mailto:constante.garcia@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Los tres principales gases de efecto invernadero alcanzaron nuevos niveles máximos en 2016 al registrar 403.3 ppm de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 1853 ppb de metano (CH<sub>4</sub>) y 328.9 ppb de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (OMM, 2017). De los gases anteriores el CO<sub>2</sub> cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta, tomando en cuenta que es un gas de larga permanencia, es decir, es un gas que permanece activo en la atmósfera durante largo periodo de tiempo. Así, por ejemplo, el 50% de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% durará varios miles de años, además de ser el mayor contribuyente en términos de cantidad y tasa de aumento (Butler y Montzka, 2019).

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la agricultura es responsable de cerca del 14% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), cuyo valor es similar al originado por el sector del transporte y representan la cuarta causa de emisiones de GEI (Montzka *et al.*, 2011). Sin embargo, la actividad agrícola no sólo emite GEI, también opera como un sumidero de carbono (C), dado que es un sistema que mitiga la concentración de este gas en la atmósfera y lo almacena gracias a su función vital, esto es, la fotosíntesis (Maqueda *et al.*, 2005).

En este sentido la agroforestería representa una importante alternativa para conservar las reservas de carbono, haciendo un frente a una presión generada por la agricultura en áreas tropicales (Soto-Pinto *et al.*, 2010), por lo que, los agroecosistemas como los cafetales representan un papel importante en la captura de carbono (Pineda *et al.*, 2005; Dossa *et al.*, 2008; Labouisse *et al.*, 2008) ya que forman parte del balance del carbono, entendiendo a este como la diferencia entre la cantidad de carbono que se mantiene como reservorio vegetal y la que se genera por respiración de la misma planta, o bien, por desprendimiento y descomposición de las partes aéreas, definido así la fijación neta de carbono por planta (Montero *et al.*, 2005).

El primer paso para definir este balance del carbono inicia en la cuantificación de carbono de la especie, en diferentes escenarios y aplicado a especies potenciales. Las cuales deben de dar un valor ecológico agregado y a la vez, ser una fuente económica alternativa que les permita integrarse al desarrollo sustentable de sus regiones.

A nivel mundial el café es uno de los cultivos que ha tenido un auge en las últimas décadas, por ejemplo, en el periodo de 1980 al 2014 la producción mundial de café creció en un 73 % (CEDRSSA, 2014) posterior a este periodo, es decir, del año 2014 al 2018 continua el incremento en la producción, en donde los principales países productores son Brasil, Vietnam, Centro América incluido México y Colombia (USDA, 2019).

En México la región cercana a Emiliano Zapata perteneciente al estado de Veracruz, es una de las zonas cafetaleras más importantes del país, considerando que el 98.8 % de esta superficie tiene cafetales con sombra diversificada que ofrece diferentes servicios ambientales. Esta zona presenta una alta complejidad de hábitats que contribuyen a conservar la biodiversidad, el paisaje recreativo y captura de carbono (Moguel y Toledo, 1999) considerándose una especie con un gran potencial para captura de carbono.

Tomando en cuenta el potencial de este cultivo para la captura de carbono y la importancia económica que tiene para el país, el presente trabajo tiene como objetivo de cuantificar los contenidos de carbono para una de las regiones cafetaleras más importantes de México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un muestreo sistemático estratificado en plantaciones de café ubicadas en la localidad "La Estanzuela", dentro del municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, ubicado dentro de las coordenadas 19°28'0.98 N y 96°52'38.20" W a una altitud 1095 msnm. El área presenta un terreno con una pendiente de 19%. La temperatura para Emiliano Zapata va de 20 a 26°C con un rango de precipitación entre 900 a 1 300 mm. Pertenece a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y de humedad media (44%). Las rocas son de origen ígneo pertenecientes al periodo del cuaternario en un 83%, al Neógeno en un 11% y el 3% al Cretácico (INEGI, 2009).

El levantamiento de muestras se realizó sobre una plantación de café con una edad de 4 años. El muestreo sistemático consistió en distribuir 4 parcelas de forma rectangular con una superficie de 0.04 ha (10\* 4 m) y distancia de 50 a 55 m entre cada una. En la implementación de las parcelas se procuró evitar el efecto de borde, para ello, se dejó una franja entre 10 a 15 m de la orilla del camino hacia el establecimiento de la parcela. Dentro

de cada una de las parcelas se tomó una serie de medidas dasométricas, midiendo todos los árboles que cayeron en dicha superficie.

Las medidas dasométricas consistieron en medir el diámetro a la altura del pecho (DAP = 1.30 m), y una segunda medida del diámetro a 15 cm del suelo, utilizando una cinta diamétrica. La altura total de las plantas de café fue tomada con una vara graduada y un clinómetro. También se midió la distancia entre los árboles y entre las hileras, esto con el fin de calcular la densidad poblacional.

#### Biomasa aérea o sobre el suelo

Para la determinación de biomasa se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de seleccionar la ecuación publicada por Segura *et al.*, (2006) realizada en la especie *Coffea arabica* (Ecuación 1). La función fue seleccionada tomando en cuenta las condiciones climáticas semejantes a las de área de obtención de las muestras. El clima para el área en la que se genera esta ecuación pertenece a un clima húmedo subtropical con precipitación anual entre 600 - 2000 mm por año, con una temperatura entre 23 y 35°C. Además, la selección de este modelo residió en la utilización de dos variables, altura y diámetro, característica que hace más precisa para la determinación de la biomasa (Ruiz-Díaz *et al.*, 2014). Finalmente se tomó especial énfasis en las dimensiones del diámetro y altura, las cuales deberían de estar dentro del rango en el cual se generó la ecuación utilizada para estimar la biomasa en plantas de café.

$$\text{Log Bt} = a + b * \text{Log}(d_1) + c * \text{Log}(h) \quad (1)$$

Dónde:

Log Bt: Log de la biomasa total

h: Altura total de la planta

d<sub>1</sub>: Diámetro a la altura de 15 cm del suelo

a, b, c: Constantes del modelo

#### Biomasa radicular o bajo el suelo

La literatura de inventarios de carbono indica que un valor de biomasa radicular varía entre un 10 y 15 %, dato que se puede llegar a ser hasta cierto punto conservador (MacDiken, 1997) pero permite obtener un estimado aproximado de la biomasa bajo el suelo, sin recurrir a sobre estimar. Tomando en consideración estas cifras, se indagó en información al respecto, que respaldará un porcentaje adecuado de raíces reportadas en plantas de café con similares contenidos de biomasa, definiendo así un 20 % respecto a la biomasa aérea obtenida (Pereira y Parrales, 2006).

### Determinación de los contenidos de carbono

La determinación de los contenidos de carbono se llevó a cabo a través del Analizador Elemental (LECCO). Para ello se comprobó el peso estable de las diferentes secciones de la planta (la temperatura varía de 62 a 70°C dependiendo de la sesión de la planta). Posteriormente se prepararon sub-muestras de 2 a 3 mg de peso seco de las diferentes secciones (tallo, hoja, fruto y raíz) realizando el análisis químico en el laboratorio del CENID-RASPA, Gómez Palacio, Dgo (Carvajal *et al.*, 2009).

La finalidad del procedimiento anterior fue de utilizar el promedio de los valores de C pertenecientes al tallo, hoja (biomasa aérea) y la raíz, resultado del análisis en laboratorio. En cuanto a la determinación de carbono subterráneo o bajo el suelo se utilizaron los valores obtenidos para raíz. El promedio de cada uno de éstos fue utilizado para determinar el almacenamiento de carbono (Ecuación 2) en las plantas de café (Carvajal *et al.*, 2009; Thennarasu *et al.*, 2014). El cálculo a tonelada por hectárea se realizó tomando en cuenta la densidad poblacional (Betancourt *et al.*, 2014)

$$C_{total} = Bat * CC \quad (2)$$

Dónde:

CTotal: Carbono Total (Mg ha<sup>-1</sup>)

Bat: Biomasa Aérea total (Mg ha<sup>-1</sup>)

CC: Contenido de carbono

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de trabajo presentó una superficie total de 1.43 has, con una edad de 4 años y una densidad de 5045 plantas ha<sup>-1</sup>. En el muestreo se evaluó únicamente las plantas de café, esto se menciona, dado que dentro de los polígonos muestreados también coexistían especies nativas, mismas que no fueron tomadas en cuenta. Las plantas de café arrojaron una altura promedio de 2.09 y un diámetro del tallo tomado a 15 cm del suelo con un valor de 3.65 cm. Sobre esta base de datos se emplearon los modelos alométricos para determinar el almacenamiento de biomasa y carbono.

El porcentaje de carbono para la parte aérea tomando en consideración sólo el tallo y la hoja, tuvo un valor de 46.62 %, los cuales al convertirlo a términos relativos obtuvieron un valor de 0.47 para cada uno. El valor porcentual de la raíz fue de 38.39 %, estos valores fueron utilizado para determinar el almacenamiento de carbono en plantas de café (parte aérea y parte subterránea).



En total se muestrearon 34 árboles que presentan una variación en los contenidos de biomasa de 2.80 a 3.70 kg planta<sup>-1</sup>, con una media y desviación de 2.79 ± 0.45. En base a los resultados de la biomasa los contenidos de carbono oscilaron entre 1.72 y 0.82 kg de carbono con un valor promedio y desviación estándar de 1.30 ± 0.20 kg de C árbol<sup>-1</sup> (Figura 1).

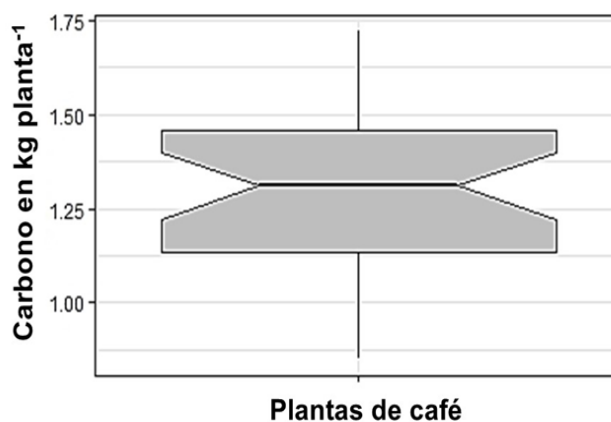


Figura 1. Contenido de carbono en plantas de café en la Finca Roma, Emiliano Zapata, Veracruz.

Tomando en cuenta la densidad de plantas ha<sup>-1</sup> y el porcentaje de carbono de la parte aérea y subterránea, se tiene los estimativos de la biomasa viva sobre el suelo (parte aérea) y biomasa bajo suelo (raíz) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Carbono y biomasa (aérea-subterránea) ha<sup>-1</sup> en plantas de café

Fuente	Biomasa t ha <sup>-1</sup>	t C ha <sup>-1</sup>
Parte aérea	14.07	6.56
Parte de la raíz	2.801	1.07
Total	16.87	7.63

De acuerdo con la biomasa total de 16.87 y la edad de la plantación de café se obtuvo un crecimiento de 4.21 toneladas de biomasa ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, al cual le corresponde 1.91 t C ha<sup>-1</sup> anuales.

Los resultados obtenidos concuerdan con el potencial de C para los cafetales sombreado en México que van de 2.1–3.4 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (De Jong *et al.*, 1997) dado que se obtuvo un crecimiento de aproximadamente 2 t C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, calculo a partir de la edad y la biomasa total.

Por otra parte, investigaciones realizadas por Alpizar *et al.*, (1985) en plantas de café, presentan un valor de 7.9 t ha<sup>-1</sup> de biomasa aérea, cuando ésta es asociada a la especie laurel (*Cordia alliodora*), no obstante, cuando se asocia con otra especie llamada Porò gigantea (*Erytina poeppigiana*) presenta un valor de 15.3 t ha<sup>-1</sup>. La variación entre los sistemas de café, puede ser atribuida tanto a la densidad poblacional, como a la cantidad de sombra dada a los cultivos (Suarez, 2002).

Hablando específicamente de la biomasa por planta, un análisis destructivo realizado sobre una plantación de café, reporta valores en kg por planta de 4.06 (plantas bajo sombra y un fertilizante), 3.18 (plantas a pleno sol y fertilizante) y 2.418 kg (café bajo sombra sin biofertilizante), esto, con una densidad de 5000 plantas por hectárea a una edad de 6 años (Pereira y Parrales, 2006).

En cuanto a los contenidos de la biomasa de raíz, se tiene que, dentro de los ambientes tropicales, la biomasa de raíces tiene un amplio rango de variación que va del 3 al 49 % respecto a la biomasa aérea, aunque se podrían emplear valores conservadores entre el 10 y el 15 % (MacDiken, 1997). Sin embargo, para este trabajo se decidió tomar un trabajo que muestra con claridad que la biomasa de la raíz en plantas de café de 4 años de edad, que presentan el 20 % de la biomasa aérea total (Pereira y Parrales, 2006).

## CONCLUSIONES

Las plantas de café capturan aproximadamente 7.63 t C ha<sup>-1</sup>, en donde la raíz representa el 20 % del carbono aéreo (1.07 t C ha<sup>-1</sup>). Las plantas de café presentan un rango entre 1.72 a 0.82 kg de carbono y un promedio de 1.30 kg de C planta<sup>-1</sup>. Los cafetales presentaron un crecimiento anual de aproximadamente 2 t C h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, dato que puede variar de acuerdo a la densidad poblacional y el manejo en cuento en donde el sombreado es determinante. Los resultados aquí encontrados no dejan de ser estimativos de los contenidos de carbono de las plantas de café, y aunque concuerdan con otros trabajos realizados en café, se recomienda generar estos modelos en base a muestreos destructivos y aplicarlos en las mismas regiones en donde se requiere realizar el estudio.

**BIBLIOGRAFIA**

- Alpizar, L., Fassbender, H.W y Heuvelodop J. 1985. Sistemas Agroforestales de café (*coffee arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Porò (*Erytina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. In Biomasa y reservas nutritivas. Departamento de Recursos Naturales. Renovables, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 14p.
- Betancourt, M., Reyes, N., Vázquez, D., Dufo, M. D., García, M. E., and Álvarez, A. (2014). First Quantitative Estimates of Carbon Retention by Citrus Groves under Cuba's Conditions. *American Journal of Climate Change*, 3(02):130.
- Butler, J.H. and Montzka S.A. 2019. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI). [www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html). Laboratorio de Investigación del Sema Terrestre de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera, 2019: NOAA's annual greenhouse gas index, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M. y Martínez-B. M. C. 2009. Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Murcia, Spain*.
- CEDRSSA. 2014. Producción y mercado de café en el mundo y en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). Reporte del CEDRSSA. Noviembre de 2014. Recuperado de: [www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=2756&idurl=4576](http://www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=2756&idurl=4576). Consultado en febrero de 2019.
- De Jong HJ, Soto-Pinto L, Montoya-Gómez G, Nelson K, Taylor J. y Tipper R. 1997. Forestry and agroforestry landuse systems for carbon mitigation: an analysis in Chiapas, Mexico. In: Adger WN, Pettenella D, Whitby M (eds), *Climate-change mitigation and European land-use policies*. CAB International, Wallingford, pp 269–284
- Dossa E.L, Fernands ECM, Reid WS, Ezui K. 2008. Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agroforest Syst* 72:103–115.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica de los Estados Unidos Mexicanos. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave. <http://www.inegi.org.mx/>
- Maqueda G. M.R., Carbonell P., M. V., Martínez R., Elvira., Flórez G. M. 2005. Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. (4): 14-18.
- MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Winrock International. 87p.
- Moguel, P. y Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation biology*, 13(1), 11-21.
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R. y Muñoz, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. *INIA-Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria*. 270p.
- Montzka, S. A., E. J. Dlugokencky y J. H. Butler. 2011. NonCO<sub>2</sub> greenhouse gases and climate change. *Nature* 476: 43-50.
- OMM 2017. Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2016. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) sobre los gases de efecto invernadero. Tokio, Japón. ISSN 2078-0818.
- Pereira Chavarría, E. J. y Parrales R.C.D. 2006. Evaluación de tres sistemas de manejo agronómico sobre el crecimiento, estructura productiva, acumulación de biomasa, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica* L.) vr. Tesis Doctoral dissertation. Universidad Nacional Agraria (UNA). Costa Rica 95p.
- Pineda-López, M., Ortiz-Ceballos, G., y Sánchez-Velásquez, L. R. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques*, 11(2), 3-14.

- Ruiz-Díaz, C., Rodríguez-Ortiz, G., Leyva-López, J. C., y Enríquez-del Valle, J. R. 2014. Metodologías para estimar biomasa y carbono en especies forestales en México. *Naturaleza y Desarrollo*, 12(1), 28-45.
- Segura, M., Kanninen, M., y Suárez, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems*, 68(2), 143-150.
- Soto-Pinto L, Anzueto M, Mendoza J, Ferrer GJ, y De Jong B. 2010 Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, México. *Agrofor Syst* 78:39–51.
- Suarez, 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en Comaraca Yassica, Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 117p.
- Thennarasu, A., Sivakumar, T., Meenakshisundaram, S., Sankaran, V. M., and Vanan, T. T. 2014. Carbon Sequestration Potential of Fodder Maize (*Zea Mays L.*) Influenced by Manure Treatment Techniques. In *International Conference on Food, Agriculture and Biology (FAB-2014)* Kuala Lumpur, Malaysia. (Vol. 10).
- United States Department of Agriculture (USDA). 2019. Coffee: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. 2019/20 Forecast Overview. Consultado en julio 2019. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>

## CONTROL DEL PICUDO DE LA GUAYABA CON EXTRACTOS VEGETALES

Karla Vanessa De Lira Ramos<sup>1\*</sup>, Ernesto Cerna Chávez<sup>2</sup>, Ernesto González Gaona<sup>1</sup>,  
Juan Carlos Delgado Ortiz<sup>3</sup>, Yisa María Ochoa Fuentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags.

<sup>2</sup>Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México; <sup>3</sup>Cátedrático CONACYT-UAAAN, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

\*ramos.vanessa@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) es de gran importancia debido a que se cultiva en casi todo el país. Se tiene registrada una superficie de 23 mil hectáreas distribuidas en 20 estados (SIAP, 2018). Sin embargo, las zonas productoras más importantes se localizan en Michoacán y en la región “Calvillo-Cañones” ubicada en los estados de Aguascalientes y Zacatecas (Padilla *et al.*, 2007).

El picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* Champion, es el principal problema parasitológico que afecta el cultivo, ya que, si no se le controla oportunamente, puede ocasionar pérdidas del 60% en la producción (González *et al.*, 2008). Los métodos de control se basan principalmente en la aplicación de insecticidas de síntesis química. Sólo la abamectina (Avermectina) y un nematocida biológico con base en microbios muertos de *Myrothecium verrucaria* (Ditera DF®) cuentan con registro para su uso en el cultivo del guayabo (COFEPRIS, 2019). Sin embargo, está prohibido su uso en la producción de guayabas para exportación y para la elaboración de alimentos para infantes, lo cual dificulta el control de la plaga en dicho cultivo y limita las opciones de comercialización de los frutos.

El empleo de extractos vegetales es una alternativa al uso de plaguicidas de síntesis química. Estudios recientes revelan la actividad biológica de algunos metabolitos encontrados en plantas para el control de plagas (Villa *et al.*, 2015). Estos metabolitos tienen la ventaja de no contaminar debido a que son degradadas rápidamente en el ambiente (Iannacone y Lamas, 2002). Dentro de estas plantas, se reporta que la rotenona se extrae de la oleorresinas de la semilla de jícama (*Pachyrhizus erosus*) y que actúa como insecticida para el control del gorgojo del frijol almacenado (*Acanthoscelides obtectus*) (Andrés *et al.*, 2009); también se ha reportado que la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) tiene compuestos alcanoides, amidas, compuestos fenolicos, terpenos, flavonoides, con

potencial para el control de plagas (Shirley *et al.*, 2017) como el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) (Salvadores *et al.*, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar extractos vegetales de diferentes familias botánicas con reportes de actividad insecticida sobre coleópteros, contra adultos de picudo de la guayaba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material vegetal

Se colectaron plantas de chicalote (*Argemone mexicana*) e higuera (*Ricinus communis*) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mientras que la semilla de jícama (*Pachyrhizus erosus*), ajo (*Allium sativum*), chile (*Capsicum annum*) y pimienta (*Piper nigrum*) fueron adquiridas del mercado local de Saltillo, Coahuila.

### Extractos vegetales

Se eliminó el exceso de polvo de las plantas recolectadas y después se secaron en estufa (Arthur H. Thomas CO) a una temperatura de 60°C hasta obtener tres lecturas similares indicativo de un peso constante (Pedroso *et al.*, 2012). Una vez seco, el material fue molido con ayuda de un molino de martillos hasta obtener un polvo fino y se almacenó a temperatura ambiente en recipientes cerrados en la oscuridad hasta su uso. Los extractos se obtuvieron de acuerdo con la técnica propuesta por Biswas *et al.*, (2013) usando un equipo de extracción Soxhlet, se pesaron 62.5 g de material vegetal finamente molido en 250 mL etanol grado técnico (relación 1:4). El solvente se llevó a ebullición generando un flujo continuo sobre el material vegetal situado en la cámara de extracción a una temperatura de 65°C durante cinco ciclos. Una vez obtenido el extracto, se colocó en frascos ámbar y se mantuvo en refrigeración a una temperatura de 4°C.

### Recolecta de insectos

Se hizo una recolecta de adultos de *C. dimidiatus* en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, en la localidad de "Colomos", durante junio a julio del 2018 mediante el "manteo". Los adultos obtenidos se depositaron en recipientes de plástico de 15 cm de diámetro por 25 cm de alto. Los insectos se mantuvieron con una dieta a base de guayaba fresca y hojas de guayabo (Brito *et al.*, 2008) en una cámara bioclimática (marca Binder®) con un fotoperiodo 12:12 h luz/oscuridad a 25°C día y 24°C noche, HR 30%.

### Actividad insecticida de extractos vegetales sobre el picudo de la guayaba

Los extractos vegetales etanólicos se consideraron como el 100% del extracto crudo obtenido y se preparó una concentración madre al 80% con aguas destilada estéril, esta concentración se diluyó en series al 50%. Las concentraciones finales evaluadas fueron 80%, 40%, 20%, 10%, 5%, 2.5% y 1.25% (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 respectivamente) más un testigo negativo con solo agua destilada estéril (T8) se consideró un diseño en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento. A todos los tratamientos se le agregó Tween 20 (0.05%, v/v) para mejorar la adherencia de los extractos. Se seleccionaron diez adultos por repetición (sin separar por sexo) tomando en cuenta los adultos más activos. Los adultos se confinaron en bolsitas de tela de organza y sumergieron en los tratamientos durante 30 segundos, enseguida se colocaron en papel secante para retirar el exceso de humedad y posteriormente se mantuvieron bajo las condiciones de la cámara bioclimática descritas anteriormente. Se hicieron observaciones de comportamiento y mortalidad cada 24 h durante tres días y se determinó el porcentaje de mortalidad. Las líneas de respuesta dosis-mortalidad para cada producto se obtuvieron mediante regresión lineal (Finney, 1971) y análisis estadístico probit "SAS V.9.1. (SAS Institute, 1997) para determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) y dos dosis sub-letales (CL<sub>25</sub> y CL<sub>10</sub>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos de pimienta y semilla de jícama fueron los únicos en mostrar actividad insecticida sobre el picudo de la guayaba, la mortalidad registrada para el extracto de pimienta al 40% fue del 82.76%. En el Cuadro 2 se muestran los valores estimados para las CL<sub>50</sub>, CL<sub>25</sub> y CL<sub>10</sub> de los extractos de pimienta y semilla de jícama.

Cuadro 2. Concentraciones estimadas para los extractos vegetales con actividad insecticida sobre *Conotrachelus dimidiatus*.

Extracto	CL <sub>50</sub> (%)	Intervalo de confianza al 95%	CL <sub>25</sub> (%)	CL <sub>10</sub> (%)	Ecuación de la línea de regresión
Semilla de jícama	48.91	20.96-1387	30.39	19.81	y=1.38x+0.84
Pimienta	19.88	17.57-22.76	11.16	6.64	y=0.09x+0.07

Con respecto a la actividad insecticida de extractos de pimienta, se han aislado varias amidas con actividad insecticida, tales como la pipericida, (E, E) -N- (2-metilpropil) -2,4,12-tridecadienamida, y (E, E, E) -11- (1,3-benzodioxol-5) yl) -N- (2-metilpropil) - 2,4,10-undecatrien-amida (Miyakado *et al.*, 1989; Su y Horvat, 1981); mostrando toxicidad para

las moscas domésticas (*Musca domestica* L.), gorgojos del arroz (*Sitophilus oryzae* L.) y los gorgojos del caupí (*Callosobruchus maculatus* F.) (Scott y McKibben, 1978; Su y Horvat, 1981). Además, se ha reportado que el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) alcanzó altos porcentajes de mortalidad a concentraciones del 1% (83,4%), 2% (97,6%) y 4% (100%) (Salvadores *et al.*, 2005). También se ha reportado el efecto de repelencia sobre adultos del *Sitophilus zeamais* con extractos de pimienta (79,25%), con relación al testigo (de Assis Cardoso *et al.*, 2014).

El extracto de semilla de jícama causó mortalidad del 82.76 % en concentración del 80% del extracto. Además, se observaron cambios en el comportamiento de los insectos tratados, en comparación con los insectos del testigo, los insectos dejaron de alimentarse y finalmente causaba la muerte. En ambos extractos, las concentraciones son altas, con relación a los valores reportados por Andrés *et al.*, (2009) donde encontraron que la rotenona obtenida de las oleorresinas de la semilla de jícama controló la incidencia de *Acanthoscelides obtectus* Say hasta un 95 y 100% en semilla de frijol en almacén en concentraciones de 0.05g/mL y 0.06g/mL, respectivamente. La rotenona es el principal metabolito secundario presente en las oleorresinas extraídas de las semillas de jícama que presentan acción por contacto, ingestión o como repelente. González *et al.*, (2008) realizaron experimentos en campo contra el adulto del picudo de la guayaba registrando porcentajes de mortalidad similares con Malatión y la mezcla de ajo + semilla de jícama (7.25% y 6.98% de daño) comparado cuando no se aplicó nada (84.5% de daño).

### CONCLUSIONES

Los extractos etanólicos de semillas de jícama y pimienta mostraron actividad insecticida directa contra los adultos del picudo de la guayaba. La concentración a la cual causan mortalidad del 50% de la población fue menor en pimienta (19.8) que en jícama (48.9), aunque este último también presenta actividad de repelencia. Estos resultados confirman la efectividad de la Rotenona contra el picudo de la guayaba en campo. Los extractos de semillas de Jícama y pimienta se convierten en una alternativa para el control del picudo de la guayaba sin productos de síntesis química, con lo cual se cuenta con una estrategia de manejo del picudo, que no contamina y que puede ser elaborada por el mismo productor y reducir los costos de producción si se le cultiva dentro de la misma huerta.



## BIBLIOGRAFÍA

- Andrés-Fernandez, M. D., Lucio-Rangel, J. A., Juárez-Goiz, J. M., Muñoz-Bujano, R., Hernández-Montes, S., & Elos-Mendoza, M. 2009. Oleorresina de jícama para controlar *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleóptera: Bruchidae) en semilla de frijol. *Agronomía mesoamericana*. 20 (1), 59-69.
- Biswas, B., Rogers, K., McLaughlin, F., Daniels, D. and Yadav, A. 2013. Antimicrobial activities of leaf extracts of Guava (L.) on two gram-negative and gram-positive bacteria. *International journal of microbiology*. Hindawi Publishing Corporation. Article ID 746165, 7 p. disponible en <http://dx.doi.org/10.1155/2013/746165>.
- Brito, E. S., et al. Combining vegetable oil and sub-lethal concentrations of Imidacloprid with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adult guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Biocontrol science and technology* [online] Taylor & Francis. March 2008, vol. 18(7), 665673. [viewed 05 december 2018] Available from: [doi.org/10.1080/09583150802195965](http://dx.doi.org/10.1080/09583150802195965).
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). (2019). Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- De Assis-Cardoso A, F., Da Silva-Júnior, P. J., Queiroga, V. D. P., Figueiredo-Neto, A., Cárdenas-Olivier, N., y Rojas, A. B. G. 2014. Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2014. 23(2), 57-62.
- Finney, D. J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, pp 76-80.
- González, G. E., J. Lozano G., M. P. España L., F. Tafoya R., J. S. Padilla R., M. A. Perales de la C., y A. Juárez M. 2008. Estrategias de Manejo Orgánico – Biológico del Picudo de la Guayaba (*Conotrachelus spp.*). Folleto Técnico Núm. 39. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 36 p.
- Iannacone, J., Y G. Lamas. 2002. Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65:92-101.
- Miyakado, M., Nakayama, M. I., Ohno, N. 1989. Insecticidal unsaturated isobutylamides: from natural products to agrochemical leads. In: Arnason, J.T., Philogene, B.J.R., Morand, P. (Eds.), *Insecticides of Plant Origin*. ACS symposium Series 387. American Chemical Society, 1989., New York, pp. 183– 187.
- Padilla, R., J. S., E. González, G., E., M. A. Perales, de la C., H. R. Reyes, P., y E. S. Osuna, C. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana. *Avances de Investigación*. Publicación Especial Núm. 31. SAGARPA, SNICS, INIFAP - CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. México. 61 p.
- Pedroso-Rodríguez, A., Arrebato-Ramírez, M., Baños-Bautista, S., Triana-Cruz A., Y González-Rivero D. 2012. Actividad antifúngica de extractos de *Acacia farnesiana* sobre el crecimiento *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 9196.
- Salvadores, Y. U., et al. 2005 Spices powders for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, in stored wheat. *Agricultura Técnica* [online] *Bioline* 2005, [viewed 05 december 2018] 67(2), 147-154.
- Scott, W. P., and McKibben, G. H. 1978. Toxicity of black pepper extract to boll weevils. *Journal Economic Entomology* [online] *Oxford*, April 1978. 71, 343–344. [viewed 05 december 2018] Available from: 53, 25-31. [doi:org/10.1093/jee/71.2.343](http://dx.doi.org/10.1093/jee/71.2.343).
- Shirley, F. M. L., Yamaguchi, L. F., Kato, M. J., Lemos, O. F., Xavier, L.P., Maia, J. G. S., Ramos, A. R., Setzer, W. N., & Silva, J. K. R. (2017). Secondary metabolic profiles of two cultivars of *Piper nigrum* (Black Pepper) resulting from infection by *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. *International Journal of Molecular Science*, 18 (12), 1-17.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Disponible en [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do)

- Su, H. C. F., and Horvat, R., 1981. Isolation, identification and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. *Journal of Agricultural and Food Chemestri [online] ACS Publications*, January 1981. 29, 115–118. [viewed 05 december 2018] Available from: doi:10.1021/jf00103a029.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.

## **CONTROL DE CALIDAD DE DATOS CLIMÁTICOS MEDIANTE PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: CASO CUENCA ALTA DEL RIO NAZAS, MEXICO**

**Esquivel-Arriaga Gerardo\*<sup>1</sup>, Cerano-Paredes Julián<sup>1</sup>, Rivera-González Miguel, Esquivel-Arriaga Oscar<sup>2</sup> y Velásquez-Valle Miguel Agustín<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> INIFAP - CENID-RASPA Km. 6.5 Margen derecha Canal Sacramento, Zona Industrial Gómez Palacio, Durango. C.P. 35140. \*esquivel.gerardo@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango. C.P. 35230

<sup>3</sup> INIFAP - Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo - Zacatecas km 342+119 # 9515, Hacienda de Buena Vista C.P. 25315. Saltillo, Coahuila.

### **INTRODUCCION**

La veracidad de la información climática disponible para un sitio en particular, así como su precisión resulta de gran importancia en la actualidad para el desarrollo de estudios de investigación que involucran el uso de series de tiempo (Guajardo *et al.*, 2017). Dentro de las variables climáticas con mayor variabilidad espacial y temporal se encuentra la precipitación. Su análisis cobra vital relevancia ya que influye en la gestión y manejo de los recursos hídricos, la prevención de inundaciones y sequías, la planificación y operación de actividades agrícolas, la generación de energía hidroeléctrica y el abastecimiento de agua a la población humana, entre otros (Ablan *et al.*, 2008). Dichos análisis implican la obtención de datos de lluvia diaria, mensual, anual, precipitación media, número de días lluviosos, número de días secos y precipitaciones extremas, etc., con la finalidad de conocer la variabilidad de este elemento climático (Olivares *et al.*, 2013). Sin embargo, no todas las series de tiempo tienen consistencia y homogeneidad en su información, una serie climática homogénea se define como una serie donde las variaciones son causadas solo por cambios en el estado del tiempo y el clima (Suhaila *et al.*, 2008). En este estudio, el objetivo es analizar series mensuales de precipitación en la cuenca alta del Río Nazas, México utilizando pruebas de homogeneidad de varianzas, que permitan obtener series de tiempo de calidad para su uso en estudios hidrológicos o agro meteorológicos futuros.

## MATERIALES Y METODOS

La cuenca alta del río Nazas se encuentra en el norte centro de México (Figura 1), con una extensión de 18,321 km<sup>2</sup>; comprende los ríos Ramos y del Oro o Sextín, sus escurrimientos superficiales son almacenados en la presa Lázaro Cárdenas. Los valores medios de precipitación total anual oscilan entre 357 a 926 mm, con un promedio de 587 mm (INEGI, 2018). Esta cuenca se desarrolla en la vertiente oriental de la Sierra madre Occidental (SMO) en dirección oeste-este. Las características orográficas y las condiciones climáticas, hacen de la SMO la principal fuente de abastecimiento de agua superficial en la región noroeste y norte centro de México, tanto en su vertiente oriental como en su vertiente Pacífico y Golfo de California (Estrada, *et al.*, 2014).

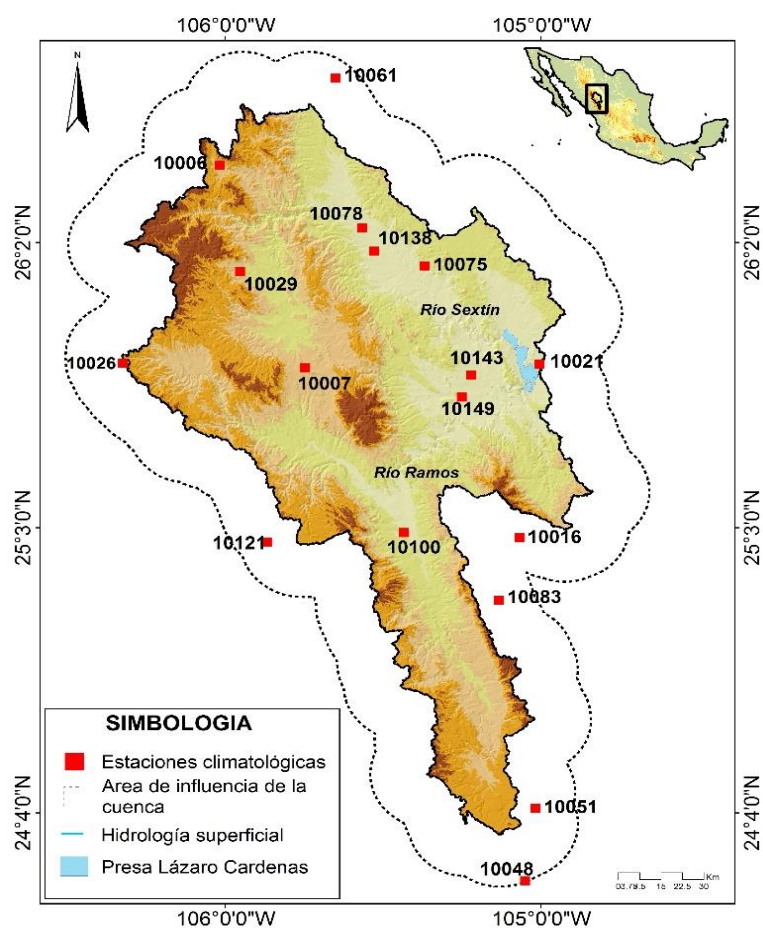


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Yaqui.

Series de datos

En la superficie de la cuenca y en un área adicional de influencia de 20 km en relación al parteaguas (22 dentro y 15 fuera de ella), 37 estaciones climatológicas fueron identificadas (Figura 1). Las series de datos fueron extraídas de la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2018). Se seleccionaron las estaciones que cumplieron con dos requisitos primordiales: (1) que registraran al menos 30 años de información y (2) que no presentaran más del 10 % de información faltante en su registro histórico. De las 37 estaciones climatológicas, 17 estaciones cumplieron con los parámetros de selección (Cuadro 1).

Cuadro 1. Información general de las estaciones climatológicas seleccionadas.

Clave	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	PMA	CV (%)
10006	Cendrandillas	26° 16' 58''	106° 00' 38''	2270	617	24.8
10007	Cienega de Escobar	25° 36' 03''	105° 44' 47''	2180	559	26.6
10016	Chinacates	25° 00' 36''	105° 12' 42''	2050	427	56.2
10021	El Palmito	25° 36' 52''	105° 00' 13''	1538	370	31.4
10026	El Tarahumar	25° 37' 01''	106° 19' 28''	2534	926	23.3
10029	Guanaceví	25° 55' 59''	105° 57' 06''	2099	629	35.3
10048	Navíos viejos	25° 50' 04''	105° 02' 30''	2581	786	27.9
10051	Otinapa	25° 03' 13''	105° 00' 31''	2400	669	22.4
10061	Rosario	25° 30' 22''	105° 38' 39''	1800	457	35.7
10075	Santa María del Oro	25° 57' 12''	105° 22' 00''	1700	564	31.6
10078	Sardinas	26° 05' 03''	105° 33' 57''	1639	503	28.8
10083	Tejamen	24° 48' 30''	105° 08' 02''	2100	691	23.3
10100	Santiago Papasquiaro	25° 03' 00''	105° 24' 55''	1740	553	32.2
10121	Los altares	24° 59' 20''	105° 53' 30''	2490	827	22.4
10138	San Bernardo	26° 00' 16''	105° 31' 36''	1640	575	34.8
10143	Indé	25° 34' 32''	105° 13' 11''	1900	357	44.0
10149	General Escobedo	25° 30' 00''	105° 15' 00''	1580	476	33.1

PMA = precipitación media anual; CV = coeficiente de variación de la PMA.

Las series que registraron datos faltantes (<10%), se calcularon empleando el método del US National Weather Service (MWS) (Toro *et al.*, 2015). Para analizar las series de datos de precipitación se utilizaron tres pruebas de homogeneidad: Homogeneidad normal estándar (SNHT por sus siglas en inglés), Buishand y Pettit; las cuales han sido utilizadas para este tipo de análisis de series de tiempo (Esquivel *et al.*, 2018). El juego de hipótesis planteada en las tres pruebas fue la siguiente:

$$\begin{array}{l}
 H_0 \text{ los datos son homogéneos} \\
 H_a \text{ Hay una fecha en la que hay un cambio en los datos}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} H_0 \\ H_a \end{array}} \right\}$$

A un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Si la hipótesis nula fue rechazada en al menos una prueba, la información se consideró confiable, por el contrario, si fue rechazada en más de dos pruebas; la información se consideró como no confiable.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De 17 series de precipitación analizadas, el 87 % fueron homogéneas con base en las tres pruebas de homogeneidad (Pettitt, 1979; Buishand, 1982; Alexandersson, 1986), lo que mostró certeza y confiabilidad para realizar análisis posteriores. Otros trabajos han empleado las mismas pruebas de homogeneidad utilizadas en este estudio para analizar la homogeneidad se series mensuales de precipitación, para validar e identificar registros anómalos de precipitación, así como analizar la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima diaria (Suhaila *et al.*, 2008; Hainie y Sayang, 2013; Guajardo *et al.* 2017, Esquivel *et al.*, 2018).

Dichos estudios categorizaron la información acorde al número de hipótesis nulas rechazadas en cada prueba, ciertos estudios han utilizado incluso cuatro pruebas de homogeneidad, al analizar la prueba de Von Neumann (Suhaila *et al.*, 2008). La categorización utilizada es la siguiente: a) útiles o confiables, cuyas pruebas de  $H_0$  fueron rechazadas en una de las tres o cuatro pruebas utilizadas; bajo este criterio las series son consideradas homogéneas; b) dudosas o medianamente confiables, cuando las pruebas de  $H_0$  fueron rechazadas como máximo en dos pruebas; en este caso las series muestran una señal no homogénea y deberán ser críticamente inspeccionadas antes de ser utilizadas en análisis subsecuentes; y c) sospechosas o no confiables, cuando las pruebas de  $H_0$  fueron rechazadas en tres pruebas. En este último caso se sugiere eliminar la serie, ya que implicaría más tiempo de análisis para verificar la veracidad de la información y/o ajustar los datos.

Para la cuenca alta del río Nazas con base en las tres pruebas de homogeneidad, se rechazó  $H_0$  para tres series de precipitación, dos series (estaciones 10100, Santiago Papasquiario y 10143, Indé) bajo la prueba de Buishand y una serie (estación 0016, Chinacates) bajo la prueba de Pettit (Cuadro 2). Las pruebas de homogeneidad plantean, si la hipótesis nula  $H_0$  se rechaza en al menos una prueba, la información se considera confiable, por lo tanto, las series analizadas se consideran homogéneas para los análisis sucesivos.

Cuadro 2. Pruebas de homogeneidad para 17 series de precipitación a un nivel de significancia de  $P < 0.01$ .

No.	Estación	Pruebas de homogeneidad de varianzas		
		SNHT	Buishand	Pettitt
		Valor de p		
10006	Cendrandillas	0.974	0.957	0.610
10007	Cienega de Escobar	0.423	0.121	0.349
10016	Chinacates	0.121	0.016	<b>&lt;0.001</b>
10021	El Palmito	0.761	0.703	0.747
10026	El Tarahumar	0.782	0.764	0.319
10029	Guanaceví	0.152	0.082	0.839
10048	Navíos viejos	0.693	0.698	0.753
10051	Otinapa	0.595	0.967	0.830
10061	Rosario	0.201	0.045	0.021
10075	Santa María del Oro	0.389	0.120	0.763
10078	Sardinas	0.942	0.879	0.119
10083	Tejamen	0.899	0.747	0.642
10100	Santiago Papasquiario	0.032	<b>&lt;0.001</b>	0.167
10121	Los altares	0.651	0.239	0.070
10138	Tejamen	0.775	0.559	0.570
10143	Inde	0.070	<b>&lt;0.006</b>	0.070
10149	General Escobedo	0.207	0.233	0.477

## CONCLUSIONES

Se obtuvo el inventario de las estaciones climatológicas en la cuenca de estudio, permitiendo seleccionar las estaciones que cumplieran con los requisitos básicos establecidos. Las pruebas de homogeneidad realizadas permitieron analizar la calidad de las series de datos, y mostraron que las series de precipitación presentan confiabilidad en su información para ser utilizadas en estudios hidrológicos o agrometeorológicos posteriores. Se sugiere realizar más análisis de las estaciones climatológicas hacia las partes bajas de la cuenca, para tener una base de datos más completa a nivel de cuenca.

## BIBLIOGRAFIA

- Ablan, M., R. Andressen, M.P. Vargas y M. Acevedo. 2008. Propuesta metodológica para el control de calidad de datos de precipitación. *Agronomía Tropical* 58(1): 57-60.
- Buishand, T. A. 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Estrada A. J., Delgado, R. G., Palomo, R. M., Rivera, G. M., Jacobo, S. M. R. y Villanueva, D. J. 2014. La Cuenca del río Nazas en el norte de México: condición e iniciativas en la conservación de sus recursos naturales. *AGROFAZ*. 14(2), 123-135
- Esquivel, A.G., Cerano, P. J., Sánchez, C. I., Velásquez, V. M. A. y Esquivel, A. O. 2018. Pruebas de homogeneidad a series mensuales de precipitación en la cuenca del río yaqui, México. *XXX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. 1127-1132

- Guajardo, P. R. A., Granados, R. G. R., Sánchez, C. I., Díaz, P. G., & Barbosa, M. F. 2017. Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: caso Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5), 157-177.
- Hainie, A. N and Sayang Mohd, D. S. 2013. Homogeneity Test on Daily Rainfall Series for Malaysia. *Matematika*, 29 (1c), 141-150
- Nicholas, R. E., & Battisti, D. S. 2008. Drought Recurrence and Seasonal Rainfall Prediction in the Rio Yaqui Basin, Mexico. *Journal of applied meteorology and climatology*, 47, 991-1005. DOI: 10.1175/2007JAMC1575.1
- INEGI. 2018. SIATL (Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas). [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#)
- Olivares, B., Cortez, A., Parra, R., Rodríguez, M. F. y Guevara, E. 2013. Aplicación de procedimientos estadísticos para el control de calidad de las series de precipitación mensual en los llanos orientales venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 30: 367-391
- Pettitt, A. N. 1979. A nonparametric approach to the change point detection. *Applied Statistics*, 28, 126-135
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2018. Aplicación kml de las estaciones climatológicas de México. Disponible en: <https://smn.cna.gob.mx/tools/RESOURCES/estacion/EstacionesClimatologicas.kmz>
- Suhaila, J., Mohd S. D. and Aziz J. A. 2008. Detecting Inhomogeneity of Rainfall Series in Peninsular Malaysia. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 44 (4), 369-380
- Toro, T. A. M., Arteaga, R. R., Vázquez, P. M. A. e Ibañez, C. L. A. 2015. Relleno de series diarias de precipitación, temperatura mínima, máxima de la región norte del Urabá Antioqueño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (2), 577-588.



## EFFECTO DE ASPERSIONES FOLIARES CON NANOPARTICULAS DE OXIDO DE ZINC EN NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*)

Karla Lucero Estrada Arellano<sup>1</sup>, Dr. Cirilo Vázquez Vázquez<sup>2</sup>, Dr. Rebeca Betancourt Galindo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Alumna del programa institucional de doctorado en ciencias agropecuarias y forestales, Facultad de ciencias forestales Durango, dgo.\*Autor principal karla.estrada@ujed.mx.

<sup>2</sup>Profesor investigador de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia Dgo.

<sup>3</sup>Investigador titular del departamento de materiales avanzados, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo Coah.

### INTRODUCCION

La importancia de la producción de nuez pecanera en nuestro país radica que tan solo Estados Unidos de América y México producen el 95% a nivel mundial (Orona et al; 2013). Según SIAP (2016), la producción de nuez en México fue de 141, 202 toneladas con un promedio por hectárea de 1.7, de acuerdo a las cifras anteriores la Comarca Lagunera aportó un total de 10, 911 toneladas con un promedio por hectárea de 1.45, ocupando el cuarto lugar en producción a nivel nacional.

El nogal pecanero (*Carya illinoensis*) generalmente presenta problemas de deficiencias nutrimentales de elementos menores como zinc, manganeso y hierro. La deficiencia de zinc es común en los suelos calcáreos con un pH que varía de 7.0 a 8.6. El alto contenido de carbonato o pH alcalino en estos suelos limita la disponibilidad de elementos menores, incluyendo al zinc (Kabata y Pendias, 1984). Algunos autores mencionan que las huertas de nogal pecanero cultivadas en suelos calcáreos como lo es en el Norte de México y suroeste de los Estados Unidos sufre de un trastorno nutricional debido a la falta de Zinc que impide el alargamiento de los brotes (Ojeda et al; 2012).

Con los cambios en la tecnología agrícola se está tomando en cuenta una de las innovaciones tecnológicas más actuales, la nanotecnología, ya que ocupa una posición destacada en la transformación de la agricultura y la producción de alimento (Nair et al; 2010). El uso de estos nanofertilizantes causa un aumento en su eficiencia, reduce la toxicidad del suelo, minimiza los posibles efectos negativos asociados con la sobredosis y reduce la frecuencia de la aplicación (Naderi et al; 2013). Dentro de esta perspectiva, las pérdidas de nutrientes se mitigan cuando se envasan en nano, en comparación con las formas convencionales ya que proporcionan un método eficiente para distribuir nutrientes de forma controlada con alta especificidad de sitio, reduciendo el daño colateral (Dimpka et al; 2017). Obviamente, existe una oportunidad para que la nanotecnología

tenga una influencia significativa en la energía, la economía y el medio ambiente, al mejorar los fertilizantes. Por lo tanto, la nanotecnología tiene un gran potencial para lograr una agricultura sostenible, especialmente en los países en desarrollo.

Algunos autores mencionan que las nanopartículas de óxido de zinc tienen potencial para aumentar el rendimiento y el crecimiento de los cultivos alimentarios (Sabir *et al*; 2014).

### MATERIALES Y METODOS

El espacio geográfico es la Comarca Lagunera, ubicada en dos estados de la República Mexicana: Coahuila y Durango, comprendida por 15 municipios. La investigación se realizó específicamente en el ejido conocido Venecia Dgo., ubicado en los paralelos: Latitud 25.753611 y Longitud -103.351944.

Las variedades usadas fueron las más comunes en la región, Western como productor y Wichita como polinizador, utilizando un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos (3 árboles por bloque) y cuatro repeticiones, teniendo un total de 48 árboles por experimento. La fertilización evaluada fueron 4 tratamientos, incluyendo un testigo cero y un Químico

Cuadro 1.- Fertilización, variedades y periodos evaluados.

Variedad	Tipo de fertilización	Tratamientos
	T1.-Sin fertilización	A1T1
A1.- Western y Wichita (Primer dosis: Primavera) (Segunda dosis: Verano)	T2.-Fertilizacion Química (Zinc - 40, 2 L Ha <sup>-1</sup> )	A1T2
	T3.-Nano-zinc 2 g L <sup>-1</sup>	A1T3
	T4.- Nano-zinc 4 g L <sup>-1</sup>	A1T4

Después de dos meses de la primera aplicación hecha en primavera y la segunda en verano se realizó un muestreo en hojas en cada uno de los árboles para posteriormente hacerles un lavado y luego ponerse a secar a medio ambiente, después se llevaron a peso

constante en una estufa de secado a una temperatura de 65°C. Al estar completamente secas se les realizó una molienda para luego llevarse a digestión ácida tradicional (Nítrico/Perclórico) y finalmente analizarse en el aparato de absorción atómica PERKIN-ELMER 2380.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo al análisis estadístico se observan diferencias significativas para la concentración de zinc en la primera y segunda aplicación. Las nanopartículas de óxido de Zinc de 4 g L<sup>-1</sup> (T4) después de la primera aplicación concentraron 29.94 ppm estadísticamente igual a la aplicación química (T2) 26.76 ppm, y estadísticamente diferente a los otros tratamientos (T3) 24.93 ppm y (T1) 15.51 ppm. En la segunda aplicación los resultados también fueron similares a la primera aplicación debido a que el T4 (4 g L<sup>-1</sup>) fue estadísticamente igual al T2 (testigo químico) y diferente al resto de los tratamientos.

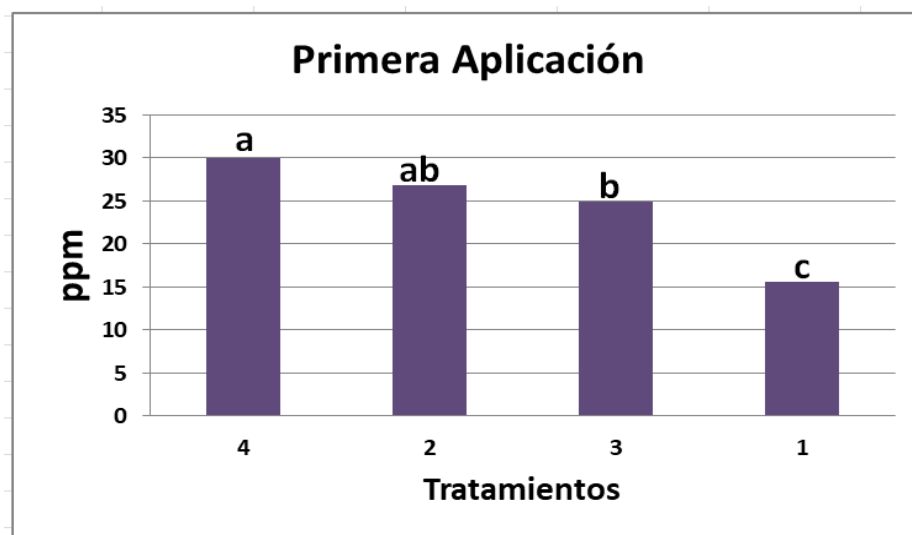


Figura 1.- Concentración de Zinc encontrada en hojas de nogal pecanero después de la primer aplicación de tratamientos.

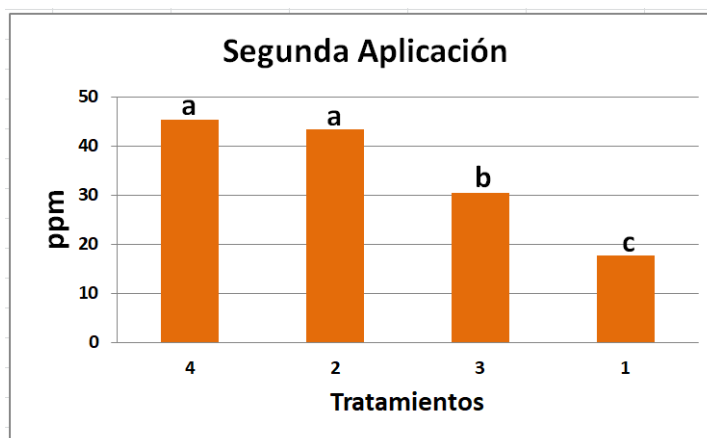


Figura 2.- Concentración de Zinc encontrada en hojas de nogal pecanero después de la segunda aplicación de tratamientos.

### CONCLUSIONES

Las nanopartículas debido a su pequeño tamaño (<100 nm) representan una opción alternativa para crear una agricultura sustentable donde las cantidades de fertilizantes puedan disminuirse y a la vez obtener concentraciones similares mitigando el daño colateral de los fertilizantes convencionales. Con los análisis de datos realizados podemos concluir que el tratamiento 4 ( $4 \text{ g L}^{-1}$ ) nos proporciona el mismo incremento que el tratamiento químico, faltando solo una mínima cantidad para alcanzar los niveles recomendados para descartar deficiencia de este elemento en nogal pecanero (50 ppm).

### BIBLIOGRAFIA

- Dimkpa O. C. and Bindraban S. P. , Nanofertilizers: New Products for the Industry?, J. Agric.Food Chem 10.1021 A 2017,
- Kabata, A. y H. Pendias. Trace elements in soils and plants. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1984.
- Naderi M. R., Danesh S.A., Nanofertilizers and their roles in sustainable agricultura, Intl J Agri Crop Sci. Vol., 5 (19), 2229-2232, 2013.
- Nair R., Hanna V. S., Nair B. G., Maekawa T., Yoshida Y., Sakthir D.K., Nanoparticulate material delivery to plant, Plant Science 179, 154-163, 2010.
- Ojeda B. D., Abadía J., Lombardini L., Abadía A., Vazquez S., Zinc deficiency in field-grown pecan trees: changes in leaf nutrient concentrations and structure. Society of Chemical Industry, J Sci Food Agric 2012; 92:1672 – 1678, 2010.
- Orona C. I., Sangerman J. D., Fortis H. M., Vazquez V. C., Gallegos R. M., 2013, Production and marketing of pecan nuts (*Carya illinoensis* Koch) in northern Coahuila, Mexico, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm.3 01 de abril - 15 de mayo, p. 461-476, 2013.
- Sabir S.,Arshad M., Khalil C.S., Zinc Oxide Nanoparticles for Revolutionizing Agriculture: Synthesis and Applications. The Scientific World Journal., Vol. 2014 p. 8
- SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Resumen de producción de nuez. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México (2008).

## Producción de Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) en sustratos orgánicos formulados a partir de diferentes proporciones de vermicompost:arena

Montoya-Rojas, Luis<sup>1</sup>; Fortis-Hernández, Manuel<sup>1\*</sup>; Preciado-Rangel, Pablo<sup>1</sup>;  
Zermeño-González, Héctor<sup>1</sup>, Gallegos-Robles, Miguel Ángel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. Tel: (871) 1117279. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Gómez Palacio, Dgo., México. \* Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Frente a la necesidad global de identificar cultivos que tengan el potencial de producir alimentos de calidad, la Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) se presenta con un alto potencial tanto desde sus bondades nutritivas como de su versatilidad agronómica para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta. Especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína, o donde tienen limitaciones en la producción de alimentos (FAO, 2011). La quinoa puede desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre por dos grandes razones: sus cualidades nutricionales, donde destaca su elevado contenido de proteínas, el buen balance de sus aminoácidos esenciales y el contenido de vitaminas, minerales y ácidos grasos; y su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas dado que distintas variedades de quinoa pueden adecuarse a diversos climas y condiciones geográficas (Salcedo, 2015). Aunado a que actualmente los consumidores están más interesados en el origen de los alimentos, de cómo fueron cultivados o si son seguros para comerse, así como del contenido nutricional, la producción orgánica es una alternativa ya que no utiliza plaguicidas ni fertilizantes sintéticos, y los alimentos son inocuos y con un alto valor nutricional (Márquez *et al.*, 2008).

Una alternativa para llevar a cabo esta agricultura es el uso de materiales orgánicos usados como sustratos. Hay estudios que reportan el uso de éstos en la producción de tomate, encontrando que mezclas de arena con estiércol solarizado y arena con vermicompost produjeron rendimientos similares a los obtenidos de manera convencional, encontrando que el contenido de fitoquímicos era mayor en los tratamientos orgánicos (Salas *et al.*, 2017; Fortis *et al.*, 2018). Y Sánchez *et al.* (2016) reportan en melón mayores rendimientos en tratamientos con dosis de vermicompost arena de 45/55 y 60/40, encontrando además mayor número de sólidos solubles y firmeza. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el cultivo de quinoa como una alternativa

alimenticia, utilizando para ello la gran cantidad de desechos orgánicos que se generan en la Comarca Lagunera y que podrían ser transformados en sustratos orgánicos para su producción. No sin antes haber determinado sus características físicas, químicas y microbiológicas para su utilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en una malla sombra en el Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón (ITT), Coah., México, en el año 2017 durante el ciclo agrícola primavera – verano. El ITT se localiza entre 25°32'38"N y 103°25'8.3"O, a una altitud de 1120 msnm. La malla sombra modelo Agro Sombra de 250 m<sup>2</sup>, refinada en su tipo y con los mejores acabados. Ampliamente recomendada para la investigación y desarrollo de nuevas técnicas de cultivo. Con resistencia máxima al viento de 120 km/h, capacidad de carga mayor a 35 m<sup>2</sup>. 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.

El material evaluado fue quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) variedad redhead, el cual proviene de Perú. Es una excelente variedad para productores principiantes. Es una rara y productiva variedad que muestra panojas de color fucsia o rosa. La planta llega a medir de 1.20 a 1.50 m, tiene altos rendimientos de grano, con semillas pequeñas de color claro y sabor dulce y días a germinación entre 3-4 dds (días después de siembra). Las mezclas se realizaron en base a volumen (v:v), se utilizaron bolsas negras de polietileno de 10 kg. La vermicompost fue obtenida del vermicultivo del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), como material inerte se utilizó arena de río, la cual fue cribada y esterilizada con ácido sulfúrico al 1%. Los tratamientos evaluados fueron cinco niveles de vermicompost:arena además un testigo con perlita y arena regado con solución nutritiva (Steiner, 1984). Los tratamientos fueron: T1 = 85 arena + 15 vermicompost; T2 = 70 arena + 30 vermicompost; T3 = 55 arena + 45 vermicompost; T4 = 40 arena + 60 vermicompost; T5 = 25 arena + 75 vermicompost; y T6 = testigo químico (S. Steiner).

Para determinar las características físicas del sustrato se utilizó el método del porómetro (Pire y Pereira, 2003). Determinando porosidad total (%), densidad aparente mg.m<sup>-3</sup>, densidad de partícula mg.m<sup>-3</sup>, capacidad de retención de agua (%) y porcentaje de aireación. Para la obtención de las características químicas las muestras fueron enviadas a un laboratorio de la región Lagunera donde se determinó: pH, CE, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, MO, P. La metodología utilizada es la establecida en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-109-

SCFI-2007. Al finalizar el experimento se determinó la carga bacteriana de los sustratos y fueron identificados en el Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UJED, campus Gómez Palacio, DGO., México. Se utilizaron seis medios de cultivos específicos para tratar de caracterizar la micro flora de los niveles de vermicompost:arena utilizados en la producción de quínoa: Kb (*Pseudomonas*), Lb (General), Lb hervido (*Bacilos*), Czapek (*Actinomicetos*), NFb (*Fijadoras de Nitrógeno*), y PDA (*Hongos*). Y para el peso de 1000 granos de quínoa, se realizó de forma manual considerando todas las repeticiones de cada tratamiento. Se utilizo un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y seis repeticiones cada uno dando un total de 36 unidades experimentales. Los tratamientos se colocaron a una distancia de 20 cm entre macetas dando una densidad de cuatro unidades experimentales por m<sup>2</sup>. Los análisis de varianza y prueba de separación de medias se ejecutaron utilizando el índice Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Inst., 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

México cuenta actualmente con una norma que determina las características físicas y químicas recomendables para el vermicompost o humus de lombriz, NMX-FF-109-SCFI-2007. Es importante que el vericompost contenga una adecuada composición de minerales que proporcionen los elementos adecuados para un desarrollo óptimo de los cultivos, estas características químicas y físicas son las que determinan su uso como sustrato. En el siguiente (Cuadro 1), se observan algunas de las variables evaluadas.

Cuadro 1. Análisis químico inicial de las muestras de vermicompost:arena (v:a) utilizadas en la producción de quínoa en malla sombra.

Tratamiento	pH	C.E.	P	M.O	Nitratos
V:A		dS cm <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>
T1 = 15:85	7.3	2.88	2.15	7.2	8.71
T2 = 30:70	7.38	4.18	3.3	14.4	17.42
T3 = 45:55	7.48	7.03	4.1	21.6	26.12
T4 = 60:40	7.52	8.03	5.2	28.8	34.83
T5 = 75:25	7.62	9.36	6.2	36.1	45.52

Fuente: Análisis elaborados en la Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera S.C.L. Gómez Palacio, Durango. En el INIFAP Matamoros, Coahuila y en el laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico de Torreón. Donde: A = arena, V= vermicompost, M.O.= materia orgánica, P= fosforo, 1 dSm<sup>-1</sup> = 1 mScm<sup>-1</sup>.

De acuerdo con la Norma Mexicana antes mencionada, se establece un pH de 5.5 a 8.5 y una conductividad eléctrica menor a 4 dS m<sup>-1</sup>. En los sustratos evaluados, solo el tratamiento 1 (85:15) cumple con el valor establecido para la CE y de pH, los tratamientos restantes muestran rangos de CE considerados como altos. Rippy *et al.* (2004) señalan que la CE óptima para un sustrato se encuentra en un rango de 2 a 3.5 dS m<sup>-1</sup> y un pH óptimo para la absorción de nutrientes de 5 - 7. Rodríguez *et al.* (2007) reportan un pH de 8.2 y una CE de 2.4 mS cm<sup>-1</sup> para vermicompost:arena. Beltrán-Morales *et al.* (2016), reportan para una mezcla de 20 vermicompost y 80 arena (v:v) una conductividad de 3.21 mS cm<sup>-1</sup> y un pH de 7.91, en el trabajo realizado el tratamiento 1 fue el más cercano a estos valores, mostrando una tendencia de que a menor proporción de vermicompost es menor la CE y el pH.

Las propiedades físicas de los sustratos evaluados mostraron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Para la porosidad total el tratamiento 5 (75:25) fue mejor estadísticamente (49.67 %) y el tratamiento 1 fue el que menor porosidad total presentó (18.33 %), esto se debe a que la vermicompost tiene mayor porosidad total que la arena. Hernández *et al.* (2008) reportaron que la vermicompost según su granulometría fina y sin cernir, posee una porosidad de aireación de 1.24% y de 2.07%, respectivamente. Por lo tanto, el tratamiento 1 (85a:15) y el 2 (70a:30), cumplen con esas especificaciones.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey:  $P \leq 0.05$ ) de las propiedades físicas de sustratos orgánicos con diferentes proporciones de vermicompost:arena utilizadas en la producción de Quínoa en condiciones de malla sombra.

Tratamientos	PT	Pa	CRA	Da	Dp
V:A	----- % -----			----- g cm <sup>-3</sup> -----	
T1 = 15:85	18.333 c	2.620 a	15.553 c	0.841 a	1.028 bc
T2 = 30:70	21.667 c	2.650 a	18.993 c	0.801 b	1.022 bc
T3 = 45:55	31.000 b	2.156 b	28.547 b	0.770 c	1.113 b
T4 = 60:40	28.333 b	1.936 bc	26.200 b	0.703 d	0.978 c
T5 = 75:25	49.667 a	1.693 c	47.977 a	0.696 d	1.385 a

Propiedades físicas evaluadas en el Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico de Torreón. Donde: PT= Porosidad total %, Pa= Porosidad de aireación %, CRA= Capacidad de retención de agua%, Da= Densidad aparente g/cm<sup>3</sup>, Dp= Densidad de partículas g cm<sup>-3</sup>. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

En base a los medios de cultivo utilizados, Lb para bacterias en general, Kb para Pseudomonas, Czapek (Cz) para actinomicetos, NFb para fijadoras de nitrógeno, se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos; donde



el medio Czapek para desarrollo de Actinomicetos, obtuvo la mayor respuesta con  $16 \times 10^7$  UFC  $\text{g}^{-1}$  sustrato, mientras que el medio NFB para bacterias fijadoras de nitrógeno presentó el menor número con  $6 \times 10^6$  UFC  $\text{g}^{-1}$  sustrato (Figura 1), si no se desarrollan bacterias fijadoras de nitrógeno, puede darse un déficit por este elemento ya que no se mineraliza y se escapa a la atmosfera. De manera general, la utilización de vermicompost proporcione las condiciones físicas y químicas propicias para el desarrollo de la planta, sin embargo, queda demostrado que a mayor cantidad de vermicompost mayor CE y pH, siendo esto una limitante para ciertos cultivos.

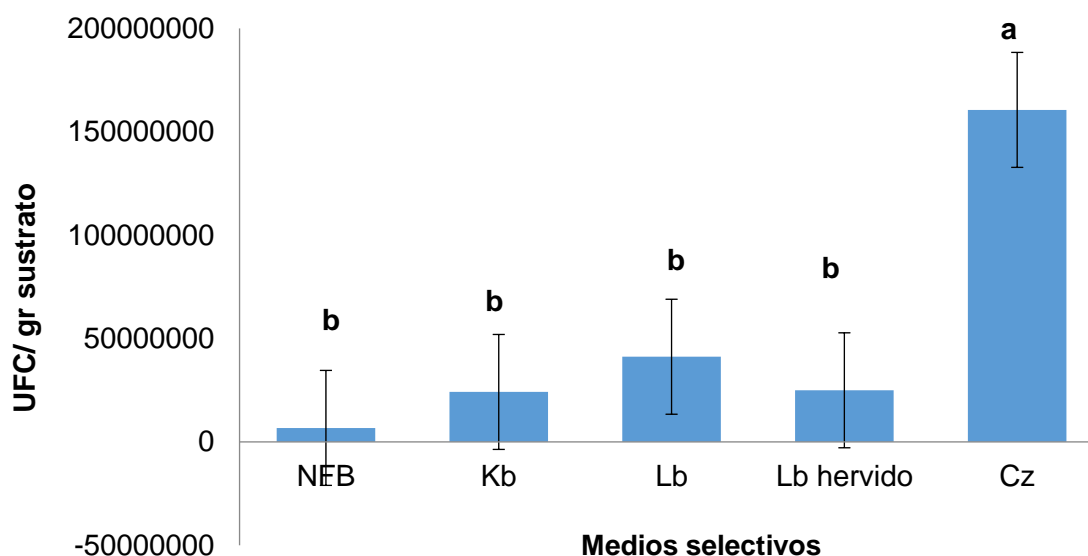


Figura 1. Comparación de medias del crecimiento bacteriano en cinco medios selectivos. Pruebas realizadas en sustratos de vermicompost:arena sembrados con quínoa. \*Letras distintas indican diferencia estadística significativa (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

En un estudio con vermicompost de bovino, Arteaga *et al.* (2007), reportaron en su análisis microbiológico para Bacterias  $3.44 \times 10^9$  UFC  $\text{g}^{-1}$ , para Hongos  $1.8 \times 10^6$  UFC  $\text{g}^{-1}$  y para Actinomicetos  $2.4 \times 10^5$  UFC  $\text{g}^{-1}$ . La cantidad encontrada de actinomicetos es mayor en la vermicompost utilizada en este trabajo, esto puede deberse a la calidad de la vermicompost, ya que al pasar por el tracto digestivo de la lombriz se incrementa el número de microorganismos, por el contrario, solo se encontró un hongo por lo que las poblaciones en este trabajo son menores. La gran abundancia microbiana de la vermicompost viene dada, principalmente, por el mismo proceso de elaboración, en donde el estiércol o los desechos orgánicos pasan a través del tracto digestivo de la lombriz, la

cual posee una flora microbial que alcanza unos 500 mil millones de microorganismos (Bollo, 1999), de esta manera la vermicompost trae su propia flora bacteriana a los sustratos.

En relación con el peso de los granos de quinoa, se encontraron diferencias estadísticas significativas (Figura 2). Siendo el tratamiento 60:40, el que mayor peso mostro con 2.06 gramos en promedio. El peso obtenido es menor al reportado por Huanca (2008), quien reporta para 1000 granos de Quinoa en campo, pesos entre 4.7 y 4.4, con abono aplicado.

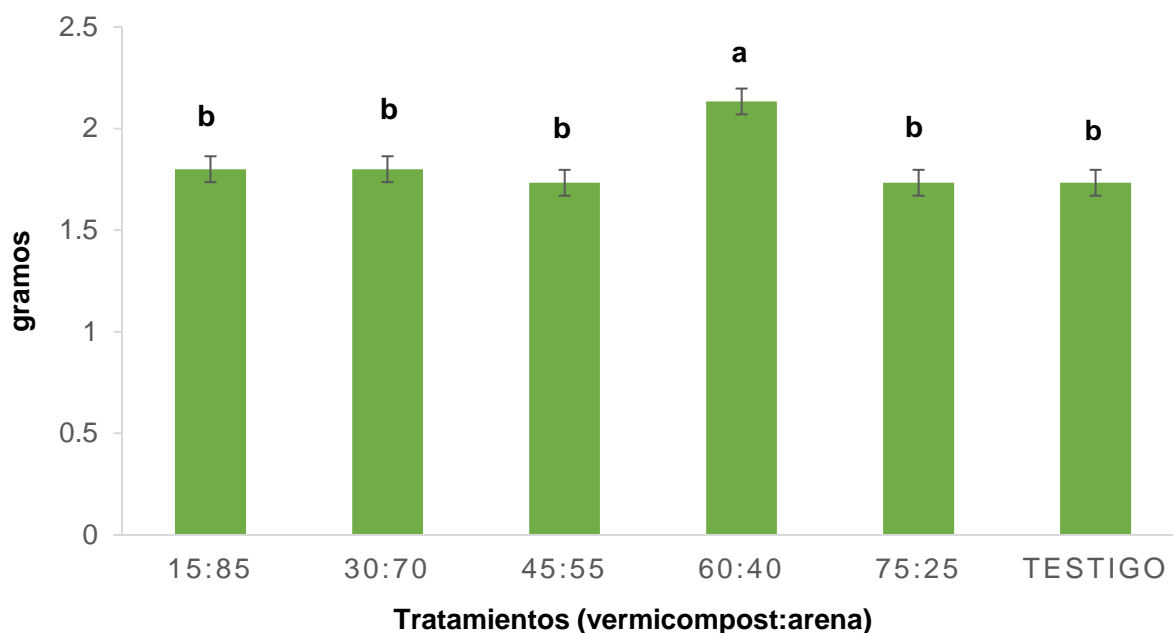


Figura 2. Peso de 1000 granos de quinoa a los 90 dds bajo condiciones de malla sombra, utilizando proporciones de vermicompost:arena como sustrato. \*Valores con letras similares son iguales estadísticamente (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

Sin embargo, Gómez-Pando y Aguilar-Castellanos (2016), mencionan que el peso de 1000 granos se encuentra entre 1.5 a 3 g, por lo que los pesos obtenidos en la investigación se encuentran entre los rangos reportados y al obtener el grano de manera orgánica, el precio de la semilla se incrementa, mejorando los ingresos de los vendedores de esta semilla.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que al incrementar la proporción de vermicompost se modifican las características físicas, químicas y microbiológicas del sustrato; se incrementan la porosidad total y capacidad de retención del agua, los microorganismos y UFC presentes. La proporción 75% vermicompost + 25% arena, es la proporción que más UFC registro, y los actinomicetos son los microorganismos que más se desarrollaron. En relación con el peso de mil granos la proporción de 60% vermicompost + 40% arena, fue la mejor proporción. En este sentido, se puede concluir que usando dosis altas de vermicompost:arena se puede producir quínoa con rendimientos aceptables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga, Mayra. Garcés, N. Novo, R. Guridi, F. Pino, P.A. Acosta, Melba. Pasos, Mabel. Besù, Darling. 2007. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. *Rev. Protección Vegetal*. 22: 110-117.
- Beltrán-Morales, A., García-Hernández, J., Ruiz-Espinoza, F., Valdez-Cepeda, R., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., González-Zamora, A. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*). *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3: 143-149.
- Bollo E. 1999. *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Quito, Ecuador. Ed. Soboc Grafic. 149 p.
- FAO. 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible en: <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf> (consulta octubre 2017).
- Fortis Hernández, Manuel. Preciado Rangel, Pablo. Segura Castruita, Miguel A. Mendoza Tacuba, Leonel. Gallegos Robles, Miguel A. García Hernández, José L. Vásquez Vásquez Cirilo. 2018. Changes in nutraceutical quality of tomato under different organic substrates. *Horticultura Brasileira*. Vol. 36 pp. 189-194.
- Gómez-Pando, Aguilar-Castellanos. 2016. Guía de cultivo de la quinua. FAO y Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima Perú 2016. 123 p.
- Hernández, Jaqueline. Guerrero, Francisco. Mármol, Luis. Bárcenas, Juan. Salas, Ender. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *INTERCIENCIA*. 33 (9): 668-671.
- Huanca, R. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el Altiplano Central. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 147 p.
- Marqués-Hernández, Cano Ríos, Chew-Mandinaveitia, Moreno-Reséndez, Rodríguez-Dimas. 2008. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 12: 183-189.
- Pire R, Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. *Propuesta Metodológica*. *Bioagro* 15: 55-63.
- Rippy J. f. M., Peet., M. M., Louis, F., L. and Nelson, P. V. 2004. Plant development and Harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hort science* 39:223-229.
- Salas Pérez, Lilia. García Hernández, José L. Márquez Hernández, Cándido. Fortis Hernández, Manuel. Estrada Arellano, Josué R. Esparza Rivera, Juan R. Preciado Rangel, Pablo. 2017. Rendimiento y calidad nutracéutica de tomate en sustratos orgánicos. *Revista ecosistemas y recursos agropecuarios*. 4: 169-175.

- Salcedo, Salomón. 2015. Quínoa: un cultivo aliado en la erradicación del hambre. Especial tierra adentro. Quínoa: un súper alimento para Chile y el mundo. Pp.10-13.
- Sánchez Hernández, Domingo J. Fortis Hernández, Manuel. Esparza Rivera, Juan R. Rodríguez Ortiz, Juan C. Cruz Lázaro, Efraín. Sánchez Chávez, Esteban. Preciado Rangel, Pablo. 2016. Interciencia. 41: 213-217.

## **. ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE TRES NUEVAS VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria ananassa*), CONTRA UNA COMERCIAL**

**Iván Franco-Gaytán<sup>1</sup>, Crescenciano Saucedo-Veloz<sup>2</sup>, Guillermo Calderón-Zavala<sup>2</sup>,  
Daniel Teliz-Ortiz<sup>2</sup>, Rosa M. Galicia-Cabrera<sup>3</sup>**

**1 Programa de Fruticultura, Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 27440, Blvd Jose Santos Valdez No. 1200, Matamoros, Coahuila; <sup>2</sup>Recursos Genéticos y Productividad, Fitopatología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, 56230, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, <sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa 09340, Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Delegación Iztapalapa, México (franco.ivan@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCIÓN**

La calidad de los frutos cosechados solo puede conservarse más no mejorarse, es necesario realizar análisis de cada cosecha para conocer la calidad de los frutos cada año y con esto realizar prácticas durante la precosecha que tengan un impacto en su calidad postcosecha. Aun conociendo esto es poca la investigación que se ha realizado sobre la influencia de los factores precosecha en frutos y hortalizas. Los factores precosecha frecuentemente interactúan en formas complejas que dependen de las características del cultivar específico, así como de la sensibilidad de la etapa de su crecimiento o desarrollo en que se encuentre. La gran diversidad de frutas y hortalizas que se producen comercialmente y la carencia general de investigación que relacione los factores precosecha con la calidad postcosecha impiden plantear estrategias que puedan ser aplicadas en los años posteriores. La máxima calidad postcosecha para cualquier variedad solo puede conseguirse con el entendimiento y manejo de los diferentes papeles que los factores precosecha desempeñan, una de las características que pueden ser analizadas es el estado nutricional de los frutos.

El estado nutricional es un factor importante tanto para la calidad al momento de la cosecha como para mantener la vida postcosecha de las frutas y hortalizas. Es conocido que las deficiencias, excesos o desequilibrios de varios nutrientes generan desórdenes que pueden limitar su vida de almacenamiento. Los periodos de aplicación de fertilizantes varían ampliamente entre los productores y generalmente dependen del tipo de suelo, historia del cultivo y de los resultados del análisis del suelo que ayudan para determinar los requerimientos con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). A la fecha las

recomendaciones de fertilización para frutas y hortalizas se han establecido principalmente para propósitos de productividad y no como diagnósticos para mejorar calidad sensorial y óptima vida postcosecha.

En las variedades mexicanas de fresa se desconocen los niveles de macro y micro nutrientes presentes en los frutos durante su manejo a nivel comercial comparado con variedades ya establecidas a la región como lo es festival, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el contenido de nutrientes en las fresas mexicanas, comparados con una comercial.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para esta investigación se cosecharon frutos de las variedades mexicanas de fresa registradas como CP-LE7, Zamorana y Jacona, así como la variedad introducida Festival (testigo); las plantas se desarrollaron en una parcela comercial en Tangancicuaro (19°N 102°O), Michoacán. De cada uno de las variedades se realizaron dos cosechas en los meses de Enero 2015 y 2016, tomando muestras al azar de frutos con grado de madurez  $\frac{3}{4}$  de color rojo, se eliminaron aquellos con defectos, daños físicos o por patógenos; posteriormente con los frutos sanos se conformaron 3 repeticiones de 100g de fresa por variedad, las muestras se secaron en una estufa de aire caliente modelo BLUE M POM-246F a 70°C por 96 horas. Después se molieron en un mortero y se colocaron en un sobre de papel para su digestión. Los nutrimentos evaluados fueron N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B, Cu y Mo.

Solución madre: Para los nutrimentos P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B, Cu y Mo. Para la digestión se pesó 0.5 g de materia seca de la fruta secar; cada muestra se colocó en un tubo de digestión de 30 mL, a la cual se le adicionó 6 mL de una solución digestora compuesta de ácido nítrico concentrado, ácido perclórico y ácido sulfúrico, ambos grado reactivo. Las muestras se sometieron a digerir en una plancha con arena a una temperatura de 300°C hasta que la solución adquiriera una coloración cristalina y un volumen de entre 1.5 y 3.0 mL en un tiempo aproximado de cinco horas. Después de enfriarse se colocaron en matraces de 25 mL y se aforaron con agua destilada.

Nitrógeno: Se determinó por el método de micro Kjendalh (Bremner, 1965). Se pesó 0.1 g de muestra seca y molida, se le agregó 3 mL de una mezcla ácida de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y ácido salicílico  $C_7H_6O_3$  (1 g de mezcla de sulfatos la cual está compuesta de  $CuSO_4$  y  $NaSO_4$ ). Durante la destilación se utilizó hidróxido de sodio al 50% (10 N) y la muestra fue titulada con ácido sulfúrico a 0.05 N.

Fósforo: Se cuantificó por el método de Vanadato Molibdato amarillo, utilizando 1 mL de la solución madre agregándole 1.5 mL de La mezcla de Vanadato de amonio y heptamolibdato de amonio. Se aforó a 10 mL con agua destilada y se dejó reposar la muestra por 2 horas para tomar la lectura en un espectrofotómetro modelo Spectronic 20D marca Milton Roy Company a una longitud de onda de 470 nm.

Elementos Restantes: Para la cuantificación de Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B, Cu y Mo, se utilizó la solución madre y posteriormente se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica con inducción acoplada con plasma (ICP) modelo Liberty Series II marca Variant, Alemania.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con una prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), cada muestra de fruto como unidad experimental con tres repeticiones, para el análisis se utilizó el programa estadístico para SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuatro variedades se cultivaron bajo un sistema de producción tecnificado y se mantuvieron bajo dosis de fertilización homogéneas, por lo que no se esperaba obtener diferencias estadísticas significativas en las variedades, aunque se ha mencionado que el contenido mineral en frutos de fresa depende de la variedad y del sistema de producción, en el cual se ha observado que un sistema convencional incrementa el contenido de P, K, Mg, Fe, Cu y Zn mientras que frutos bajo un sistema orgánico se pueden alcanzar mayores cantidades de nutrientes (Kristl *et al.*, 2013).

El efecto principal variedad mostró diferencias significativas en el contenido de potasio en los frutos, las variedades CP-LE7 y Jacona presentaron 1.23 %K y 1.35%K en la cosecha 2015, mientras que para el siguiente año de evaluación destacó Jacona con 1.72% K y Zamorana con 0.39% S. El contenido de micro nutrientes mostró diferencias significativas entre variedades con excepción del Cobre (Cu). La variedad Zamorana presentó el mayor contenido en Fe, Mn y B, mientras que Zamorana fue en Zn y Mo en ambas cosechas (Cuadro 2). Una investigación realizada por Santos *et al.* (2012) en variedades de fresa producidas en los Estados Unidos de América (Cuadro 1) sirvió de referencia para evaluar los resultados obtenidos, encontrando que las variedades presentaban deficiencias de N, K, Ca, Zn, Cu y Mo con valores por debajo 3%N, 1.5%K, 0.4%Ca, 20 ppm Zn, 5ppm Cu y 5 ppm Mo (Cuadro 2). Es importante conocer este tipo de análisis para poder modificar el plan nutricional y modificar las dosis de fertilización para que nos permitan mejorar la calidad de los frutos.

Cuadro1. Concentración de nutrientes en tejidos de plantas de cultivares de fresa cultivadas en Estados Unidos (Camarosa, Carmine, Camino Real, Gaviota, Festival, Sweet Charlie, Treasure, Ventana, Winter Dawn y Winterstar)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Estatus	Porcentaje (%)					Partes por millón (PPM)						
Deficiente	< 3.0	0.2	1.5	0.4	0.25	0.2	50	30	20	20	5	5
Rango	3.0 -	0.2-	1.5-	0.4-	0.25-	0.2-	50-	30-	20-	20-	5 -	5.0 -
Adecuado	3.5	0.4	2.5	1.5	0.50	0.6	100	100	40	40	10	8.0
Alto	> 3.5	0.4	2.5	1.5	0.5	0.6	100	100	40	40	10	8
Toxico								800				

Elaborado por Santos *et al.*, 2012. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ . DMS Diferencia mínima significativa, CV Coeficiente de variación.



Cuadro 2. Concentración inicial de nutrientes en el fruto de tres variedades mexicanas de fresa y una comercial.

Variedad	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	Porcentaje (%)						Partes por millón (PPM)					
<u>Cosecha 2015</u>												
CP-LE7	1.89 a	0.38 a	1.23 ab	0.22 a	0.27 a	0.31 a	70.12 b	32.14 bc	13.2 ab	28.46 b	3.2 a	4.8 ab
Zamorana	1.93 a	0.39 a	1.11 bc	0.19 a	0.26 a	0.35 a	69.37 c	32.12 c	15.3 a	27.99 b	3.2 a	4.9 a
Jacona	1.74 a	0.41 a	1.35 a	0.2 a	0.27 a	0.32 a	75.76 a	39.17 a	12.2 b	33.01 a	3.4 a	4.8 ab
Festival	1.71 a	0.40 a	0.99 c	0.21 a	0.26 a	0.33 a	64.24 d	33.83 b	12.4 b	31.69 a	3.1 a	4.5 b
DMS	0.3	0.1	0.2	0.09	0.05	0.04	3.6	2.3	2.5	2.9	0.4	0.3
C.V (%)	7.1	5.3	6.2	3.5	4.1	3.6	9.5	8.9	7.5	6.7	4.2	3.9
<u>Cosecha 2016</u>												
	Porcentaje (%)						Partes por millón (PPM)					
CP-LE7	1.94 a	0.42 a	1.54 ab	0.25 a	0.32 a	0.34 b	74.12 ab	34.43 b	15.3 ab	31.23 bc	3.9 a	5.1 a
Zamorana	1.97 a	0.42 a	1.36 b	0.22 a	0.29 a	0.39 a	71.88 b	34.94 b	17.6 a	30.76 c	3.7 a	5.2 a
Jacona	1.79 a	0.44 a	1.72 a	0.23 a	0.33 a	0.35 ab	77.45 a	39.95 a	14.4 b	35.65 a	3.8 a	5.2 a
Festival	1.78 a	0.43 a	1.56 ab	0.23 a	0.29 a	0.37 ab	67.34 c	35.21 b	14.7 b	33.87 ab	3.6 a	4.8 a
DMS	0.4	0.2	0.3	0.08	0.06	0.04	3.9	2.5	2.8	3.1	0.5	0.4
C.V (%)	7.1	5.3	6.2	3.5	4.1	3.6	9.5	8.9	7.5	6.7	4.2	3.9

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ . DMS Diferencia mínima significativa, CV Coeficiente de variación.

El nitrógeno (N) es un elemento importante debido a que es necesario en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (Xu *et al.*, 2012), coenzimas y de otros productos derivados del metabolismo secundario (Castellanos *et al.*, 2012). Nestby *et al.*, (2005) mencionan que el N tiene un efecto en la firmeza, tamaño, enfermedades y desordenes fisiológicos, y componentes químicos como la acidez titulable. Por su parte, Childers (2003) reporta que este elemento reduce significativamente el tamaño de fruto y rendimiento del cultivo de fresa.

El fósforo es importante para la constitución de componentes celulares fundamentales, los cuales incluyen los fosfolípidos, ácidos nucleicos, membrana y ATP. Además es importante en la regulación de muchas reacciones enzimáticas y en el proceso de transducción de señales. Contribuye a la integridad de las membranas celulares, y a su vez a la firmeza del fruto. El buen suministro del nutriente acelera la división celular, originando frutos más pequeños y por ende una resistencia más alta al frío lo que mejora la conservación de las fresas en las cámaras de refrigeración.

Asegurando un suministro adecuado de Potasio se proporcionará un buen contenido de carbohidratos y en consecuencia una formación abundante de azúcares, ácidos y aromas en losl fruto. Muchos de los efectos negativos del N son neutralizados con el K. Una deficiencia de este nutriente origina frutos con poca acidez (insípidos), aumenta su respiración e induce la descomposición fisiológica y pardeamiento interno; mientras que un exceso causa alteraciones en el metabolismo del calcio generando ablandamiento (Tsay *et al.*, 2011). También este elemento se ha relacionado en el incremento de materia seca y las concentraciones de clorofila, cuando se adiciona 3 mM de  $K_2SO_4$  en la solución nutritiva, es un elemento importante porque puede reducir, el efecto de alta salinidad y alto pH (Kaya *et al.*, 2002).

En el cultivo de fresa, los frutos con una baja concentración de Ca demuestran ser sensibles a desordenes fisiológicos y patológicos, además de tener una vida de anaquel corta, disminuyendo la calidad de fruto y aumentando el ablandamiento. Esto se debe a que el calcio penetra en los tejidos, aparentemente se acumula en la región entre la pared celular y lámina media en donde interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que confiere la estabilidad y mantiene la integridad de éstas. (Chen *et al.*, 2011). Por su parte, Childers (2003) reporta que una deficiencia de Ca, tiende a aparecer después de una deficiencia de Boro (B), siempre y cuando estos dos estén presentes.

El magnesio en cantidades adecuadas aumenta el sabor de los frutos y disminuye la presencia de desórdenes fisiológicos. Lamarre y Lareau (1997) mencionan que al aplicar 25 kg/h de Mg en el cultivo de fresa, se incrementa significativamente el tamaño de fruto, no teniendo efecto en el rendimiento.

El boro es indispensable para el crecimiento del tubo polínico, su deficiencia reduce el número de frutos cuajados y la cantidad de las semillas contenidas en ellos, causando un deficiente crecimiento de los mismos. Esto lo reporta Lieten, (2002) en donde una deficiencia de B en fresa daña los pistilos de la flor, aumenta los abortos de fruto hasta en 90%, y además, reduce el número de fruto por planta, peso de fruto y rendimiento.

Una deficiencia de Fe en fresa puede tener efecto en variables de calidad como tamaño de fruto, cambios en el color de la fruta, firmeza y en el contenido de agua, así como también en las propiedades químicas como el contenido de ácidos orgánicos, vitaminas, compuestos fenólicos, los cuales afectan las características organolépticas del fruto (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006).

### CONCLUSIONES

Es necesario realizar análisis nutrimentales de los frutos con el fin de mantener una adecuada fertilización de la planta que garantice durante la postcosecha una alta calidad organoléptica, nutricional y nutracéutica, ya que en este punto es imposible realizar alguna mejora. Concluimos que las variedades de fresa alcanzaron valores óptimos de nutrientes en cuanto a P, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu y Mo, con respecto a los nutrientes que se encontraron en baja cantidad, sería idóneo tomarlos en cuenta para realizar las correcciones necesarias en la siguiente cosecha. Las variedades Jacona y Zamorana fueron los que tuvieron mayor contenido de nutrientes en los frutos, comportamiento que se repitió en ambas cosechas.

### BIBLIOGRAFIA

- Álvarez-Fernández, A., J. Abadía and A. Abadía. 2006. Iron deficiency, fruit yield and quality. *In: Iron Nutrition and Interactions in Plants.* (Abadía, J. and Barton L. L., Eds.). Springer, Dordrecht, The Netherlands. 85-101.
- Chen, F., H. Liu, H. Yang, S. Lai, X. Cheng, Y. Xin, B. Yang, H. Hou, Y. Yao, S. Zhang, G. Bu and Y. Deng. 2011. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chemistry.* 126:450-459.
- Childers, N.F. 2003. Nutrient deficiencies in strawberry. *In: N.F. Childers (ed.). The strawberry: A book for growers, others.* Dr. Norman F. Childers Publications, Gainesville, FL. 126-129.
- Lamarre, M. and M.J. Lareau. 1997. Influence of nitrogen, potassium and magnesium fertilization on day-neutral strawberries in Quebec. *Acta Hort.* 439: 701-704.
- Lieten, F. 2002. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Hort.* 567:451-454.
- Nestby R., F Lieten., D Pivot., C Raynal., M Tagliavini. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs. *International Journal of fruit science.* 5:139-156.
- Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Saltali. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Hort.* 93: 65-74.
- Kristl, J., A. U. Krajnc, B. Kramberger and S. G. Mlakar. 2013. Strawberries from integrated and organic production: mineral contents and antioxidant activity. *Acta Chim. Slov.*60:19-25.
- Santos, B. M., N. A. Peres., J. F. Price., V. M. Whitaker., P. J. Dittmar., S. M. Olson and S. A. Smith. 2012. Strawberry production in florida. *Postharvest. Biology and Technology.* 20:281-291
- Xu, G., X. Fan and A. J. Miller. 2012. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:153-182

## REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (*ALTERNARIA* SPP.) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2016-2017

Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y María Monserrat Torres-Cruz

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: [fuentes.davila@gmail.com](mailto: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; 2018a). 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 2016-2017.



Fig. 1. Manchado del grano de trigo característico de la punta negra.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Veintiún líneas avanzadas de trigo harinero y las variedades comerciales Borlaug 100, Ónavas F2009, Roelfs F2007 y Villa Juárez F2009 se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2016-2017 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 17 y 24, 2016, 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.

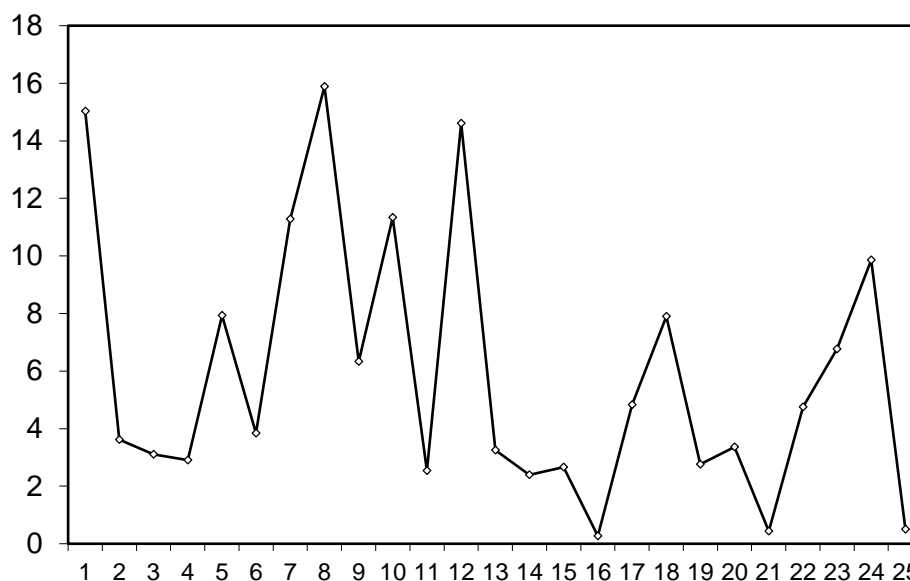
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 24.3%, con un promedio de 4.8; Borlaug 100 no presentó granos infectados, nueve líneas y Roelfs F2007 y Villa Juárez F2009 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, tres entre 2.6-5.0%, seis líneas y Ónavas F2009 entre 5.1-10%, y tres entre 10.1-30%. El rango de infección para la segunda fue de 0 a 25.9%, con un promedio de 6.9%; tres líneas no presentaron granos infectados, cinco y Ónavas F2009 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, cuatro y Borlaug 100 entre 2.6-5.0%, dos y Roelfs F2007 y Villa Juárez F2009 entre 5.1-10% y siete entre 10.1-30% de infección. 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 2.6 se presentan en el Cuadro 1. Las líneas que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra fueron: PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA con 15.8%, SITE/MO//PASTOR/3/ TILHI/4/WAXWING/KIRITATI/5/KACHU#1/KIRITATI//KACHU con 15.0, SOKOLL\*2/3/BABAX/ LR42//BABAX con 14.6 y BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/2\*MUNAL con 11.3%. Dentro de las categorías de infección en base al promedio de los datos de las dos fechas, cinco líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, diez en la de 2.6-5.0%, cinco en la de 5.1-10.0% y cinco en la de 10.1-30.0% (Fig. 3). El promedio general de infección del grupo de líneas y variedades fue de 5.9% con un rango de 0.2 a 15.8%, aunque algunas líneas presentaron porcentajes más altos de infección en las diferentes fechas como SITE/MO//PASTOR/3/TILHI/4/WAXWING/ KIRITATI/5/KACHU#1/KIRITATI//KACHU que presentó un máximo de 25.9% en la segunda fecha, SOKOLL\*2/3/BABAX/LR42//BABAX con 24.3% en la primera fecha, PBW343//CAR422/ ANA/3/ELVIRA con 22.7% en la segunda fecha y OASIS/SKAUZ//4\*BCN/3/PASTOR/4/ KAUZ\*2/YACO//KAUZ/5/2\*QUAIU #3/6/BECARD/QUAIU #1 con 18.6% en la segunda fecha. 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 Sáwali 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. En el 2016, Fuentes-Dávila *et al.* reportaron que en el ciclo agrícola 2013-2014, 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/3/WAXWING/4/WBLL1\*2/ BRAMBLING con 17.45 y

KACHU/3/T.DICOCCONPI94624/AE.SQUARROSA(409)//BCN/4/2\* KACHU con 17.26%. En el 2017, Fuentes-Dávila *et al.* también reportaron que en el ciclo agrícola 2014-2015, SOKOLL\*2/3/BABAX/LR42//BABAX presentó un porcentaje de infección natural de 15.1%, PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA 6.1, WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3\*BATAVIA//2\*WBLL1/4/2\*WAXWING\*2/KRONSTADF2004 5.4 y T. DICOCCONCI9309/AE.SQUARROSA(409)//MUTUS/3/2\*MUTUS 5.1%. Estos niveles de infección afectan la calidad del grano con la consecuente baja en el precio de venta. Fuentes-Dávila *et al.* (2018b) reportaron que en el ciclo agrícola 2014-2015, las líneas experimentales de trigo cristalino GUAYACAN

INIA/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/SERRATOR\_1/8/STOT//ALTAR84/ALD/3/THB/CEP7780//2\*MUSK\_4/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA\_2/5/KJOVE\_1/7/RASCON\_37/2 y GERUFTEL-1//GUAYACAN INIA/2\*SNITAN presentaron los porcentajes más altos de infección en la primera fecha con 22 y 20.4%, respectivamente; mientras que en el 2015-2016 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/CBC509 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 presentó 50.4%, seguida de GUAYACAN INIA/GUANAY /8/GEDIZ/FGO//GTA/3/SRN\_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI\_2//HUI/4/YAV\_1/3/LD357E/2\*TC60//JO69/6/SOMBRA\_20/7/JUPAREC2001/10/TADIZ/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV\_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD\_9 con 32.7% (Fuentes-Dávila *et al.*, 2018d). En ese mismo ciclo, las líneas experimentales de trigo harinero que presentaron los porcentajes más altos de infección fueron ND643/2\*WBLL1/5/PRL/2\*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3\*CNO79//2\*SERI/6/PRL/2\*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3\*CNO79//2\*SERI con 15.9% y ONAVAS F2009 con 11.6% (Fuentes-Dávila *et al.*, 2018c), y en el caso de los triticales fueron las líneas PRESTO//2\*TESMO\_1/MUSX603/4/ARDI\_1/TOPO1419//ERIZO\_9/3/SUSI\_2/5/AR/SNP6//TARASCA87\_2/C,S10/3/PORSAS\_4-1/4/CHACAL\_3-2/6/BAT\*2/BCN//CAAL/3/ERIZO\_7/BAGAL\_2//FARAS\_1 con 45.6% y TURACO/CENT.SARDEV/7/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/8/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/9/BICEN con 42.3% (Fuentes-Dávila *et al.*, 2018a).

Infección (%)



Líneas avanzadas y variedades de trigo harinero

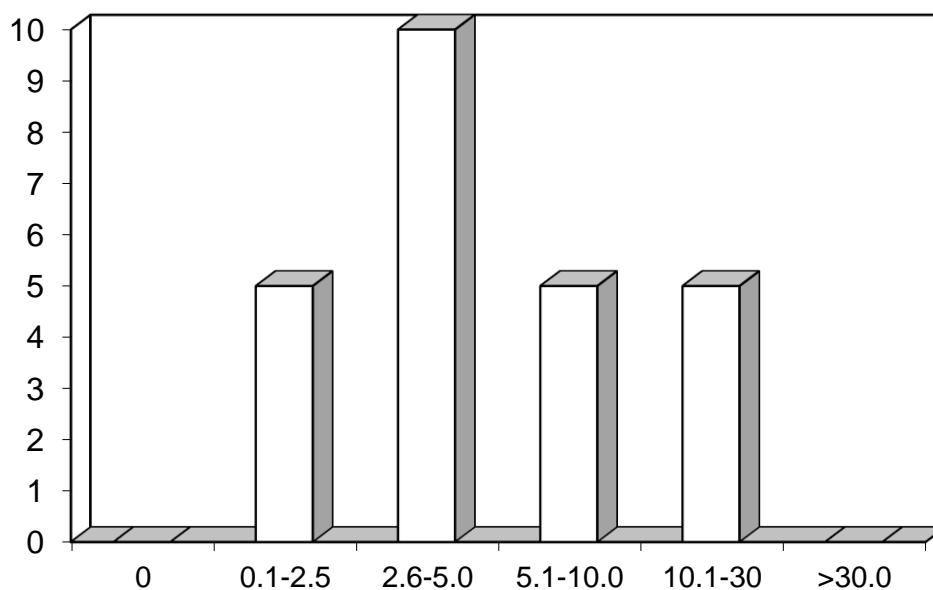
Figura 2. Porcentaje promedio de infección de dos fechas con punta negra, de 21 líneas avanzadas y 4 variedades comerciales de trigo harinero, evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo 2016-2017, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. 2= Roelfs F2007, 4= Villa Juárez F2009, 6= Ónavas F2009, 11= 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 2016-2017, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, que presentaron porcentaje de infección menor a 2.6%.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	KACHU/KIRITATI//BORL14 CMSS11B00551S-099M-0SY-16M-0WGY
2	SAUAL/MUTUS/4/KACHU #1//WBLL1*2/KUKUNA/3/BRBT1*2/KIRITATI CMSS11B00042S-099M-099NJ-099NJ-12RGY-0B
3	WBLL1*2/KUKUNA//KIRITATI/3/WBLL1*2/KUKUNA/4/KINGBIRD#1//INQALAB91*2/ TUKURU/5/ WBLL1*2/BRAMBLING//KACHU CMSS11B00973T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-7RGY-0B
4	WBLL1*2/KKTS//PASTOR/KUKUNA/3/KINGBIRD#1//INQALAB91*2/TUKURU/5/ KAUZ//ALTAR 84/AOS/3/MILAN/KAUZ/4/SAUAL CMSS11Y00824T-099TOPM-099Y-099M-099NJ-099NJ-23WGY-0B
5	BORLAUG 100 CMSS06Y00605T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B



Frecuencia



Categorías de infección (%)

Figura 3. Categorías de infección (%) por punta negra, de líneas avanzadas y variedades comerciales de trigo harinero evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo 2016-2017, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico.

El promedio de infección del grupo de líneas evaluado en este trabajo fue de 5.93%, sin embargo, 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

Las líneas experimentales de trigo harinero KACHU/KIRITATI//BORL14, SAUAL/MUTUS/4/ KACHU#1//WBLL1\*2/KUKUNA/3/BRBT1\*2/KIRITATI y WBLL1\*2/KUKUNA//KIRITATI/3/WBLL1 \*2/KUKUNA/4/KINGBIRD#1//INQALAB91\*2/TUKURU/5/WBLL1\*2/BRAMBLING//KACHU presentaron un promedio de infección con punta negra menor al 1%.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Fuentes-Dávila, G., Ammar, K., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L. y Chávez-Villalba, G. 2018a. Reacción de líneas de triticale a la punta negra (*Alternaria* spp.) bajo infección natural en el ciclo 2015-16. XX Congreso Internacional y XLV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Agosto 20-24, 2018. Saltillo, Coahuila, México. Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología 36, Resumen 35, S45-46.
- 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.
- Fuentes-Dávila, G., Félix-Fuentes, J.L., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A. y Félix-Valencia, P. 2018b. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo cristalino en el ciclo 2014-2015. pp. 566-571. Memorias del XXI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Octubre 25 y 26, 2018. 888 p.
- 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, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Fuentes, J.L. y Camacho-Casas, M.A. 2018c. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2015-2016. pp. 101-106. Memoria de la XXX Semana Internacional de Agronomía, del 3 al 7 de Septiembre, 2018. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México. 1197 p.
- Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L. y Chávez-Villalba, G. 2018d. Reacción de trigos cristalinos a la punta negra (*Alternaria* spp.) bajo infección natural en el ciclo 2015-16. XX Congreso Internacional y XLV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Agosto 20-24, 2018. Saltillo, Coahuila, México. Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología 36, Resumen 35, S44-45.
- Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A. y Chávez-Villalba, G. 2017. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2014-2015. pp. 475-480. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Septiembre 4-8, 2017. Gómez Palacio, Durango, México. 1139 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](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.

## REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*TILLETIA INDICA*) DE LÍNEAS AVANZADAS DE TRITICALE EN EL CICLO 2014-2015

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

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: [fuentes.davila@gmail.com](mailto: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 (Fig. 1) (Mitra, 1935; Bedi *et al.*, 1949; Chona *et al.*, 1961).

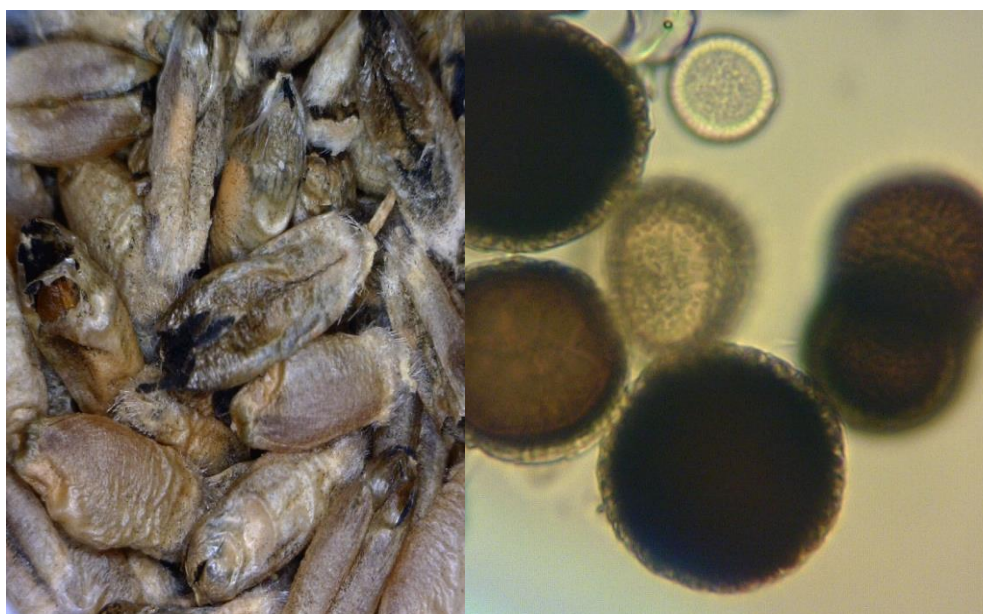


Fig. 1. Síntomas del carbón parcial en el grano del triticale y teliosporas del hongo *Tilletia indica*.

Esta enfermedad se reportó por primera vez en la India (Mitra, 1931); luego en Mexico (Duran, 1972), Pakistan (Munjil, 1975), Nepal (Singh *et al.*, 1989), Los Estados Unidos (APHIS, 1996),

Africa del Sur (Crous *et al.*, 2001) y aparentemente en Afganistán (CIMMYT, 2011). 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, 2007; Fuentes-Dávila *et al.*, 2005, 2016); 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). Desde los 1980's, se ha reportado sobre la resistencia e inmunidad que las variedades y líneas experimentales de triticales presentan bajo inoculación artificial (Metzger, 1984), por lo que este trabajo se realizó con el fin de determinar la reacción al carbón parcial de líneas avanzadas de triticales.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Veinte líneas avanzadas de triticales originadas del programa colaborativo entre el CIMMYT y el INIFAP, 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.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

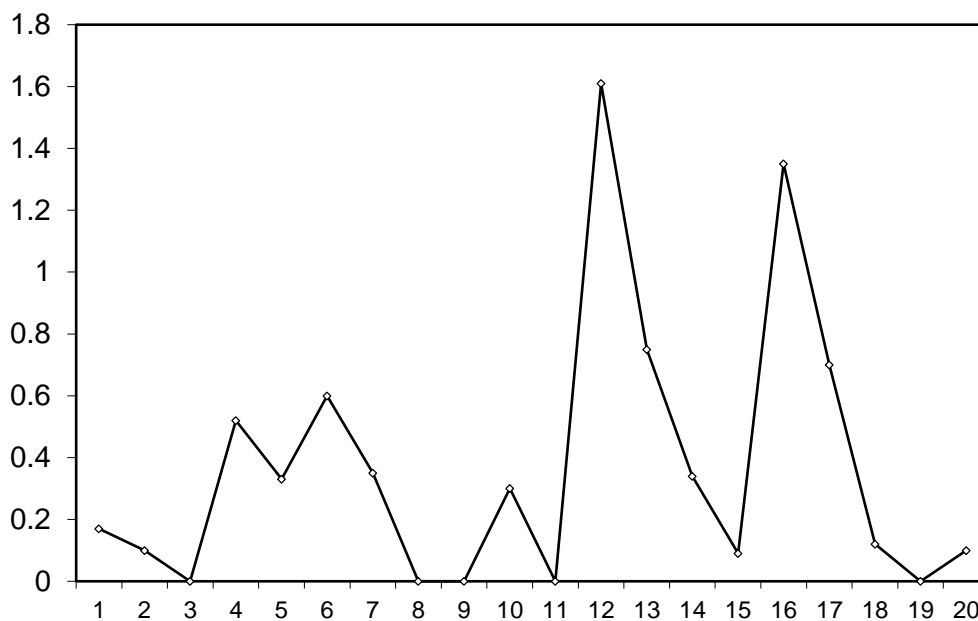
El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 2.4%, con un promedio de 0.3; diez líneas no presentaron granos infectados. El rango de infección para la segunda fue de 0 a 1.4%, con un promedio de 0.4, once líneas no presentaron granos infectados. Cinco líneas no presentaron granos infectados en ambas fechas (Cuadro 1) y el resto estuvo en la categoría de infección de 0.1-2.5%. 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 TURACO/CENT.SARDEV/7/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN //YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/8/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/9/BICEN (CTSS08Y00035S-099Y-026M-19Y-099M-2Y-2BMX-4Y) (línea 12) con 1.6 y POPP1\_2/CAAL//THELIN#2/5/PRESTO//2\*TESMO\_1/MUSX603/4/ ARDI\_1/TOPO1419//ERIZO\_9/3/SUSI\_2/6/ARDI/GNU//2\*FAHAD\_1/4/BULL\_10/MANATI\_1/3/ ELK54/BUF\_2//NIMIR\_3 (línea 16) con 1.3% (Fig. 2). Estas mismas líneas presentaron los porcentajes más altos de infección con 1.8 y 2.4%, respectivamente, en la primera fecha. Desde las primeras inoculaciones artificiales en campo en el noroeste de México de gran número de líneas experimentales de trigo, triticale y diversas especies de pastos (Metzger, 1984) se ha reportado sobre la reacción de resistencia e inmunidad que la mayoría de las variedades y líneas experimentales de triticale presentan. También, Fuentes-Dávila *et al.* (2012a) reportaron que de 20 líneas experimentales de triticale que se evaluaron en el ciclo 2007-2008 nueve no presentaron granos infectados, mientras que en el 2008-2009 fueron 19 de otro grupo de 20 (Fuentes-Dávila *et al.*, 2012b), en el 2009-2010 fueron 11 (Fuentes-Dávila *et al.*, 2013a), en el 2010-2011 fueron 5 (Fuentes-Dávila *et al.*, 2013b) y en el 2011-2012 fueron 8 (Fuentes-Dávila *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Líneas avanzadas de triticale que no presentaron granos infectados después de ser 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.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	BAT*2/BCN//CAAL/3/ERIZO_7/BAGAL_2//FARAS_1/8/GAUR_2/HARE_3//JLO97/CIVET/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/150.83//2*TESMO_1/MUSX603/7/GAUR_2/HARE_3// JLO97/CIVET CTSS04B00008S-020Y-24M-2Y-0M-2Y-0M
2	NILEX/3/BULL_10/MANATI_1//FARAS/CMH84.4414/6/HX87-244/HX87-255/5/PRESTO//2*TESMO_1/MUSX603/4/ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_9/3/SUSI_2 CTSS08Y00155T-099Y-016M-18Y-099M-6Y-1BMX-4Y
3	95T159/4/T1502_WG/MOLOC_4//RHINO_3/BULL_1-1/3/POLLMER_3/FOCA_2-1/5/CAAL/3/T1494_WG//ERIZO_10/2*BULL_1-1 CTSS08Y00168T-099Y-024M-5Y-099M-1Y-4BMX-1Y
4	TURACO/CENT.SARDEV/7/LIRON_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/LIRON_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/9/BICEN CTSS08Y00035S-099Y-026M-5Y-099M-17Y-1BMX-4Y
5	TICKIT/TREAT/7/LIRON_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI_6/4/KER_3/6/BULL_10/MANATI_1/8/PRESTO//2*TESMO_1/MUSX603/4/ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_9/3/SUSI_2/5/AR/SNP6//TARASCA 87_2/C,S10/3/PORSAS_4-1/4/CHACAL_3-2 CTSS08Y00130S-099Y-037M-9Y-099M-5Y-3BMX-3Y

Las líneas de trigo dentro de la categoría de infección 0.1-5.0% 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, pero en el caso de los triticales no solo se detecta resistencia, sea de campo o genética o ambas, así como también una reacción de inmunidad en algunas líneas. Sin embargo, es importante que las líneas avanzadas se evalúen en forma continua para asegurar que los bajos niveles de infección o la reacción de inmunidad no se deban a escapes a la enfermedad. En esta evaluación, todas las líneas se consideran como resistentes. Estos resultados indican que un nivel alto de resistencia se ha mantenido en las nuevas líneas de triticale producidas en el programa colaborativo entre el CIMMYT y el INIFAP, y aunque este cereal no se contempla dentro de los programas del gobierno federal hasta ahora, representan una excelente opción

Infección (%)



Líneas avanzadas de triticale

Figura 2. Porcentaje promedio de infección con carbón parcial en dos fechas, de 20 líneas avanzadas de triticale, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2014-2015, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico.

Para los productores agrícolas y ganaderos, para la explotación de doble propósito en las zonas afectadas por el carbón parcial, y por lo mismo, es importante continuar con las evaluaciones para resistencia al carbón parcial en las nuevas líneas avanzadas que se vayan generando.

**CONCLUSIONES**

La líneas BAT\*2/BCN//CAAL/3/ERIZO\_7/BAGAL\_2//FARAS\_1/8/GAUR\_2/HARE\_3//JLO97/CIVET/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/150.83//2\*TESMO\_1/MUSX603/7/GAUR\_2/HARE\_3//JLO97/CIVET, NILEX/3/BULL\_10/MANATI\_1//FARAS/CMH84.4414/6/HX87-244/ HX87-255/5/PRESTO//2\*TESMO\_1/MUSX603/4/ARDI\_1/TOPO1419//ERIZO\_9/3/SUSI\_2, 95T159/4/T1502\_WG/MOLOC\_4//RHINO\_3/BULL\_1-1/3/POLLMER\_3/FOCA\_2-1/5/CAAL/3/T1494\_WG//ERIZO\_10/2\*BULL\_1-1, TURACO/CENT.SARDEV/7/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/8/LIRON\_2/5/DISB5/3/SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/MANATI\_1/9/BICEN, y

TICKIT/TREAT/7/LIRON\_2/5/DISB5/3/ SPHD/PVN//YOGUI\_6/4/KER\_3/6/BULL\_10/  
 MANATI\_1/8/PRESTO//2\*TESMO\_1/MUSX603/4/  
 ARDI\_1/TOPO1419//ERIZO\_9/3/SUSI\_2/5/AR/SNP6//TARASCA87\_2/C,S10/3/PORSAS\_4-  
 1/4/CHACAL\_3-2, no presentaron granos infectados en ninguna de las dos fechas de  
 evaluación.

## 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-APHIS, 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.
- CIMMYT. 2011. Training to beat karnal bunt in Afghanistan. <http://blog.cimmyt.org/tag/karnal-bunt/>. Accessed March 1, 2014.
- 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-Dávila G. 2007. Chemical control of karnal bunt by foliar applications. *Phytopathology* 97(7):S37. Supplement.
- Fuentes-Dávila, G., Ammar, K., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G., Camacho-Casas, M.A. y Borbón-Gracia, A. 2012a. Reacción de líneas avanzadas de triticale al carbón parcial. *Memorias del XIV Congreso Internacional/XXXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, A.C. Julio 22-26, 2012. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. Resumen 140.
- Fuentes-Dávila, G., Ammar, K., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G., Camacho-Casas, M.A. y Borbón-Gracia, A. 2012b. Reacción de líneas avanzadas de triticale al carbón parcial durante el ciclo agrícola 2008-2009 en el Valle del Yaqui. p. 446. *Memorias del XXIV Congreso Nacional y IV Internacional de Fitogenética*. Septiembre 24 al 28, 2012. Monterrey, Nuevo León, México.
- Fuentes-Dávila, G., Ammar, K., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G., Camacho-Casas, M.A. y Borbón-Gracia, A. 2013a. Reacción de líneas avanzadas de triticale al carbon parcial. *Memorias del XV Congreso Internacional/XL Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, A.C. Julio 20-25, 2013. Huatulco, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* vol. 31, suplemento 2013. Resumen 53. p. S101. pp. 125.
- Fuentes-Dávila, G., Ammar, K., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L. y Chávez-Villalba, G. 2014. Reacción de líneas avanzadas de triticale al carbón parcial (*Tilletia indica*) bajo inoculación artificial en campo. *XVI Congreso Internacional y XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, A.C. Julio 20-24, 2014, Ixtapan de la Sal, Edo. de México, México.
- Fuentes-Dávila G, Félix-Valencia P, Ayón-Ibarra CA, Figueroa-López P, Camacho-Casas MA, Félix-Fuentes JL, Chávez-Villalba G, and Rosas-Jáuregui IA. 2016. Biological effectiveness of several fungicides for control of karnal bunt (*Tilletia indica*) of wheat, in the field. *Annual Wheat Newsletter* 62:28-31.
- Fuentes DG, Figueroa LP, Cortés JJM, Félix VP, Camacho CMA, Chávez VG, Félix FJL y Ortiz AAA. 2013b. Evaluación de la reacción al carbón parcial de líneas avanzadas de triticale en el valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola 2010-11. *Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera Veracruz 2013, XXVI Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Veracruz 2013 / V Reunión de Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Septiembre 10-13, 2013. Boca del Río, Veracruz, México. p. 220.



- 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.
- Metzger, R.J. 1984. Screening for genetic resistance in the field. In: Karnal Bunt Disease of Wheat - Proceedings of a Conference, April 16-18, 1984, Ciudad Obregon, Sonora, Mexico. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) pp. 15-17.
- 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.
- Munjaj, 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., Secrest, 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.

## REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*TILLETIA INDICA*) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2017-2018

Guillermo Fuentes-Dávila, Ivón Alejandra, Rosas-Jáuregui, Carlos Antonio Ayón-Ibarra, José Luis Félix-Fuentes y María Monserrat Torres-Cruz

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: [fuentes.davila@gmail.com](mailto: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 (Fig. 1) (Mitra, 1935; Bedi *et al.*, 1949; Chona *et al.*, 1961).



Fig. 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 Mexico (Duran, 1972), Pakistan (Munjal, 1975), Nepal (Singh *et al.*, 1989), Los Estados Unidos (APHIS, 1996),

Africa del Sur (Crous *et al.*, 2001) y aparentemente en Afganistán (CIMMYT, 2011). 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, 2007; Fuentes-Dávila *et al.*, 2005, 2016); 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 treinta y dos líneas avanzadas de trigo cristalino y tres variedades comerciales en uso en el noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Treinta y dos líneas avanzadas de trigo cristalino y las variedades CIRNO C2008, Quetchehueca Oro C2013 y Baroyeca Oro C2013, se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2017-2018 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, Sonora a 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 14 y 24, 2017, 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 hematócmetro 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 22.9%, con un promedio de 2.3; doce líneas y las variedades CIRNO C2008 y Baroyeca Oro C2013 no presentaron granos infectados. El rango de infección para la segunda fue de 0 a 21.9%, con un promedio de 5.7, una línea no presentó granos infectados. La línea WBDTBO/10/PLATA\_10/6/MQUE/4/USDA 573//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/MÂALI/10/ALTAR84/CMH82A.1062//ALTAR84/3/YAZI\_10/4/ SNITAN/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV\_1/6/ARDENTE 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 98.3%. Presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra las líneas DWL5023/7/MOHAWK/6/LOTUS\_5/F3

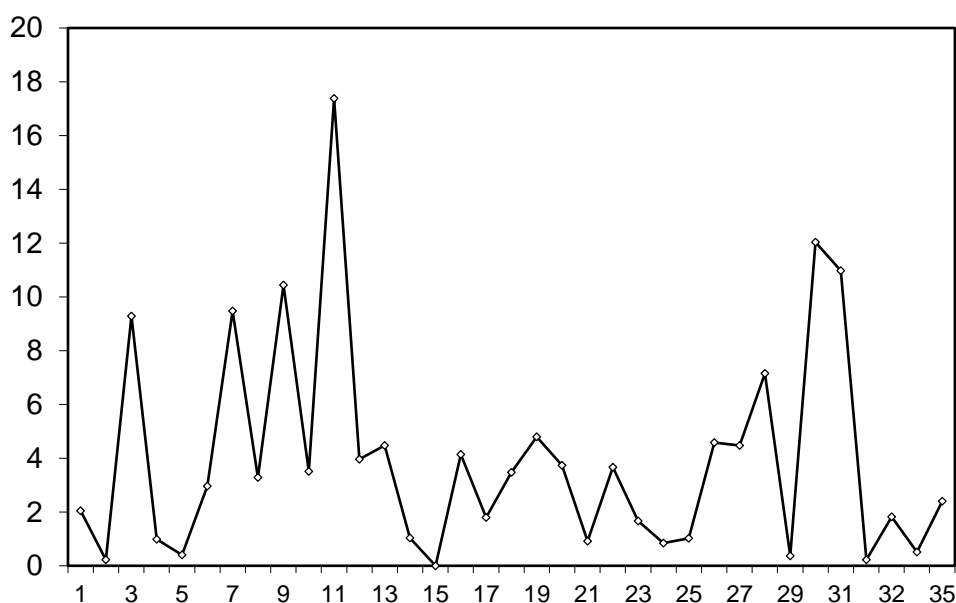
LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/5/CHEN/ALTAR84/3/HUI/POC//BUB/RUFO/4/FNFOOT con 17.3,

HUBEI//SOOTY\_9/RASCON\_37/3/2\*SOOTY\_9/RASCON\_37/4/2\*SOOTY\_9/RASCON\_37/6/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\_1/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3 / GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/G con 12.0, HUBEI//SOOTY\_9/RASCON\_37/3/2\*SOOTY\_9/RASCON\_37/4/2\*SOOTY\_9/RASCON\_37/6/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\_1/7/ALTAR

84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/G con 10.9% y

SWAHEN\_2/KIRKI\_8//PROZANA\_1/4/ ADAMAR\_15//ALBIA\_1/ALTAR84/3/SNITAN/9/  
 GUAYACANINIA/GUANAY/8/GEDIZ/FGO//GTA/3/SRN\_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI\_2//HUI/4/  
 YAV\_1/3/LD357E/2\*TC60//JO69/6/SOMBRA\_20/7/JUPAREC2001/10/SILK\_3/DIPPER\_6/3/  
 ACO89/DUKEM\_4//5\*ACO89/4/PLAT con 10.4% (Fig. 2). Trece líneas y las variedades  
 CIRNO C2008 y Baroyeca Oro C2013 estuvieron en la categoría de infección 0.1-2.5%; En la  
 categoría de infección 2.6-5.0% hubo doce líneas, en la categoría 5.1-10.0% hubo dos líneas  
 y la variedad Quetchehueca Oro C2013 y cuatro líneas en la categoría 10.1-30.0%.

Infección (%)



Líneas avanzadas y variedades de trigo cristalino

Figura 2. Porcentaje promedio de infección con carbón parcial en dos fechas, de 32 líneas avanzadas y 3 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2017-2018, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= CIRNO C2008, 2= Baroyeca Oro C2013, 3= Quetchehueca Oro C2013.

Las líneas dentro de la categoría de infección 0.1-5.0% (en el Cuadro 1 se presentan las líneas que tuvieron un promedio menor al 1% de infección) 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. En el 2017, Fuentes-Dávila *et al.* reportaron que 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/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/S no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas en las que se evaluó, y que cuatro líneas de trigo cristalino estuvieron en la categoría de infección 0.1-2.5% y nueve en la categoría de infección 2.6-5.0%. En el 2019, Fuentes-Dávila *et al.* reportaron cuatro líneas que estuvieron en la categoría 0.1-2.5% y ocho en la categoría 2.6-5.0%; la línea que presentó el promedio del porcentaje más bajo de infección fue SWAHEN\_2/KIRKI\_8//PROZANA\_1/4/ ADAMAR\_15//ALBIA\_1/ALTAR84/3/SNITAN/9/GUAYACANINIA/GUANAY/8/GEDIZ/ FGO//GTA/3/SRN\_1/4/TOTUS/5/ENTE/MEXI\_2//HUI/4/YAV\_1/3/LD357E/2\*TC60// JO69/6/SOMBRA\_20/7/JUPAREC2001/10/SILK\_3/DIPPER\_6/3/ACO89/DUKEM\_4// 5\*ACO89/4/PLAT con 1.3%. Se requiere que continúen 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.

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 2017-2018, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, que presentaron un promedio menor al 1% de infección.

---

No. Pedigrí e historial de selección

- |   |  |
|---|--|
| 1 | BAROYECA ORO C2013<br>CDSS02B00643S-0Y-0M-1Y-4M-04Y-0B   |
| 2 | CIRNOC2008/5/HUBEI//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/2*<br>SOOTY_9/RASCON_37/7/ALTAR84/BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/<br>YAZI_1/5/VANRRIKSE_12/SNITAN/6/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3<br>CDSS12Y00740T-036Y-032M-61Y-0M   |
| 3 | P91.272.3.1/3*MEXI75//2*JUPAREC2001/5/ARTICO/AJAIA_3//HUALITA/3/FULVOUS_1/<br>MFOWL_13/4/TECA96/TILO_1/6/RISSA/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA*2/4/AR<br>MENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/11/CLAUDIO/4/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/<br>AUK/GUIL//GREEN/10/TARRO_1/2*<br>CDSS12Y00524S-078Y-059M-23Y-0M |
| 4 | RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAK<br>I_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNO C 2008<br>CDSS09B00170S-099Y-011M-6Y-3M-06Y   |

- 5 PLANETA/PIQUERO//BERGAND/KNIPA/6/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/5/2\*NETTA\_4/DUKEM\_12//RASCON\_19/3/SORA/2\*PLATA\_12/4/GREEN\_18/FOCHA\_1//AIRON\_1/12/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/10/CMH79.959/CHEN//SOOTY\_9/RASCON\_37  
CDSS12Y00821T-0114Y-087M-23Y-0M
- 6 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/CHAM\_3/9/SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/3/SOOTY\_9/RASCON\_37//GUAYACANINIA  
CDSS12Y00128S-065Y-050M-2Y-0M
- 7 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/CHAM\_3/9/TOPTY\_18/FOCHA\_1//ALTAR84/3/AJAIA\_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA\_13/4/SOMAT\_3/GREEN\_22/5/VRKS  
CDSS11B00311T-052Y-054M-37Y-0M
- 8 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  
CDSS07Y00184S-099Y-099M-12Y-1M-04Y-0B

## CONCLUSIONES

La línea WBDTBO/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/MÂALI/10/ALTAR84/CMH82A.1062//ALTAR84/3/YAZI\_10/4/SNITAN/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA /4/ALO/5/HUI/YAV\_1/6/ARDENTE no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas. La variedad comercial Baroyeca Oro C2013 presentó un promedio de infección de 0.2%, mientras que CIRNO C2008 presentó 2.0 y Quetchehueca Oro C2013 9.2%.

## 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-APHIS, 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.
- CIMMYT. 2011. Training to beat karnal bunt in Afghanistan. <http://blog.cimmyt.org/tag/karnal-bunt/>. Accessed March 1, 2014.
- 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-Dávila G. 2007. Chemical control of karnal bunt by foliar applications. *Phytopathology* 97(7):S37. Supplement.

- Fuentes-Dávila G, Félix-Valencia P, Ayón-Ibarra CA, Figueroa-López P, Camacho-Casas MA, Félix-Fuentes JL, Chávez-Villalba G, and Rosas-Jáuregui IA. 2016. Biological effectiveness of several fungicides for control of Karnal bunt (*Tilletia indica*) of wheat, in the field. Annual Wheat Newsletter 62:28-31.
- 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., Rosas Jáuregui, I.A., Ayón Ibarra, C.A., Félix Fuentes, J.L., Chávez Villalba, G. y Torres Cruz, M.M. 2019. Reacción de trigos cristalinos al carbón parcial en pruebas de campo durante el ciclo 2016-2017. pp. 49-50. Memoria: Día del Agricultor 2019. Publicación Especial No. 26. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México. 52 p.
- Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A. y Chávez-Villalba, G. 2017. Reacción al carbón parcial (*Tilletia indica*) de variedades y líneas avanzadas de trigo cristalino en el ciclo 2014-2015. pp. 508-514. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Septiembre 4-8, 2017. Gómez Palacio, Durango, México. 1139 p.
- 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., Secrest, 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.



## COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL COMPOSTAJE DE DESPERDICIO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*)

José Leonardo García-Rodríguez<sup>1</sup>, José Ángel Prieto Ruíz<sup>2</sup>, Maricela Flores Deras<sup>1</sup>  
María Gabriela Ramírez-Valadez<sup>1</sup>, Sergio Rosales-Mata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo., México. C. P. 34170, <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, UJED, Río Papaolapan, Valle del Sur, C.P. 34120, Durango, Dgo.  
Email:garcia.leonardo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la agricultura el hombre observó que los desechos animales y vegetales al reincorporarse al suelo, originaban un mejor desarrollo de las plantas (SARGARPA, 2011). Paulatinamente, se desarrollaron formas de acelerar su proceso de descomposición e incorporación, ahora llamado compostaje (Sauri y Castillo, 2002). El compostaje, hace que los residuos vegetales y animales se transformen en un material de color oscuro, homogéneo en textura, con un olor característico a tierra húmeda y que aplicado al suelo actúa como fertilizante (Panizza, 2005). Además de los nutrientes que aporta a los cultivos, la composta genera otros beneficios: mejora la calidad del suelo fomentando la formación de agregados y mejora la estructura del suelo. Modifica características del suelo como la capacidad de retención de humedad, aireación y la microbiota del suelo; lo anterior resulta en un mejor desarrollo de los cultivos y en mejores características físicas del suelo, que los hacen más fácilmente trabajables (Ishii y Takii, 2003.) En localidades como San Francisco del Mezquital, municipio de El Mezquital, Durango, la extracción y comercialización de orégano es una actividad económica importante para el sustento de muchas familias. Anualmente se extraen, en promedio, de 150 a 200 toneladas de orégano provenientes de áreas naturales bajo manejo; del total extraído, entre el 20 y 30% es desperdicio (ramas, ramillas y trozos de hoja). Este desperdicio se apila en montones que con los años suma grandes cantidades, para eliminarlo se suele utilizar fuego. No se tiene el dato preciso de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera, pero es una práctica poco amigable con el ambiente; una alternativa de solución es elaborar composta con los residuos del orégano (*Lippia graveolens*), lo que hará más integral el aprovechamiento de esta especie. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la temperatura y humedad en el proceso de compostaje de desperdicio de orégano con diferentes niveles de estiércol, suelo y urea utilizando tambos perforados como recipientes de compostaje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en instalaciones del vivero del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Durango. El ensayo se estableció en un sitio abierto sin protección, expuesto a la luz solar durante el día los riegos fueron con agua de pozo aplicada manualmente con manguera con punta de regadera. Se evaluaron seis tratamientos (Cuadro 1) con tres repeticiones por tratamiento, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. Cada unidad experimental estuvo compuesta por un tambo de plástico rígido color azul y de 200 litros (L) de capacidad. Previo a su llenado, las paredes de los tambos se perforaron uniformemente a fin de promover la circulación de aire a través de las paredes hacia las mezclas a compostar.

Cuadro 1. Número y componentes de los tratamientos evaluados en el compostaje de breña de orégano molida y sin moler.

Tratamiento	Breña molida (Litros)	Breña sin moler (Litros)	Estiércol de vaca más tierra (Litros)	Urea (kg/m <sup>3</sup> )
1	120	-	80	0
2	120	-	80	2
3	120	-	80	6
4	-	120	80	0
5	-	120	80	2
6	-	120	80	6

Para cada tratamiento se utilizaron: a) breña de orégano (trozos de ramillas y tallos de plantas de orégano residuales a la separación de las hojas) molida y breña de orégano sin moler; b) tierra de enlame (arena de río mezclada con gran cantidad de materia orgánica); c) estiércol de vaca seco y d) urea ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) fertilizante. Previamente, el estiércol seco y la tierra de enlame se mezclaron en igual proporción (v:v) y con los dos tipos de breña de orégano, se hicieron mezclas en diferentes proporciones (Cuadro 1). En los tambos de 200 L los materiales, inicialmente, se acomodaron de la forma siguiente: se vaciaron 20 L de mezcla de tierra más estiércol para formar la primera de cuatro capas (80 L) intercaladas con tres capas de 40 L de breña de orégano (molida y sin moler) (120 L) dependiendo del tratamiento, para completar en total 200 L que es la capacidad de los tambos. La dosis de urea (2 y 6 kg m<sup>3</sup>) dependiendo de cada tratamiento, se aplicó en las capas de tierra más estiércol. Se realizaron tres volteos a los tambos de cada tratamiento, estos consistieron en un proceso de vaciado-revoltura-reentambado. Los volteos se realizaron con un mes de diferencia entre ellos, siendo el primer volteo un mes posterior al establecimiento del ensayo.

Se tomaron los datos de temperatura diariamente a las 12:00 am, con un termómetro de bayoneta en la parte media de la mezcla a compostar. El rango de humedad se fijó de 10 a 30 centibares (CB) por ser la humedad y aireación adecuada para la mayoría de los cultivos y en todo tipo de suelos. La humedad se monitoreó con tensiómetros que se colocaron en cuatro tambos, uno por tratamiento. La relación C/N se obtuvo del cociente de los contenidos Carbono y el Nitrógeno de los mismos resultados. A partir de la base de datos elaborada en Excel (2016 Microsoft Corporations) se realizó la estadística descriptiva y se realizó también un análisis de varianza al 95% de confiabilidad, en los casos donde existieron diferencias significativas se realizó adicionalmente un análisis de separación de medias de Tukey en el programa estadístico (InfoStat, 2008).

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

El tiempo de maduración de la composta de residuos de orégano (breña molida y sin moler) elaborada en tambos de plástico perforados en promedio fue de 16 semanas. Tras el último volteo, la temperatura promedio semanal bajó (30°C) y determinó el final del proceso de compostaje. No fue posible observar diferencias significativas en el tiempo de maduración de la composta entre tratamientos. Al término del ensayo, en la composta de los tratamientos con breña sin moler fue posible reconocer restos de material original a compostar (ramas y tallos). Al día siguiente de establecido el ensayo, se registró un aumento de las temperaturas de los tratamientos 4 (breña sin moler y sin urea), 6 (breña sin moler + 6 kg m<sup>-3</sup> de urea) y 5 (breña sin moler + 2 kg m<sup>-3</sup> de urea) con temperaturas de 49.80, 49.25 y 47.96°C respectivamente. Estas temperaturas están directamente relacionadas a la actividad microbiana y a la mayor disponibilidad de aire. A partir de la segunda semana la temperatura desciende, la de estos tres tratamientos llegó su nivel más bajo (31.47, 31.72 y 31.8 °C) en la semana cuatro, en contraste con el resto de los tratamientos, los cuales registraron su menor valor promedio de temperatura hasta la semana cinco en la que se realizó el primer volteo ((vaciado-revoltura-reentambado) (Figura 1).

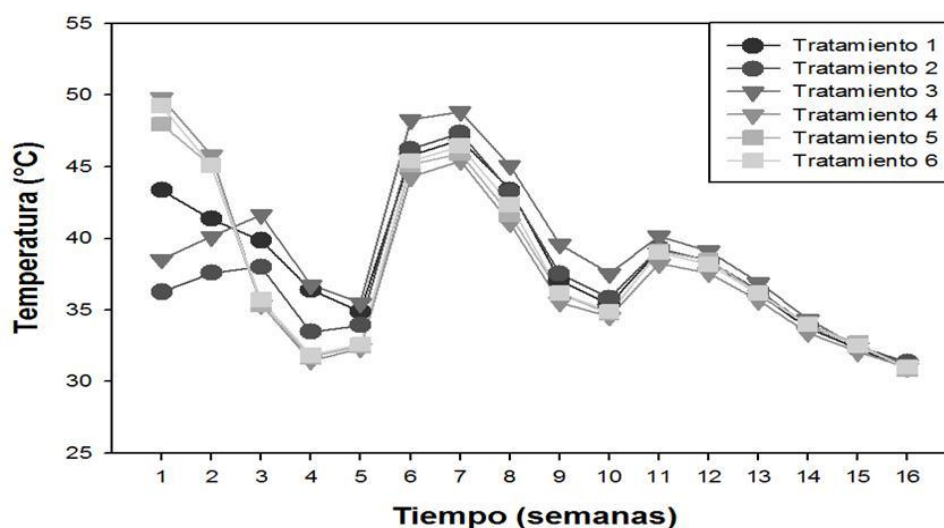


Figura 1. Temperatura promedio semanal por tratamiento de compostaje con breña de orégano molida y sin moler.

Corral-Torrecillas *et al.* (2011) elaboraron composta utilizando tallos, bagazo de orégano y estiércol de vaca en diferentes proporciones, el promedio de temperatura inicial en sus tratamientos fue de 32°C, el aumento de la temperatura en este ensayo fue paulatino observándose promedios de temperaturas de 40 a 42°C hasta la semana dos. A partir del primer volteo (semana 5) y hasta la semana siete la temperatura de todos los tratamientos presentó un aumento significativo, las temperaturas promedio de los tratamientos 1, 2, 4, 5 y 6, fueron superiores a los 44 °C siendo el tratamiento 3 (breña molida + 6 kg m<sup>-3</sup> de urea) el que alcanzó la mayor temperatura (48.29°C) en este periodo. Hacia la semana ocho se vuelve a registrar un descenso de la temperatura hasta la semana diez en la que se realizó el segundo volteo, Las temperaturas promedio de los tratamientos 2, 1, 5, 6 y 4, tuvieron aumento de temperatura, aunque sin superar los 40°C, como en el caso del tratamiento 3 (40.14°C). A partir de la semana 11 inicia un descenso del promedio de temperatura semanal en todos los tratamientos. En la semana 14 se realiza el tercer volteo, en esta ocasión la temperatura media de los tratamientos no superó los 35°C. Posterior a este volteo, las temperaturas medias de todos tratamientos no aumentaron, por el contrario, éstas descendieron en todos los tratamientos hasta la semana 16 que como máximo registraron 31.35°C. Esto se tomó como indicador del término del proceso de compostaje.

El contenido de humedad se mantuvo de forma relativamente fácil dentro de los niveles de humedad recomendados para el cultivo de plantas. Cifuentes *et al.* (2010) elaboraron composta a partir de caña picada y cachaza en diferentes proporciones en camas o pilas, ellos encontraron porcentajes de humedad iniciales de hasta el 70% y el contenido de

humedad de sus pilas disminuye a los 20 días hasta un 20 %. Esto prolongó el proceso de compostaje hasta 140 días, en el presente trabajo solo fue aproximadamente de 130. El contenido de humedad registrados por estos autores fue inferior a los registrados en este ensayo, sugiriendo que el contenido de humedad en los tambos es más controlable que en camas o pilas de compostaje. Contrariamente a lo esperado, el contenido de humedad promedio semanal de los tratamientos con breña sin moler fue, en general, mayor a la de los tratamientos de breña molida. Desde la semana uno, en que se realiza el primer riego, el contenido de humedad fue de 10.90 CB en los tratamientos de breña sin moler, este contenido de humedad fue más alto que el de los tratamientos con breña molida cuyo valor promedio fue de 13.80 CB. En la semana cinco y nueve los contenidos medios de humedad fueron en promedio de 20.30 y 21.40 CB para los tratamientos de breña sin moler y breña molida, respectivamente. En la semana nueve los tratamientos de breña sin moler la humedad promedio fue de 19.83 CB en contraste con lo de breña molida con 22.17 CB. De la semana 13 a la 15 no se registraron variaciones notables, siendo siempre los tratamientos de breña sin moler los que registraron mayor promedio de humedad.

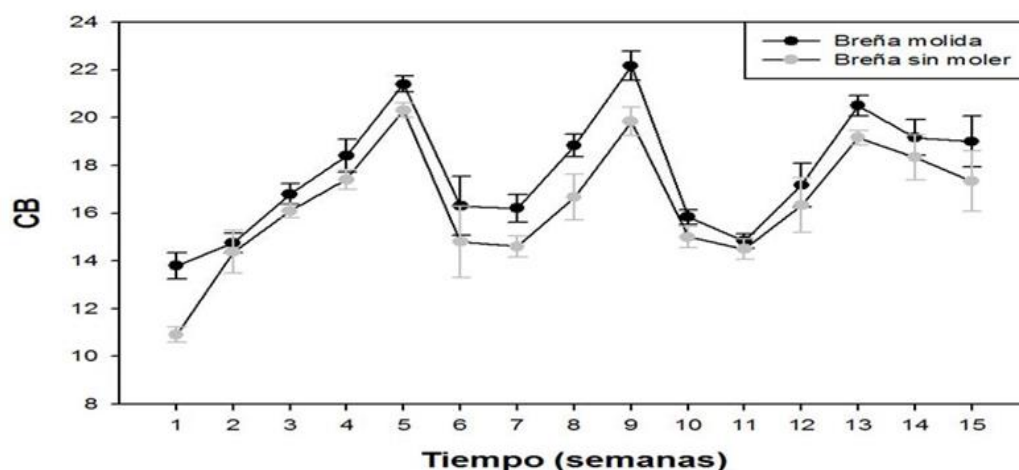


Figura 2. Humedad promedio semanal en los tratamientos de compostaje breña de orégano molida y breña sin moler.

El comportamiento del contenido humedad promedio semanal en los tratamientos en el presente estudio, se atribuye principalmente a la cantidad de espacios porosos inherentes a la característica de cada material (breña sin moler = mayor cantidad de espacios con aire) y breña (molida = menor cantidad de espacios con aire). De igual forma con la capacidad de retención de humedad, al parecer la breña sin moler tiene mayor capacidad de retención de humedad por tratarse de trozos leñosos a los cuales el agua se adhiere con mayor fuerza,

contrariamente a lo que sucede con la breña molida, en la que no existen partículas con suficiente superficie de adherencia requerida por las partículas de agua. Prieto *et al.* (2009) evaluando la porosidad de diferentes sustratos encontraron que la corteza de pino compostada con porosidad media de 87% tiene una capacidad de aireación media de solo 11.8%, siendo su capacidad de retención de humedad relativamente baja. El rango de la relación C/N de todos los tratamientos vario de 18:1 a 25:1 siendo el rango recomendado de 20:1 a 40:1.

## CONCLUSIONES

A partir del compostaje de breña molida de orégano, adicionando estiércol (20%), suelo (20%) y 2 y 6 kg m<sup>-3</sup> de urea, por el método de tambos perforados, es posible obtener composta en cuatro meses, por otros métodos se puede tardar más de 6 meses hasta un año, de los métodos utilizados es en pila. El método de compostaje permite el monitoreo rápido de factores como la temperatura y humedad, indicadores para el tiempo de los volteos requeridos. En general el tratamiento con las mejores características fue el tratamiento 2 (breña molida+2 kg m<sup>-3</sup> de urea). La elaboración de composta a partir de breña de orégano también es una alternativa de uso para evitar la quema de residuos del aprovechamiento de orégano. Su principal desventaja es que solo puede ser utilizado para el compostaje de cantidades relativamente pequeñas de residuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cifuentes., R: Leon., R y Porres., C. 2011. Produccion de abono organico a partir de cache y tallos de caña de azúcar recuperados de las carreteras. Universidad de Valle de Guatemala. Pp 1-17.
- Corral-Torrecillas., L, C: Gonzalez c., M y Vicencio R., G. 2011. Producción de compost a partir de residuos Generados en el proceso de aprovechamiento del orégano. CIIDIR IPN. Pp 153-160.
- Ishii K;Takii S. 2003.Comparison of microbial communities in four different composting processes as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. Journa of Applied Microbiology.95 (109- 119).
- Panizza L., A. 2005. La composta: una receta del siglo XXI. Arbórea. 7 (14 – 15) 38 – 44.
- Sauri R.,M.R; Castillo B.,E.R. 2002. Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. 6-3. (55- 60).
- SEMARNAT. 2011. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Recuperado de [www.sermanat.gob](http://www.sermanat.gob) julio de 2019.

## PRUEBA DE ANTAGONISMO DE *TRICHODERMA* SPP. CONTRA CEPAS DE *FUSARIUM* SPP. ASOCIADAS A MAÍZ EN AGUASCALIENTES

Ernesto González Gaona<sup>1</sup>, Dolores Briones Reyes<sup>1</sup>, Candelario Serrano Gómez<sup>1</sup>, Karla Vanessa De Lira Ramos<sup>1</sup>, Roberto Sánchez Lucio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags.,

<sup>2</sup> INIFAP- CIRPAC- Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

\*gonzalez.ernesto@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

Aguascalientes es una de las cuencas lecheras más importantes de la República Mexicana, la producción se basa en ganado Holstein estabulado con alimentación balanceada y forrajes de alfalfa y de maíz ensilado. En los últimos años se ha reportado la presencia de plantas con secadera o podredumbre del tallo y de la mazorca de maíz, lo cual provoca pérdidas en el rendimiento, debido a la muerte prematura de plantas y acame (Singh *et al.*, 2012). Se ha identificado al hongo *Fusarium* spp., como el principal agente causal de la enfermedad, este hongo, además produce toxinas que persisten en el grano y forraje, lo cual representa un riesgo para la salud humana y animal (CIMMYT, 2004; Munkvold, 1999).

Dentro de las estrategias de manejo se encuentra el empleo de variedades resistentes (Mendoza *et al.*, 2006), empleo de fungicidas (Chandra *et al.*, 2008) y la utilización de microorganismos antagonistas (Patil *et al.*, 2003; Sobowale *et al.*, 2005). Esta última estrategia representa una alternativa al uso de agroquímicos, sin los efectos colaterales a los organismos no objeto de control, sin riesgos de contaminación ni peligros a la salud humana. El objetivo del presente estudio fue identificar cepas del hongo antagonista *Trichoderma* spp., efectivas contra cepas regionales de *Fusarium* spp., con la finalidad de establecer una estrategia de manejo biológico de la enfermedad.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El patógeno (*Fusarium* spp.)

La empresa Agroindustrias AG proporcionó 37 muestras de plantas de maíz con síntomas de secadera, procedentes de lotes comerciales y recolectadas entre el 16 de noviembre y el 01 de diciembre de 2017. De cada muestra se seleccionó un tallo que se partió en pequeños pedazos, que se desinfectaron con cloro al 20 % durante un minuto, después se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Los trozos de maíz se sembraron bajo campana de flujo laminar en cajas de Petri con PDA acidificado con 15 µl de ácido láctico al 85 %. Después de

obtener cultivos puros, se obtuvieron discos miceliales de 6.0 mm de diámetro con ayuda de un sacabocados y se colocaron en un frasco de vidrio estéril que contenía una solución de agua estéril con Glicerol al 30% y se conservaron en refrigeración a 8°C hasta su uso en los bioensayos.

Se realizó una identificación genérica de las cepas mediante un microscopio compuesto siguiendo las claves taxonómicas de Booth (1971). Al final se seleccionaron 21 cepas de *Fusarium* spp. de las cuales siete, provenían del cepario del programa de mejoramiento genético de maíz del CEPAB.

El antagonista (*Trichoderma* spp.)

De las cepas de *Trichoderma* spp. del cepario del Campo Experimental Pabellón, procedentes de Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas, se seleccionaron 20 cepas que presentaron un crecimiento activo y característico del género. Las cepas se incrementaron en cajas Petri con PDA, posteriormente de cada cepa se cortaron discos miceliales de 6.0 mm de diámetro con un sacabocados y se conservaron en frascos de 100 ml con agua estéril y glicerol al 30%, y se mantuvieron en refrigeración a 8°C hasta su uso en los bioensayos.

Bioensayos (*Fusarium* spp. vs *Trichoderma* spp.)

Los discos miceliales de las cepas de *Trichoderma* spp. y *Fusarium* spp. se sembraron de manera equidistantes a 5.0 cm entre sí, bajo campana de flujo laminar en cajas Petri con PDA y antibiótico. Cada cepa de *Trichoderma*, se probó con cada una de las cepas de *Fusarium* seleccionadas, marcando el crecimiento de cada organismo en forma diaria en el reverso de la caja. Las variables que se consideraron fueron: 1) Ancho de la banda de inhibición (mm), en este caso a mayor amplitud menor es el efecto de *Trichoderma*, 2) Porcentaje de reducción del crecimiento de *Fusarium* en presencia del antagonista (Royse y Ries, 1978), donde a mayor porcentaje, mayor efecto antagonista de *Trichoderma*, 3) Efecto antagónico (competencia por el sustrato) mediante la escala de crecimiento (1 a 5) utilizada por Bell *et al.*, 1982 Micoparasitismo, considerado como el porcentaje del área de crecimiento de *Trichoderma* sobre la colonia de *Fusarium*. 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

De las muestras de maíz proporcionadas por la empresa Agroindustrias se aislaron 38 cepas de *Fusarium*. Cada cepa de *Fusarium* respondió en forma diferente a la presencia de las cepas de *Trichoderma*. Las cepas 7, 24, 38, 39, 44 y 58 de *Fusarium*, mostraron alta competencia contra las diferentes cepas de *Trichoderma*, la cual se expresó en mayor amplitud de la zona



de inhibición entre las colonias, es decir 4 días después de la inoculación, las colonias no se unieron, por lo que se puede inferir que estas cepas de *Fusarium* poseen mecanismos de defensa frente a *Trichoderma*, lo que pudiera estar relacionado con mayor virulencia y/o agresividad.

Las cepas de *Trichoderma* que provocaron mayor reducción en el crecimiento de mayor número de cepas de *Fusarium*, fueron la 1, 3, 4, 5 y 31. Estas cepas de *Trichoderma* redujeron el crecimiento entre 10 y 30 %. Las cepas 4 y 31 son comerciales; mientras que las cepas 1, 3 y 5 fueron recolectas provenientes de Pabellón de Arteaga, Ags., Santiago Ixcuintla, Nay. y Calvillo, Ags., respectivamente. Estas cinco cepas de *Trichoderma* en su conjunto tienen un control significativo sobre el 81% de cepas de *Fusarium*.

La medición de la capacidad antagonista con la escala de Bell *et al.* (1982), mostró que las cepas de *Trichoderma* con mayor capacidad antagonista fueron la 9, 17, 21, 26 y 28, con valores cercanos a 1, lo que significa que colonizaron más del 75 % de la caja Petri y rodearon la zona de crecimiento del patógeno.

Las cepas de *Trichoderma* que parasitaron en mayor porcentaje y mayor número de cepas de *Fusarium*, fueron la 1, 2, 9, 17, 21, 26 y 31. Estas cepas de *Trichoderma* provocaron micoparasitismo entre 50 y 100 % en algunas cepas de *Fusarium*. La cepa 1 tuvo mayor afectación contra 5 cepas de *Fusarium*, la cepa 2 contra 6, la cepa 9 contra 11, la cepa 17 contra 6, la cepa 21 contra 7, la cepa 26 contra 11 y la cepa 31 contra 5 (Figura 1). Estas siete cepas de *Trichoderma* en su conjunto tienen un control significativo sobre el 85% de cepas de *Fusarium*; adicionalmente la cepa 9 tuvo efecto importante de reducción sobre dos de las cepas más agresivas de *Fusarium* (4 y 58); y la cepa 26 sobre las cepas de *Fusarium* 7, 29 y 58.

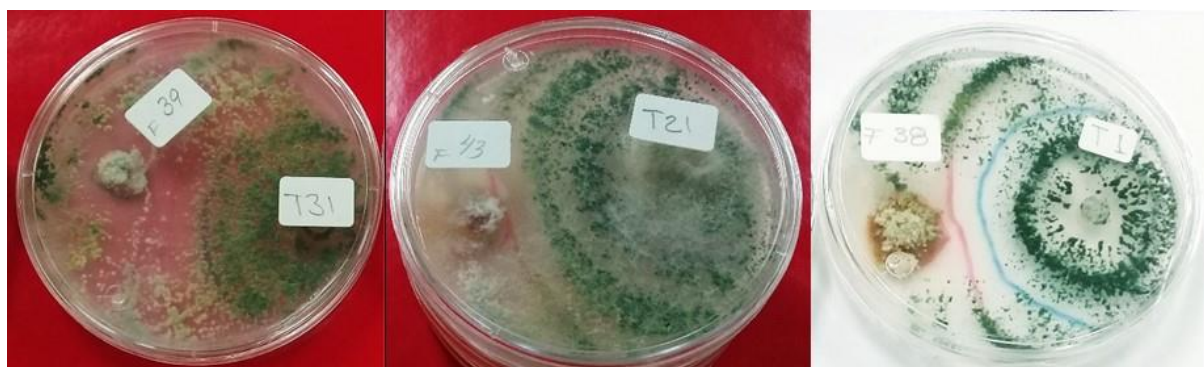


Figura 1.- Efecto del micoparasitismo de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* spp.

### CONCLUSIONES

La capacidad de las cepas de *Trichoderma* en la protección de cultivos se debe por un lado a su capacidad antagonica contra los fitopatógenos y por otro a la estimulación de los mecanismos de defensa de las plantas; sin embargo, se debe tener en cuenta que un solo método de control no basta para reducir una enfermedad de forma eficaz y duradera. Es necesario integrar varias prácticas, por lo anterior, la resistencia genética del maíz a pudriciones de tallo por *Fusarium* spp., será el mejor método de control para la enfermedad. Mientras que el uso de microorganismos biocontroladores de hongos fitopatógenos como es *Trichoderma* spp. puede proveer un apoyo para reducir el grado de infestación del lote y eventualmente disminuir el inóculo presente en el suelo. Las cepas de *Trichoderma* de mejor desempeño en los bioensayos contra *Fusarium* spp. aislados de maíz fueron las cepas 9, 17, 21, 26 y 31, al provocar mayor reducción del crecimiento del fitopatógeno y mayor porcentaje de micoparasitismo. La posible virulencia/agresividad de cepas de *Fusarium* (4, 7, 20, 37, 38, 43, 44 y 58) las hace buenas competidoras contra *Trichoderma*, al no presentar porcentajes de reducción significativos. La aplicación de un consorcio de las cepas de *Trichoderma* más efectivas, como parte del manejo integrado de la pudrición de tallo por *Fusarium* spp. en maíz, es factible de ser usada.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bell, D., Well, H., Markham, C. 1982. "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72:379-382.
- Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Surrey, England.
- Chandra, N. S., UdayaShankar, A. C., Niranjana, R. S., Niranjana, S. R., Prakash, H. S. 2008. Tebuconazole and Thiabendazole- novel fungicides to control toxigenic *Fusarium verticilloides* and fumonisin in maize. *J Mycol Plant Pathol* 38(3): 430-436.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D. F. 118 p.
- Mendoza, E. M., E. Andrio, E., A. López, B., R. Rodríguez, G., L. Latournerie, M. y S. A. Rodríguez, H. 2006. Tasa de infección de la pudrición del tallo de maíz causada por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana* 17(1): 19-24.
- Munkvold, G. P., Hellmich, R. L. and Rice, L. G. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and non-transgenic hybrids. *Plant Dis.* 83(2):130138.
- Patil, R. K., Goyal, S. N., Patel, B. A., Patel, R. G., Patel, D. J., Singh, R. V., Panakaj, Dhawn, S.C., Gour, H. S, 2003. Integrated management of stalk rot disease and phyto-nematodes in Rabi maize. *Proceedings of National symposium on Biodiversity and Management of Nematodes in Cropping Systems for Sustainable Agriculture, Jaipur* 250-254.
- Royse, D. J., S.M. Ries.1978. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology* 68: 603-607.
- Singh, N., Rajendran, A., Meena, S., Mittal, G. 2012. Biochemical response and host-pathogen relation of stalk rot fungi in early stages of maize (*Zea mays* L.) *African J Biotech* 11(82): 14837-14843.
- Sobowale, A. A., Cardwell, K. F., Odebode, A. C., Bandyopadhyay, R., Jonathan, S. G. 2005. Growth inhibition of *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg by isolates of *Trichoderma pseudokoningii* strains from maize plant parts and its rhizosphere. *J Plant Prot Res* 45(4): 249-266.

## MODELO GEOESPACIAL DE RENDIMIENTO DE FRIJOL DE TEMPORAL MEDIANTE INFORMACION DE PRECIPITACION E ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Miguel Angel González González<sup>1</sup>  
Luis Antonio González Jasso<sup>1</sup>  
Mario Primitivo Narváez Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)  
Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga,  
Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: [gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El centro de México contribuye a más de la mitad de la producción de frijol en México. Sin embargo, la mayor parte de las tierras de cultivo de frijol en el centro de México son de temporal durante el ciclo primavera-verano y, por lo tanto, sujetas a las condiciones climáticas. Es decir, si no se suministra agua adecuada en las etapas críticas del crecimiento del cultivo, puede tener un impacto en la productividad regional del cultivo (Luna-Vázquez, 2005). Además, la región también tiene una brecha tecnológica; por ejemplo, baja densidad de población de semillas cosechadas y la falta de uso de agroquímicos para combatir plagas (Luna-Vázquez, 2005). A pesar de las condiciones adversas, el cultivo de frijol en el centro de México ha adquirido una importancia particular en el contexto de la sostenibilidad alimentaria nacional, la soberanía, la variabilidad genética (Rosales-Serna *et al.*, 2001) y como alimento básico para poblaciones rurales y urbanas.

Para hacer frente a las estimaciones de inventarios antes de las estadísticas oficiales, que al menos toman un periodo de tres meses después de la cosecha, algunos esfuerzos han sido realizados para predecir estacionalmente la producción a partir de modelos de cultivo que simulan rendimientos. Actualmente, la mayor parte de la predicción de rendimiento de cultivos se basa en datos históricos o en tiempo real *in situ* a través de modelos mecanísticos y empíricos. El uso de los modelos mecanísticos (EPIC, DSSAT, BEANGRO, SOYGRO y PNUTGRO), que toman en cuenta los procesos físicos de la planta, han demostrado ser prometedores al representar el impacto de las decisiones de manejo y los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, los modelos mecanísticos requieren información específica del sitio, lo que dificulta su aplicación extensiva al análisis a grandes escalas espaciales, por lo tanto, la aplicación de esos modelos lleva mucho tiempo y es costosa. Por tal razón, los modelos de regresión empírica han sido mayormente utilizados para explicar la producción de cultivos a escala regional o global.

Por lo general, el modelo típico de regresión (OLS), intuye que las observaciones son espacialmente invariables (Min *et al.*, 2014). En este sentido, la ley de Tobler (1970) "todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas más cercanas están más relacionadas" contradice lo anterior y destaca la necesidad de un componente espacial de las

observaciones. Un claro ejemplo, es el análisis espacial de los residuales que a menudo violan del supuesto básico de errores distribuidos independientemente. Si se ignora la auto-correlación espacial del error, se puede conducir a una sobreestimación de los estadísticos (Ward y Gleditsch, 2008). Por ello, algunos modelos de regresión geo-estadística o econometría, como el modelo de retraso espacial de la variable dependiente (SAR) y el de retraso del error espacial (SER), fueron desarrollados para controlar las dependencias espaciales. Los modelos SAR y SER son técnicas espaciales que adoptan observaciones vecinas (Brunsdon *et al.*, 1996; Fotheringham *et al.*, 2002) mediante la aplicación de un esquema interactivo entre observaciones; es decir, matrices espaciales que ponderan pesos contiguos o de distancia geográfica a las observaciones, las cuales sirven para calcular la auto-correlación espacial, y por ende dar a conocer el tipo de corrección necesaria que necesitarán los datos con dependencia espacial.

En México, los estudios de regresión geo-espacial aplicados a los rendimientos de los cultivos son desconocidos y están limitados a poca literatura relacionada con los fenómenos ambientales. Por ejemplo, aplicando el modelo SAR, Baron y Aldstadt (2003) estudiaron la relación entre la precipitación promedio y las características del terreno en la cuenca del río Tijuana y; aplicando la Regresión Geográficamente Ponderada, Ávila-Flores *et al.* (2010) asociaron la ocurrencia de incendios forestales con el uso de la tierra, la susceptibilidad de la vegetación, la temperatura, la precipitación y la pendiente del terreno en Durango.

Reconociendo la importancia nacional de los inventarios de rendimiento de frijol en el centro de México, el estudio tuvo como objetivo examinar la ventaja y el desempeño de un conjunto de modelos empíricos para predecir con meses de anticipación el rendimiento del frijol de temporal en los municipios semiáridos de México. La ubicación del estudio, la operatividad de los datos y la aplicación de técnicas espaciales en los modelos hicieron que esta investigación fuera única. En general, este trabajo servirá como un sistema de predicción del cultivo de frijol de temporal o como un medio alternativo de su censo para el centro de México, todo ello para el apoyo en la toma de decisiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 41 municipios como Unidades de Producción de Frijol (UPF) en el centro de México (Figura1). Las UPF bajo estudio se encuentran en una región semiárida en la meseta central de México. El clima en la región durante el verano, es decir, junio-septiembre, es subhúmedo y templado.

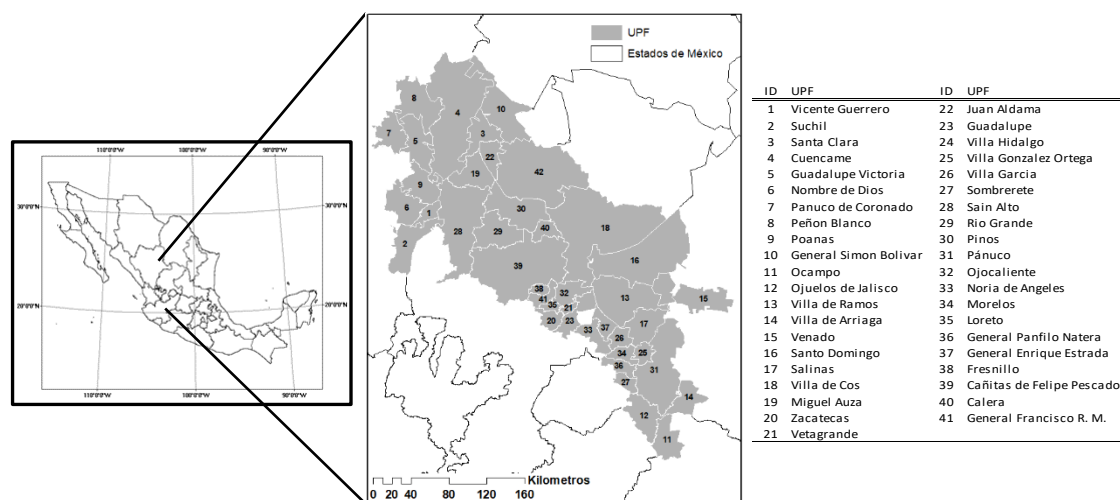


Figura 1. Unidades de Producción de Frijol (UPF) en el centro de Mexico.

En cada UPF se obtuvieron los datos de rendimiento de cada estación de crecimiento (2003-2015), junto con los registros de precipitación acumulada durante los meses de la temporada de lluvias y un mes anterior a su inicio (mayo-septiembre). La información de Pp se obtuvo de las estaciones meteorológicas automatizadas del INIFAP y de las estaciones meteorológicas convencionales del Servicio Meteorológico Nacional. Dado que la precipitación se midió en estaciones meteorológicas geográficamente referenciadas, se crearon superficies climáticas utilizando método co-Kriging, el cual se integró la altitud como una co-variable.

Los acumulados de los valores de las superficies de los IV que cubrían espacialmente todas las UPF, se recuperaron de los conjuntos de datos MODIS13Q1 EVI y NDVI de MODIS-Terra Collection 6 Land Products9 a una resolución temporal de 16 días, a resolución espacial de 250m, en el periodo de 25 Mayo-30 septiembre, y para los ciclos agrícolas (2003-2015). A su vez, se delimitaron las tierras de cultivo de temporal por parte del shapefile del INEGI para calcular lo más detalladamente posible el promedio espacial de los predictores ambientales (Pp e IV) en cada una de las UPF.

Para representar la variabilidad temporal, los datos originales de rendimiento y los datos de Pp e IV se transformaron en porcentaje con respecto a lo normal ó histórico, a manera de analizar patrones temporales de la misma magnitud, detectar cambios climáticos entre estaciones y evitar disturbios (Masselli *et al.* (2007); Bozzini y Masselli (2002)). La transformación temporal se describe en la ecuación 1 como:

$$PN_i = (V_i/VMn_{ij}) * 100 \tag{1}$$

Dónde:  $PN_i$  es el porcentaje transformado de las variables dependientes (VD) y variables independientes (VI) en cada UPF,  $V_i$  es el valor original de la UPF y  $VMn_{ij}$  es el promedio

espacial y temporal de todas las UPF. Del mismo modo, se probaron diferentes modelos que combinan todos los esquemas posibles de no-transformación y transformación logarítmica ( $\log_{10}(x)$ ) de las VD y VI, ya que en teoría corrigen en cierta medida la linealidad de los modelos.

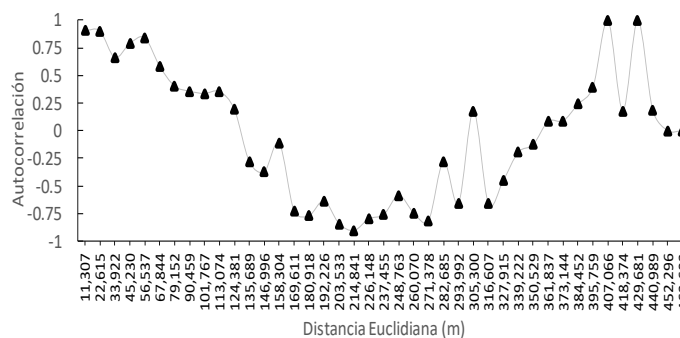


Figura 2. Correlograma que indica los lapsos de distancia (m) de auto-correlación espacial del rendimiento de frijol.

Antes de ejecutar la regresión geo-estadística, se analizó la regresión OLS de toda la serie de tiempo (TS) mediante la aplicación de la herramienta de regresión exploratoria OLS en ArcGIS para construir los mejores modelos con las variables "óptimas". Además, se incluyó un modelo de sección cruzada (Cs) (promedio temporal en cada uno de las UPF). Esta técnica exploratoria construyó la mejor bondad de ajuste de la combinación de modelos con el esquema de VD y VI no-transformados y transformados logarítmicamente. En la ecuación 2, el típico modelo OLS se describe como:

$$Y = \alpha + X\beta + \varepsilon \text{ with } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (2)$$

Dónde:  $Y$  es la VD,  $X$  la VI, los coeficientes de regresión  $\beta$  y el vector que conforma el error del modelo. El modelo supone que los términos de error  $N(0, \sigma^2 I)$  tienen una distribución normal, varianza constante (homocedasticidad) y no están auto-correlacionados.

En total, se analizaron 8 modelos (Tabla 1). Para filtrar los modelos inútiles y seleccionar la mejor bondad de ajuste y mantener los supuestos clave de la regresión OLS, se probaron las siguientes métricas en la regresión exploratoria OLS: a) coeficiente de determinación ( $r^2$ ) superior a 0.30; b) VIs significantes ( $p < 0.05$ ) y no multicolinealidad ( $VIF < 7.5$ ); c) normalidad de los errores, (Jarq-Bera (JB)  $p > 0.05$ ); d) homocedasticidad (Koenker-Breush Pagan (KBP)  $p > 0.05$ ); y e) auto-correlación espacial de los residuales mediante la prueba significativa de Moran I ( $MI < 0.05$ ). No obstante, las pruebas significantes de MI no se consideraron en este punto, ya que posteriormente son corregidos con modelos geo-espaciales.

Tabla 1. Estructura de las variables en los modelos de regresión.

Periodo	Modelos	Variable dependiente (VD)	Variabes independientes (VI)	Transformaciones $Y=VD, X=VI$	Modelo #	Dimensión del vector
May-Sep	TS	ASBY	ASPP+ASEVI+ASNDVI	$Y=X$	1	533
				$Y=LogX$	2	533
				$LogY=LogX$	3	533
				$LogY=X$	4	533
	Cs	CsBY	CsPP+CsEVI+CsNDVI	$Y=X$	5	41
				$Y=LogX$	6	41
				$LogY=LogX$	7	41
				$LogY=X$	8	41

TS: toda la serie de tiempo  
 Cs: sección transversal de datos (promedio temporal en cada UPF)  
 BY: rendimiento de frijol en  $kg\ ha^{-1}$   
 Pp: precipitación en mm  
 EVI: Índice de Vegetación Mejorado  
 NDVI: Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación

Después de seleccionar los mejores modelos OLS, las dependencias espaciales de sus residuales se analizaron utilizando la matriz óptima mediante el correlograma en el software GeoDa, la cual detecta la máxima auto-correlación espacial. Este criterio corrobora la dependencia hipotética entre unidades espaciales y la necesidad de interacciones espaciales mediante los modelos geo-estadísticos para mejorar las estimaciones.

El modelo SAR, que utilizó la matriz óptima, se basó en el hecho de que la VD está influenciada por las unidades vecinas, y el modelo SER se ve afectado por los residuos vecinos (Baller *et al.*, 2006). El modelo SAR se puede describir en la ecuación 3 como:

$$Y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \tag{3}$$

Dónde:  $\rho$  es el coeficiente espacial,  $Wy$  es la variable espacial de predicción con rezago ( $Y$ ) para la matriz de pesos  $W$ ,  $X$  es la matriz de observaciones en las VI y  $\varepsilon$  es un vector de error. Si no hay dependencia espacial y  $Y$  no depende de los valores  $Y$  adyacentes, entonces  $\rho = 0$ . Mientras tanto, la descripción del modelo SER en la ecuación 4 se describe mediante

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \xi \tag{4}$$

Dónde:  $\varepsilon$  es el vector espacialmente ponderado del error,  $\lambda$  es el coeficiente de error espacial y  $\xi$  es un vector de términos de error no correlacionados. Si no hay auto-correlación espacial entre los errores, entonces  $\lambda = 0$ .

Un proceso de selección por medio del Multiplicador de Lagrange (LM) y la prueba robusta del Multiplicador de Lagrange (RLM), decide la especificación del modelo espacial (SAR o SER) apropiada para la mejora del modelo OLS (Anselin, 2005). Finalmente se compararon las mejoras con respecto a OLS en las bondades de ajuste ( $r^2$ ), si se mantuvieron los supuestos clave de la regresión (normalidad de los errores, homocedasticidad), y si fue eliminada la auto-correlación espacial.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las regresiones exploratorias OLS de los modelos TS revelaron que Pp y EVI fueron los predictores que proporcionaron la estructura óptima (Tabla 2). No obstante, las combinaciones de VD y/o VI no-transformadas y transformadas logarítmicamente no indicaron una mejora en la bondad de ajuste. Casi todos los modelos no exhibieron normalidad en los errores, además de identificarse heterocedasticidad (JB  $p = 0.000$  y KBP  $p < 0.05$ , respectivamente). Como se esperaba, los modelos anteriores también mostraron una auto-correlación significativa de los residuales (MI  $p = 0,000$ ).

Tabla 2. Modelos de regresión exploratoria OLS.

Modelos	Transformaciones (Y=X)	VI optimas		r2	AIC	JB pvalue	KBP pvalue	Max VIF	MI pvalue
		X1	X2						
TS	Y=X	Pp	EVI	0.34	5599	0.00	0.00	1.97	0.00
	Y=LogX	Pp	EVI	0.35	5592	0.00	0.07	2.14	0.00
	LogY=LogX	Pp		0.36	239	0.00	0.00	1.00	0.00
	LogY=X	Pp		0.33	260	0.00	0.00	1.00	0.00
Cs	Y=X	Pp	EVI	0.64	384	0.60	0.79	1.21	0.00
	Y=LogX	Pp	EVI	0.63	385	0.65	0.74	1.18	0.00
	LogY=LogX	Pp	EVI	0.63	-59	0.66	0.11	1.18	0.00
	LogY=X	Pp	EVI	0.64	-61	0.61	0.16	1.21	0.00

TS: toda la serie de tiempo  
 Cs: sección transversal de datos (promedio temporal en cada UPF)  
 VI: variables independientes  
 X1 y X2: variables independientes  
 AIC: criterio Akaike  
 JB: prueba normalidad error Jarq-Bera

KBP: prueba varianza error (homocedasticidad) Koenker-Breush Pagan  
 VIF: prueba multicolinearidad  
 MI: prueba auto-correlación espacial Moran I  
 Pp: precipitación en mm  
 EVI: Índice de Vegetación Mejorada  
 NDVI: Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación

Los modelos TS explicaron en pequeña medida la variabilidad del rendimiento de frijol con  $r^2$  entre 0.33 y 0.37. El mejor ajuste fue con la VI de Pp ( $r^2 = 0.36$  y  $AIC = 236$ ), que utilizó el esquema de transformación logarítmica ( $LogY = LogX$ ). Sin embargo, los resultados de este modelo TS en particular no fueron los esperados para capturar la variación temporal de los rendimientos estacionales de frijol en las UPF, a diferencia de los estudios previos de Zhang *et al.* (2005) y Masselli *et al.* (2007).

A diferencia de los modelos TS, los modelos de sección transversal Cs con los diferentes esquemas de no-transformación y transformación logarítmica de VD y VI mostraron resultados aceptables ( $0,63 > r^2 > 0,67$ ), acorde a la mejor bondad de ajuste de los coeficientes de determinaciones y menores valores de AIC. También se mantuvieron significativas las VI (Pp + EVI), así como los errores se distribuyeron casi normalmente en la mayoría de los modelos, aunque los modelos con transformaciones  $LogY = LogX$  y  $LogY = X$  presentaron una pequeña varianza del error (heterocedasticidad).

Estos modelos OLS con Cs presentaron una fuerte auto-correlación de residuales ( $p = 0.00$ ) debido a sus valores significativos de MI que determinaron la necesidad de corrección espacial. Similar a Hoyos *et al.* (2002), la bondad de ajuste y las variables optimas fueron relevantes, pero no se eliminó la auto-correlación espacial. Sin embargo, estos modelos se



mantuvieron porque su dependencia espacial a menudo se ve mejorada por los modelos espaciales.

Para continuar con las regresiones espaciales, los modelos de referencia (OLS Cs) fueron los candidatos para realizar los modelos de regresión espacial. El análisis de auto-correlación en GeoDa permitió calcular la distancia Euclidiana de 56,537m, donde todos los centroides de las UPF tuvieron al menos un vecino, y mediante los correlogramas se determinó la auto-correlación máxima de la VD a esta misma distancia.

La selección de la especificación espacial de los modelos de referencia de OLS no fue dada directamente por la significancia del LM y RLM, ya que fueron significativos ( $p < 0.05$ ) en ambas pruebas de retardo de la VD y del error, si no por medio de los valores más significantes de RLM del modelo SER, y así, dar a conocer que esta es la especificación espacial apropiada para los modelos OLS de referencia (Tabla 3a).

La especificación SER en los modelos OLS Cs superó los resultados OLS típicos calculados previamente (Tabla 2), como lo demuestra el  $r^2$  entre 0.77 y 0.81 y valores AIC más pequeños (Tabla 3b). Estos últimos resultados sugirieron la introducción de una variable de retardo residual como explicativa, debido a posibles variables omitidas (Florax *et al.*, 2002). En comparación con el modelo OLS de predicción de frijol de Amador *et al.* (2007), se obtuvieron mejores resultados y resultados similares a Medina *et al.*, 2010 (los cuales explicaban la variabilidad de 66% a 88%), aunque los modelos anteriores solo tomaban un periodo de tres años y no tomaban los supuestos clave de la regresión OLS.

Tabla 3. a) Multiplicadores Lagrange (LM y RLM) que identifica la especificación espacial SER como la recomendada y b) los resultados del modelo SER.

a)											
Modelos	Transformaciones (Y=X)	VI		LM	(SAR)	Robust LM	Robust LM	LM (SER)	Robust LM	Robust LM	
		X1	X2	(SAR)	pvalue	(SAR)	(SAR) pvalue	LM (SER)	pvalue	(SER)	(SER) pvalue
Cs	Y=X	Pp	EVI	9.310	0.002	0.472	0.492	11.054	0.001	2.216	0.137
	Y=logX	Pp	EVI	9.096	0.003	0.215	0.643	11.780	0.001	2.899	0.089
	logY=logX	Pp	EVI	12.137	0.000	0.280	0.597	15.969	0.000	4.111	0.043
	logY=X	Pp	EVI	12.336	0.000	0.526	0.468	15.193	0.000	3.384	0.066

b)															
Modelos	Transformaciones (Y=X)	VI		Coeficientes											
		X1	X2	r2	AIC	KBP pvalue	Const	X1	X2	Lamb	Const pvalue	X1 pvalue	X2 pvalue	Lamb pvalue	MI pvalue
Cs	Y=X	Pp	EVI	0.77	368	0.19	-52.993	2.531	-0.984	0.646	0.37	0.00	0.04	0.00	0.36
	Y=logX	Pp	EVI	0.76	370	0.16	-583.691	555.324	-211.994	0.651	0.03	0.00	0.06	0.00	0.38
	logY=logX	Pp	EVI	0.81	-80	0.86	-0.583	2.236	-0.953	0.735	0.62	0.00	0.04	0.00	0.22
	* logY=X	Pp	EVI	0.81	-81	0.92	1.389	0.010	-0.004	0.731	0.00	0.00	0.03	0.00	0.20

\* Mejor modelo  
 Cs: sección transversal de datos (promedio temporal en cada UPF)  
 VI: Variables independientes  
 X1 y X2: variables independientes  
 AIC: criterio Akaike  
 JB: prueba normalidad error Jarq-Bera  
 KBP: prueba varianza error (homocedasticidad) Koenker-Breush Pagan  
 VIF: prueba multicolinealidad  
 MI: prueba auto-correlacion espacial Moran I  
 Lamb: significancia del componente espacial  
 Const: constante

En general, hubo una ligera mejora en la aplicación de transformaciones logarítmicas ya que pueden rectificar la varianza en modelos lineales (Benoit, 2011). Por ejemplo, el modelo  $Y = X$  denota el  $r^2$  más alto (0.81) y el AIC más pequeño (-81). Con respecto a los coeficientes  $\beta$ ,

se mantuvieron significativos como en los modelos de referencia (OLS Cs), a excepción de la variable explicativa EVI que cambió de un valor significativo a un valor no significativo en el modelo  $Y = \text{Log}X$ .

En todos los modelos, Lambda ( $\lambda$ ) confirmó que el procedimiento de retardo del error aumentó el rendimiento en comparación a los modelos OLS sin el componente espacial ( $p < 0.00$ ). Las pruebas de heterocedasticidad indicaron que la varianza del error permaneció relativamente constante ( $0.16 < p < 0.92$ ), y la auto-correlación de los residuales fue eliminada (MI  $p > 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Este enfoque de modelado geo-espacial logró un alcance metodológico práctico y aceptable para estimar los rendimientos de los cultivos de frijol de temporal en el centro de México con al menos tres meses de anticipación, ya que utiliza datos fácilmente disponibles, por lo que podría aplicarse operacionalmente sin gran inversión humana y monetaria.

Sin embargo, cabe destacar que hay varias fuentes de incertidumbre en el enfoque del modelado que incluyen: (i) datos confiables de rendimiento de frijol, es decir, cuantificar las inexactitudes debidas a errores humanos en la recopilación de datos de la VD (rendimientos). (ii) La falta de información temporal en los modelos, es decir, solo estamos usando datos de sección transversal (Cs), los cuales pueden tener un efecto importante en la predicción de los rendimientos de frijol durante sequías excepcionales o temporadas muy húmedas. Por lo tanto, la variabilidad temporal se debe probar más a fondo a fin de mejorar las habilidades del modelo.

Para continuar como una herramienta operativa efectiva, la accesibilidad y el procesamiento de los datos meteorológicos y de Sensores Remotos, deben estar al alcance. Cualquier retraso en la disponibilidad de datos afectará la efectividad de este enfoque como pronóstico y, por lo tanto, su uso en la toma de decisiones inmediata. Los trabajos futuros deben tener como objetivo actualizar este procedimiento de modelado a medida que se recuperan más datos. Esto advertirá sobre posibles perturbaciones ambientales futuras que pueden advertir la disminución de los rendimientos de frijol en el área ya de por sí marginada. Del mismo modo, este procedimiento abre el camino a futuros estudios para analizar otros cultivos importantes en la región, es decir, el maíz y la avena.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amador-Ramírez, M. D., Acosta-Díaz, E., Medina-García, G., Gutiérrez-Luna, R. (2007) An empirical model to predict yield of rainfed dry bean with multi-year data. *Rev. Fitotec. Mex.* 3, 311-319.
- Anselin, L., 2018. GeoDa. An Introduction to Spatial Data Analysis. Distance-Band Spatial Weights. [https://geodacenter.github.io/workbook/4b\\_dist\\_weights/lab4b.html#fn4](https://geodacenter.github.io/workbook/4b_dist_weights/lab4b.html#fn4) (consultado 13 April 2019).

- Ávila-Flores, D. Y., Pompa-García, M., Vargas-Pérez, E., 2010. Spatial analysis of fire occurrence in the Durango State. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales* 16(2), 253–260.
- Baller, R., Anselin, L., Messner, S., Deane, G., Hawkins, D., 2006. Structural covariates of US County homicide rates: incorporating spatial effects. *Criminology* 39 (3), 561-588. <https://doi.org/10.1111/j.1745-9125.2001.tb00933.x>.
- Baron, K., Aldstadt, J., 2003. An ArcGIS Application of Spatial Statistics to Precipitation Modeling. *Proc. ESRI Inter. User Conf.* <https://pdfs.semanticscholar.org/da0f/d43bc3fc88c726ce5c42db7ac2e5b91151dc.pdf> (consultado 25 Marzo 2019).
- Benoit K., 2011. London School of Economics, London, England. *Linear Regression Models with Logarithmic Transformations.* <https://pdfs.semanticscholar.org/169c/c9bbbd77cb7cec23481f6ecb2ce071e4e94e.pdf> (consultado 11 Marzo 2019).
- Bozzini, C., Masselli, F., 2002. Analysis of Multitemporal NDVI Data for Crop Yield Forecasting in the Sahel. *Geocarto Int.* 7(1), 53-57. <https://doi.org/10.1080/10106040208542225>.
- Brunsdon, C., Fotheringham, S., Charlton, M., 1996. Geographically Weighted Regression: a Method for Exploring Spatial Nonstationarity. *Geographical Anal.* 28, 281–298. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x>.
- Florax, R. J. G. M., Voortman, R. L., Brouwer, J., 2002. Spatial dimensions of precision agriculture: a spatial econometric analysis of millet yield on Sahelian coversands. *Agric. Econ.* 27, 425-443. doi: 10.1016/S0169-5150(02)00068-3.
- Fotheringham, S., Brunsdon, C., & Charlton, M., 2002. *Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, UK.
- Hoyos, N., Escobar, J., Restrepo, J.C., Arango, A.M., Ortiz, J.C., 2013. Impact of the 2010-2011 La Niña phenomenon in Colombia, South America: The human toll of an extreme weather event. *Appl. Geogr.* 39, 16-25.
- Luna-Vázquez, J., 2005. El cultivo de frijol de riego a doble hilera en el Altiplano Potosino. INIFAP-CIRNE, Campo Experimental San Luis, Mexico. Folleto para productores Num. 40. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/768/112.pdf?sequence=1> (consultado 26 November 2018).
- Masselli, F., Conese, C., Petkov, L., Gilabert, M. A., 2007. Environmental monitoring and crop forecasting in the Sahel through the use of NOAA NDVI data. A case study: Niger 1986–89. *Int. J. of Remote Sens.* 14 (18), 3471-3487. <https://doi.org/10.1080/01431169308904458>.
- Medina-García, G., Baéz-Gonzalez, A. D., López-Hernández, J., Ruiz-Corral, J. A., Tinoco-Alfaro, C. A., Kiniry, J. R., 2010. Large-area dry bean yield prediction modeling in Mexico. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 1(3), 413-426.
- Min, M., Yau, L., Hu, T., Xu, T., 2014. Changes of Geographical Distribution of Crop Yield in China. *J. of Sel. Top. in Appl. Earth Obs. and Remote Sens.* 7 (11), 4453-4460. doi: 10.1109/Argo-Geoinformatics.2013.6621946.
- Rosales-Serna, R., Ochoa-Márquez, R., Acosta-Gallegos, J., 2001. Phenology and yield of dry bean in the Mexican highlands and its response to photoperiod. *Agrociencia* 35, 513-523.
- Tobler, W., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Econ. Geogr.* 46, 234-240.
- Ward, M., D., Gleditsch, K., S., 2008. *Spatial Regression Models*, second ed., SAGE Publications, USA.
- Zhang, P., Anderson, B., Barlow, M., Tan, B., Myneni, R.B., 2010. Application of a satellite-based climate-variability impact index for crop yield forecasting in drought stricken regions. *African J. of Plant Sci.* 4(4), 82-94.

## USO DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN PARA IDENTIFICAR AREAS DE CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL

Miguel Angel González González<sup>1</sup>  
Mario Primitivo Narváez Mendoza<sup>1</sup>  
Luis Antonio González Jasso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)  
Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de  
Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: [gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Sensores Remotos (SR) han provisto mediciones de sistemas biofísicos a escala regional y global. Los datos satelitales han servido de base para estimar el desarrollo de la vegetación (Nelson *et al.*, 2009; Tomppo *et al.*, 2008) y la cubierta dinámica de cultivos en varias regiones del mundo, y se ha convertido en una fuente importante de información de bajo costo en el marco de planificación en muchas disciplinas técnicas y científicas (Gonzalez-Gonzalez, 2018). Su uso ayuda a reducir el trabajo de campo y transformar los datos de las mediciones en mapas para ser utilizados en la toma de decisiones (Barret *et al.*, 2010), por ejemplo, monitoreo de sequía, hábitat y evaluación e inventarios de cultivos, solo por mencionar algunos ejemplos. En el centro de México, debido a la importancia de los inventarios del cultivo de frijol de temporal (Zahniser *et al.*, 2010), la anticipación de su déficit cobra una gran relevancia en la soberanía alimentaria ya que los inventarios totales de superficie se tienen tres o cuatro meses de después de la cosecha (SIAP, 2018), aunado a las condiciones adversas que presenta la región semiárida (INEGI, 2013).

En SR, el tipo de cultivo se puede determinar analizando la firma espectral en el terreno por medio de las diferentes partes del campo electromagnético, tal y como las longitudes de onda roja e infrarroja cercana (Jensen, 2006). Por medio de las variaciones en las respuestas en las partes roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético se calcula una relación de valores del espectro con la cantidad de superficie fotosintéticamente activa. La idea es conocer el grado de asociación entre los datos espectrales en tierra y las imágenes detectadas a distancia, Esta relación puede ser comprobada con la construcción de firmas espectrales, estimación de clases y análisis de matrices (Jensen, 2006, Bioucas-Dias *et al.*, 2013).

Esto último ha permitido el uso de numerosos índices de vegetación (IV), por ejemplo, el Índice de vegetación mejorado (EVI), Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (Jensen, 2006; Verstraete y Pinty, 1996). Estos índices generalmente se basan en la separación espectral de la reflectividad entre la vegetación y el suelo (Tucker, 1979), en el que el primer efecto se retiene y se remueve el segundo (Paz-Pellat *et al.*, 2005). Otros índices

menos comunes que pueden ser útiles incluyen la relación del Índice de Vegetación Ratio (RVI), el Índice Verde (GI), y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI).

Entonces, para determinar la extensión de las tierras de cultivo se realiza un constaste contrasta la reluctancia del sitio de cultivo y se implanta una serie de funciones matemáticas en las imágenes. Por ejemplo, se han utilizado una variedad de métodos estadísticos, es decir, paramétricos y no paramétricos tales como algoritmos de máxima verosimilitud y árbol de decisiones (Jensen, 2006; Prasad *et al.*, 2006). A nivel regional, en México se han realizado varios estudios que estiman las tierras de cultivo utilizando algunos de estos métodos. Por ejemplo, Flores-Garnica *et al.* (2008) identificó más de la mitad del cultivo de agave en Jalisco, aplicando un método de árbol de clasificación, al usar parcelas de campo e Imágenes Landsat7. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el gobierno mexicano realizaron un estudio de semillas de amapola en 2016 para identificar tierras de cultivo ilícitas, al vincular imágenes de muy alta resolución de diferentes sensores (fotografía aérea y World View 3D) y trayectorias temporales de sus perfiles de NDVI. Flores-López y Scott (2000) implementaron un NDVI para el sensor Landsat5 TM con el método de supervisión con el clasificador de máxima verosimilitud que delimitó las tierras de cultivo de frijoles en Guanajuato; sin embargo, encontraron un bajo nivel de precisión en dos ciclos de crecimiento (1998-1999). Soria-Ruiz *et al.* (2004) identificaron de forma razonable el cultivo de maíz y, a su vez, Soria-Ruiz y Fernández-Ordoñez (2017) clasificaron la mayoría del maíz y frijoles en Guerrero usando Imágenes SPOT5 por medio de un método de clasificación supervisado.

No obstante, existe la brecha donde las estadísticas e inventarios oficiales de producción de cultivos están disponibles o son publicado meses después de la cosecha, debido al tiempo de levantamiento de información de campo, además de la incertidumbre que pueda llevar el error humano en la toma de datos. Por tal razón, en este estudio, se proponen los índices de vegetación NDVI y EVI para identificar tierras de cultivo debido a su disponibilidad, y a la facilidad en su manejo para discernir cambios significativos en la extensión del cultivo de frijol de temporal en la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dado que cada cultivo muestra una respuesta de señal única, y a menudo representa pequeñas diferencias en sus fases de crecimiento; el uso de datos de SR es un desafío en la identificación de cultivos (Rajesh *et al.*, 2013).

En principio, se seleccionaron 41 municipios como Unidades de Producción de Frijol (UPF) en el centro de México (Figura 1). Las UPF bajo estudio se encuentran en una región semiárida en la meseta central de México. El clima en la región durante el temporal de verano, es decir, junio-septiembre, es subhúmedo y templado

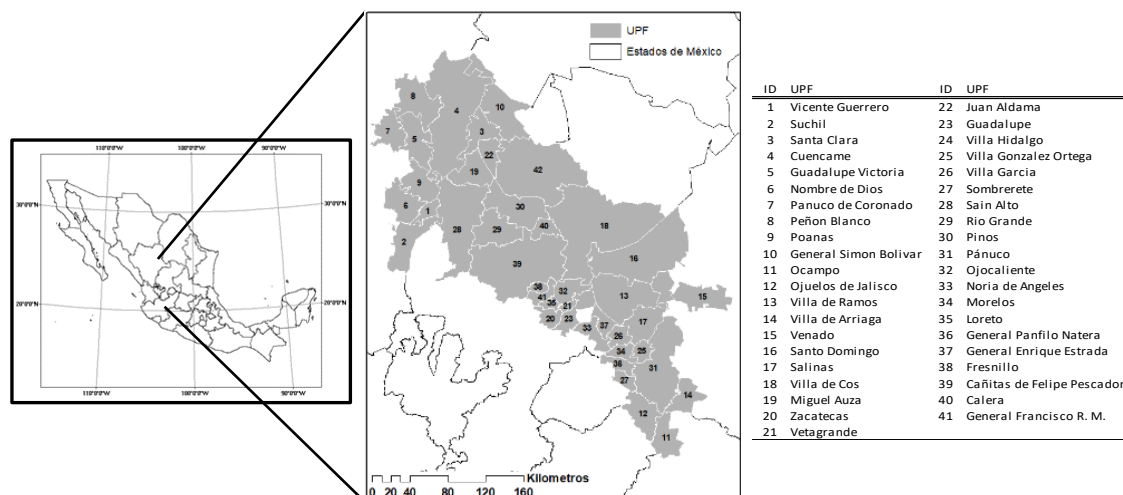


Figura 1. Unidades de Producción de Frijol (UPF) en el centro de Mexico.

Se utilizó una delimitación de tierras de cultivo de temporal del mapa nacional de Uso de Suelo y Vegetación (USyV) para proporcionar una extensión de referencia y posterior cálculo de la extensión real de las tierras de cultivo de frijol. Lo anterior permitió seleccionar en ambiente SIG (Sistemas de Información Geográfica) las tierras de cultivo de temporal, que incluyeron todo tipo de cultivos en las UPF.

Para extraer las áreas estimadas del cultivo de frijol de temporal, se obtuvieron las superficies de los IV (imágenes que cubrían las UPF) del conjunto de datos MODIS13Q1 MODIS-Terra Collection 6 Land Products9 a resolución temporal de 16 días y a resolución espacial de 250m. El periodo comprendía del 25 Mayo al 1 Noviembre (11 imágenes X 2 índices de vegetación (NDVI y EVI)), y para cada uno de los ciclos agrícolas (2003-2015). Las imágenes fueron georeferenciadas al Sistema de Coordenadas ITRF92 con el datum del Marco de Referencia Terrestre Internacional 1992 y proyectadas en la Cónica Conforme de Lambert de América del Norte.

En ESRI-ArcGIS, a través de la herramienta *Raster Calculator*, fue establecido un umbral mínimo de NDVI (> 0.2) para discernir entre suelo y vegetación (Granados-Ramírez *et al.*, 2004) en cada imagen de 16 días de los IV. Enseguida, a partir de la trayectoria del perfil de NDVI del frijol de temporal de una típica estación de crecimiento (Tasumi *et al.* (2005); García-Torres *et al.* (2015)) se definió la proporción de senescencia del cultivo en cuestión 32 días después del pico de la vegetación (proporciones entre 0.7 y 0.6). En general, los cultivos secundarios en la región no presentaron una proporción de senescencia tan pronunciada (valores >0.7). Es por ello que la proporción de senescencia NDVI para frijol se puede usar como Indicadores de diferenciación de cultivos. Sin embargo, debido a la falta de literatura en los perfiles de EVI en frijol, se hizo el supuesto que era similares a los de NDVI.

Por lo tanto, en este estudio, se creó un algoritmo en *Model Builder* en ESRI-ArcGIS que cálculo la proporción de senescencia en cada uno de los píxeles en cada ciclo (2003-2015) para ambos índices de vegetación (NDVI y EVI). Es decir, en cada ciclo se aplicó la ecuación (1) que identificó el valor del píxel con el pico de vegetación ( $IV_{pico}$ ) y su valor de píxel 32 días después ( $IV_{pico+32días}$ ):

$$\text{Proporción de Senescencia}_{estacional} = \frac{IV_{pico+32días}}{IV_{pico}} \quad (1)$$

Se calcularon las áreas con las proporciones 0.70,0.69,0.68...0.60 en cada píxel para determinar la proporción óptima que identifica al cultivo de frijol de temporal. Para ello, en cada proporción se calcularon las áreas en *ha* por medio de las herramientas en ESRI-ArcGIS *Ráster a Polígono y Calcular Geometría*.

En todas las estaciones de crecimiento, se evaluaron las proporciones entre 0.70 a 0.60 de las *ha* estimadas y las *ha* observadas. A través del porcentaje absoluto de certeza media (PACM) en todas las estaciones de crecimiento se determinó la proporción adecuada para la identificación de frijol de temporal (valores de PACM más altos representaban una mayor certeza y viceversa), y con el Porcentaje del Error Medio PEM si existe una subestimación o sobreestimación de dichas áreas (valores positivos de PEM representaron una subestimación de áreas y valores negativos una sobreestimación). Estos métricos de error se describen en las ecuaciones 2 y 3:

$$PACM = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n \left( \frac{\hat{y}_s}{y_s} * 100 \right) \quad (2) \quad PEM = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n \left( \frac{\hat{y}_s - y_s}{y_s} * 100 \right) \quad (3)$$

$$\text{si } \left( \frac{\hat{y}_s}{y_s} \right) > 1 \therefore \left( \frac{\hat{y}_s}{y_s} \right) - 1$$

$$\text{si } \left( \frac{\hat{y}_s}{y_s} \right) > 2 \therefore \left( \frac{\hat{y}_s}{y_s} \right) = 0$$

Dónde:  $y_s$  es el valor real de las tierras de cultivo de la estación en cuestión (censo de cultivos),  $\hat{y}_s$  es el valor estimado de las tierras de cultivo en dicha estación y  $n$  el número de estaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El censo oficial reporta 841,769.5 *ha* como el promedio de hectáreas de frijol de temporal en el periodo de estudio (2003-2015). Lo que representa solo la mitad (46%) del área de temporal calculada a partir del shapefile USyV. Por lo que, en principio, esta sobreestimación (que incluye todo tipo de cultivo) favorece la captura de una amplia gama de cambios estacionales en la extensión de las tierras del cultivo de frijol de temporal con el método propuesto.

En la Figura 2, las fechas de los picos de los píxeles en la región fueron los siguientes: 14 septiembre (8 de 13 ciclos), seguido del 29 agosto (3 de 13 ciclos), y el 30 septiembre (2 de 13 ciclos) para ambos índices NDVI y EVI; solo los ciclos 2007 y 2009 ocurren en diferentes

fechas, es decir, 29 agosto y 14 septiembre para EVI y 14 septiembre y 29 agosto para NDVI, respectivamente.

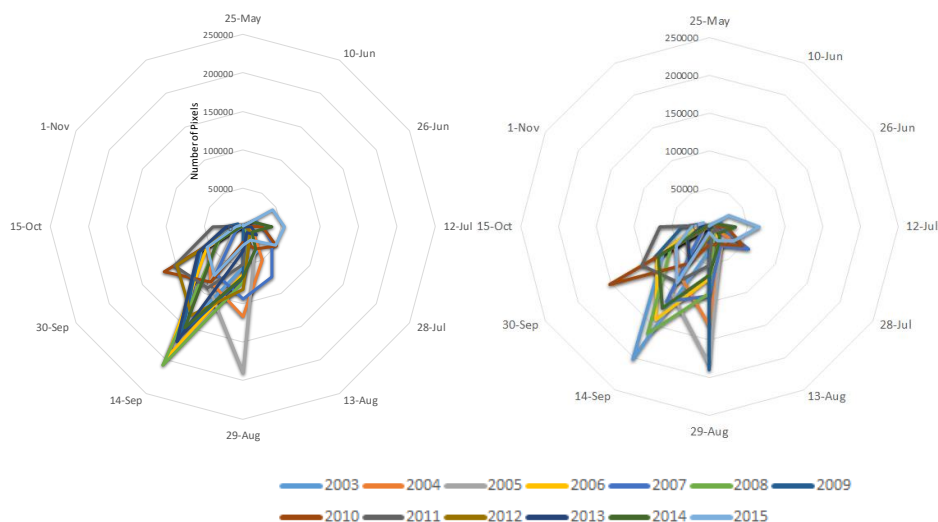


Figura 2. Fechas del pico de la vegetación a) NDVI y b) EVI, dentro de las tierras de cultivo de temporal en las Unidades de producción de frijol (UPF) en el periodo 2003-2015.

Acorde a las proporciones de senescencia (Tabla 1), la mejor proporción corresponde a 0.61 utilizando el índice de vegetación EVI (PACM = 83%), el cual delimitó con gran certeza el cultivo de frijol de temporal; a diferencia de lo aplicado por Flores-López y Scott (2000), en donde únicamente se limitó a calcular con certeza las áreas cultivables; y similar a lo obtenido Soria-Ruiz y Fernández-Ordoñez (2017), con certezas arriba de un 80%, aunque en este último estudio no se diferenció entre el maíz y el frijol.

Tabla 1. Validación de las diferentes proporciones de senescencia por medio del Porcentaje Absoluto de Certeza Media (PACM) y Porcentaje del Error Medio (PEM) durante los ciclos agrícolas (2003-2015).

METRICO	INDICE	PROPORCION SENESCENCIA										
		0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60
PACM	NDVI	68	69	69	69	66	62	59	56	53	49	45
	EVI	39	45	52	59	64	69	74	79	82	83	81
PEM	NDVI	6	-1	-8	-15	-22	-29	-34	-40	-45	-51	-55
	EVI	66	58	50	42	33	25	18	11	3	-4	-11

### CONCLUSIONES

Las proporciones de senescencia resultaron ser un buen identificador de las tierras de cultivo de frijol de temporal a pesar de su simplicidad. También se demuestra que ligeros cambios en



la proporción de senescencia resulta en cambios importantes en el cálculo de las extensiones del cultivo del frijol de temporal. Al igual, las estimaciones del área del cultivo pueden verse afectadas por heladas recurrentes a lo largo de las fechas de las imágenes; estos eventos de heladas pudieran resultar en una sobreestimación del área de cultivo. Además, existe la incertidumbre de los datos en campo de los rendimientos oficiales, por lo que deben de manejarse con precaución (tener otra fuente para validarlos). Así como la confiabilidad de píxeles en los IV, debido a días nublados o alteraciones que pudieran tener las imágenes. Para ser una herramienta operativa efectiva, las imágenes deben estar disponibles. Cualquier retraso en la disponibilidad de datos afectará la efectividad (tiempo de respuesta) como estimador de extensión del cultivo de frijol de temporal y, por lo tanto, su uso en la toma de decisiones. Debido a los buenos resultados obtenidos con este clasificador, futuros trabajos en *Machinne Learning*, por ejemplo, Maquinas de Soporte Vectorial (MSV)), auguran mejores resultados. Otro trabajo será obtener puntos definidos en campo para validar a fondo este método, el cual no se realizó en este estudio, ya que las estimaciones se validaron únicamente con los datos del censo de las estadísticas oficiales. Las imágenes de mayor resolución, como Landsat o IKONOS, pueden ser más apropiadas ya que la resolución de los IV MODIS solo puede detectar áreas de cultivo mayores a 5ha. Aunque el tiempo de procesamiento debe tomarse en cuenta para productos diferentes al MODIS 13Q1, debido a que este producto ofrece confiabilidad en las imágenes y relativa prontitud en la obtención de las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrett, R., Crowther, P., Laurence, R., Lincolne, R., 2010. Agricultural Crop Identification using SPOT and LANDSAT images in Tasmania. *Int. Arch of Photogrammetry and Remote Sensing* 33:133-39.
- Bioucas-Dias, J. M., Plaza, A., Camps-Valls, G., Scheunders, P., Nasrabadi, N. M., Chanussot, J., 2013. Hyperspectral Remote Sensing Data Analysis and Future Challenges. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 1: 6–36. doi: 10.1109/MGRS.2013.2244672.
- Flores-Garnica, J. G., Reich, R., Zúñiga, E.T., & Bravo, C.A., 2008. Using Remote Sensing to Support Different Approaches to Identify Agave (Agave Tequilana Weber) Crops. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37 (2): 941-944. doi: 10.3390/s17061411.
- Flores-López, F. J., Scott, C. A., 2000. Superficie agrícola estimada mediante análisis de imágenes de satélite en Guanajuato, México. IWMI, Serie Latinoamericana: No. 15, 60p. <http://dx.doi.org/10.3910/2009.406> .
- Gonzalez-González, M.A., 2018. Spatial modeling of rainfed bean production in the semiarid Central Mexico: climate surface and vegetation Remote Sensing determinants (Tesis de Doctorado). Universidad de Arizona, Tucson, EU.
- Granados-Ramírez, R., Reyna-Trujillo, T., Gómez-Rodríguez, G., Soria-Ruiz, J., 2004. Analysis of NOAA-AVHRR-NDVI images for crops monitoring. *International Journal of Remote Sensing* 25(9): 1615-1627. <https://doi.org/10.1080/0143116031000156855>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2013. El Cultivo de Frijol en Zacatecas, Censo Agropecuario 2007 54 p. ISBN 978-607-494-516-4.
- Jensen, J.R., 2006. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd Edition), Pearson Education Inc., Hoboken, NJ.

- Nelson, R., Ranson, K. J., Sun, G., Kimes, D. S., Kharuk, V., Montesano, P., 2009. Estimating Siberian timber volume using MODIS and ICESat/GLAS. *Remote Sensing of Environment* 113:691–701. doi: 10.1016/j.rse.2008.11.010.
- Paz- Pellat, F., Palacios-Vélez, E., Mejía-Saenz, E., Martínez-Menes, M., Palacios-Sánchez, L., A., 2005. Análisis de los espacios espectrales de la reflectividad del follaje de los cultivos. *Agrociencia* 39(3): 293-301.
- Prasad, A. K., Chai, L., Singh, R. P., Kafatos, M., 2006. Crop yield estimation model for Iowa using Remote sensing and surface parameters. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8:26-33. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.06.002>.
- Rajesh, K D., Rajendra, YD., Kale, K.V., Mehrotra, S.C., 2013. Classification of crops from remotely sensed Images: An Overview. *International Journal of Engineering Research and Applications* 3(3): 758-761. doi: 10.23953/cloud.ijarsg.130.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre del reporte agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (22 febrero 2018)
- Soria-Ruiz, J., Fernández-Ordoñez, Y., 2017. Crop discrimination using Remote Sensing data in a region of high marginalization. *Latin America Activities in Remote Sensing II*, Conference Paper, Fort Worth, Texas 3031-3034.
- Soria-Ruiz, J., Fernández-Ordóñez, Y., Granados-Ramírez, R., 2004. Methodology for prediction of corn yield using Remote Sensing satellite data in Central México. *Investigaciones Geográficas, UNAM, Boletín del Instituto de Geografía* 55:61-78|ISSN 0188-461.
- Tasumi, M., Allen, R. G., Trezza, R., Wright, J. L., 2005. Satellite-based energy balance to assess within-population variance of crop coefficient curves. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 1(131):94-109. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2005\)131:1\(94\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2005)131:1(94)).
- Tomppo, E., Olsson, H., Stahl, G., Nilsson, M., Hagner, O., Katila, M., 2008. Combining national forest inventory field plots and Remote Sensing data for forest databases. *Remote Sensing of Environment* 112:1982–1999. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.03.032>.
- Tucker, J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8(2): 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- UNODC, Gobierno de México, 2016. Monitoreo del cultivo de amapola 2014-2015. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, Oficina de Enlace y Partenariado en México, 103p.
- Verstraete, M. M., Pinty, B., 1996. Designing optimal spectral indices for Remote Sensing applications. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 34: 1254-1265. doi: 10.1109/36.536541.
- Zahniser, S., Vera-Torres, M., Cuéllar-Álvarez, J. A., López-López, N. F., Bhatta, R., 2010. The U.S. and Mexican Dry Bean Sectors. USDA, VGS-341-01, 41p.

## PRONÓSTICO LOCAL DE HELADAS POR MEDIO DE LA MINERÍA DE DATOS

Luis. A. González Jasso\*, Noé Chávez Sánchez\*\*, Miguel A. González González\*, Mario P. Narváez Mendoza\*

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

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

### INTRODUCCION

Una helada es definida por la condición que existe cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de los cero grados centígrados. Las heladas pueden ser del tipo advectiva o por radiación una combinación de ambas (Verdes *et al.*, 2000). Una helada advectiva es aquella que se asocia con el paso de un frente frío, mientras que una helada por radiación es aquella en la que se enfrían las capas bajas de la atmósfera y existe un viento en calma que no permite que se mezcle con las capas superiores que son más cálidas. Cualquier tipo de helada que se trate puede representar graves consecuencias en la agricultura. La afectación que un cultivo tiene por causa de una helada depende de su etapa de desarrollo, siendo más afectados durante la floración y el llenado del fruto varios cultivos (Moller *et al.*, 2016). Solamente en el estado de Sonora, se perdieron más de 12 mil hectáreas de cultivos como maíz, papa, chile, frijol, entre otros, además de 19 mil hectáreas que quedaron parcialmente dañadas, con un total de 984 mdp en pérdidas (Notimex, 2019). Mediante la automatización de la recolección de información climática por medio de EMAs (Estación meteorológica automatizada), se pueden generar modelos que permitan predecir una helada con horas o días de antelación. Los datos de temperatura arrojados por las EMAs suelen no ser de mucha utilidad por sí solos (Mitra *et al.* 2002). Con el desarrollo de las tecnologías de información y de las tecnologías inteligentes, las habilidades de una máquina para lograr una mejor identificación también han mejorado (Wang, Qiu, Li, 2010). Mediante el uso de estas herramientas de minería de datos se espera lograr una identificación exitosa de posibles heladas en un corto lapso de tiempo, haciendo uso de las EMAs administradas por La Fundación Produce Chihuahua.

### MATERIALES Y METODOS

En la elaboración de este trabajo se utilizaron los datos de temperatura, radiación global y dirección y velocidad del viento de 6 EMAs ubicadas en el estado de Chihuahua. La Figura 1 y la Tabla 1 muestra la ubicación de las estaciones seleccionadas.

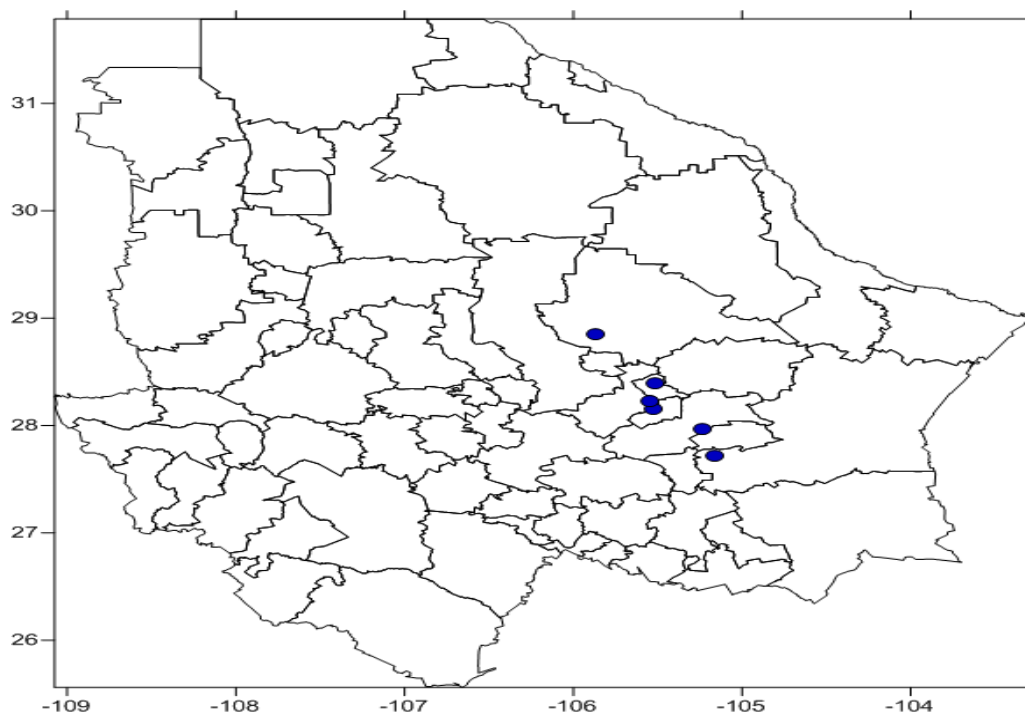


Figura 1. Ubicación de las 6 EMAs utilizadas en el estudio. Todas son heterogéneas y con más de 95% de los datos presentes.

Las estaciones seleccionadas se obtuvieron realizando un proceso de verificación de homogeneidad para evitar que tuvieran datos parecidos entre ellas y que por esta razón se obtuviera un sobre entrenamiento del modelo. Para establecer las características del modelo se usaron las variables de temperatura, radiación global, y dirección y velocidad del viento. Los datos de temperatura fueron promediados por hora durante 24 horas, empezando desde las 6 p.m. hasta las 6 p.m. del día siguiente. Para los datos de radiación, se tomó una lectura cada dos horas desde las 12 p.m. hasta las 4 p.m., con el objetivo de caracterizar la nubosidad presente en las horas pico de luz. La dirección y velocidad del viento fueron obtenidas del promedio diario (comprendido de las 6 p.m. a 6 p.m.). Los meses seleccionados para buscar posibles heladas fueron en octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo de los años del 2013 al 2019. Para el caso de la fecha, la única característica que se tomó en cuenta fue el mes de los datos, ya que ni el año ni el día son tan representativos en la información que se generó. Aun y cuando se puede dejar una sola columna para el mes como una característica, se decidió poner 6 columnas para cada mes. Para cada mes su valor será de 0 o 1, siendo el 1 para el mes que corresponda para cada columna, como se muestra en la Tabla 2. La razón de hacer esta separación es para evitar que un mes sobresalga que otro por su posición, ya que cardinalmente, diciembre (mes 12) no es más grande que enero (mes

1). Al dejar en un solo vector los valores del mes ocasionará que las operaciones entre vectores se vean afectadas por el valor de la posición de cada mes en cuestión. Se realizó la verificación de todos los vectores para corroborar que fueran linealmente independientes entre sí.

Para considerar una helada, debe de existir una temperatura inferior a los 2 °C en las siguientes 13 horas de los datos tomados como características, es decir, entre las 6 p.m. y las 7 a.m. siguientes a cada dato de característica. En caso contrario se tomó como la no existencia de una helada agrícola.

Tabla 1. Nombre y ubicación de las estaciones seleccionadas.

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud
Puerto Del Toro	27.96349	-105.23531	1201
El Indio	28.15576	-105.52941	1176
Loma Linda	28.22869	-105.542	1169
INIFAP Cárdenas	28.39754	-105.51385	1187
San Miguel	27.716575	105.159766	1230
INIFAP Aldama	28.853343	105.867683	1252

Tabla 2. Características seleccionadas para alimentar el modelo de árboles de decisión J48.

Oct	Nov	...	Mar	h0	...	h23	R12	R14	R16	VV	DV	Clasificación
1	0	...	0	27.13	...	30.95	888.4	827.98	509.05	4.44	201.5	No_helada
1	0	...	0	28.38	...	31.6	880.6	819.3	488.5	4.19	196.9	No_helada
1	0	...	0	28.35	...	32.8	894.4	822.85	531	8.71	170.9	No_helada
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	0	...	1	26.55	...	29.85	850.93	670.75	271.35	6.46	325.2	No_helada
0	0	...	1	26.83	...	24.1	589.25	390.23	281.68	8.48	359.5	No_helada
0	0	...	1	20.78	..	19.25	823.98	649	295.08	9.05	143.7	No_helada

El modelo utilizado para la clasificación de las heladas fue un árbol de decisiones J48, con un coeficiente de factor de 0.75. Este modelo fue seleccionado ya que puede ser programado de forma fácil y rápida en una aplicación de escritorio, una aplicación móvil o una web. Para la evaluación del modelo se utilizó la validación cruzada con agrupaciones de 10 elementos a la vez (Folds).

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar el modelo J48 a los datos se pudo observar que las características que más peso tienen en la clasificación son la hora 14 y la hora 20 de temperatura, lo cual se puede interpretar como el momento que más calor hace en el día y el momento en que el sol se ha ocultado respectivamente. Las otras dos características que más peso tienen son la velocidad del viento y la radiación global a las 16 horas. El árbol resultante fue de un nivel de profundidad de 13 con 7 hojas resultantes. De las 6558 instancias (número de días utilizados en total por todas las estaciones en las fechas seleccionadas), 6551 instancias fueron correctamente clasificadas, siendo esto el 99.9% de clasificación correcta, por lo que solo el 0.10% no fue clasificado correctamente (7 instancias no clasificadas correctamente). Estos siete errores fueron clasificados como No helada, siendo que, si fue helada, por lo que caen en el error tipo 2, según se muestra en la Tabla 3, matriz de confusión.

Tabla 3. Matriz de confusión de la clasificación de las heladas.

	No helada	Helada
No helada	6296	0
Helada	7	255

## CONCLUSIONES

El modelo de árboles de decisión J48, demostró ser bueno al momento de clasificar posibles heladas. Además, dejó claro cuáles son las características que pueden tener mayor peso al momento de realizar una clasificación, de tal manera que podrían permitir la reducción de las mismas para que computacionalmente sean más eficientes. En el caso de las clasificaciones incorrectas, todas quedaron en el error tipo 2, es decir, se dijo que no eran heladas y si fueron. Este tipo de error es el que menos se desea tener, ya que en caso de existir una helada podrían no tomarse las medidas necesarias para su mitigación. En el caso contrario, si se cuentan con errores tipo 1 (se dice que hay helada y no hubo) son menos importantes, ya que se toman las medidas necesarias para proteger a los cultivos, pero la helada no se presenta, lo único que podría afectar es el gasto de recursos por realizar esta tarea. Aun así, se esperaría que estos sean mínimos y en conjunto sean menores a las ganancias obtenidas. Además de las estaciones utilizadas, se pueden integrar otras estaciones con información parcial que enriquezcan el set de entrenamiento de los datos. Para poder reducir los errores tipo 2 que se presentaron se podría utilizar otros modelos como Máquinas de Soporte Vectorial (MVS) o Redes Neuronales, además de aplicar las características que resultaron dominantes con este modelo, con la finalidad de lograr evitar la pérdida de cultivos.

## BIBLIOGRAFIA

- Mitra, S., Pal, S. K., & Mitra, P. (2002). Data mining in soft computing framework: A survey. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 13(1), 3–14.
- Moller P., Ahumada R., & Reyes J. (2016). Prediction of frost episodes based in agrometeorological information and machine learning techniques. *IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, 1–7.
- Notimex. (2019). Heladas causan 400 mil pérdidas de empleos en sector agrícola. Retrieved May 2, 2019, from <https://mexiconuevaera.com/nacional/estados/2019/01/9/heladas-causan-400-mil-perdidas-de-empleos-en-sector-agricola>
- Wang, G., Qiu, Y. F., & Li, H. X. (2010). Temperature forecast based on SVM optimized by PSO algorithm. *Proceedings - 2010 International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics, ICICCI 2010*, 259–262.
- Verdes P. F. *et al.* 2000, Frost Prediction With Machine Learning Techniques, CONICET-UNR.

## **LA ADICIÓN DE HARINA DE COTILEDON DE FRIJOL EN LA ELABORACIÓN DE PASTA MEJORA LA INHIBICIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS**

**Mayra Denise Herrera, Raquel Karina Cruz Bravo**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. C.P. 98500. e-mail: [herrera.mayra@inifap.gob.mx](mailto:herrera.mayra@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCION**

El frijol común es actualmente considerado como un alimento funcional, debido a su elevada variedad de fitoquímicos, como los compuestos nutraceuticos, los cuales aportan beneficios a nuestro organismo. Esta leguminosa es una fuente económica de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales y es también una excelente fuente de fibra soluble e insoluble (Bennink et al., 2008; Guzmán et al, 2002; Reynoso et al., 2006). Sin embargo, el consumo per cápita anual de esta leguminosa ha disminuido drásticamente en los últimos años, esta situación se ha relacionado con cambios en las preferencias de los consumidores, lo que ha llevado a la elaboración de diversos productos enriquecidos con harinas de frijol, como tortillas, galletas, panqués, entre otros (Pérez-Ramírez et al., 2018). Por medio de la incorporación de esta leguminosa en los procesos de elaboración de alimentos, se busca el incremento de componentes funcionales como la fibra dietaria y los polifenoles (Herrera et al., 2016), esto con el propósito de incrementar la funcionalidad de los productos con el objetivo de aportar algún beneficio a la salud.

Bajo el contexto anterior, la inhibición de enzimas digestivas es un parámetro medible que puede relacionarse con un incremento en la función benéfica de los alimentos, la inhibición de enzimas digestivas como la lipasa pancreática y la alfa-amilasa han sido estudiadas con anterioridad (Figueroa-Pérez et al., 2014) y se ha demostrado que alimentos con alto contenido de fitoquímicos nutraceuticos tienen mayor poder de inhibición.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de inhibición de lipasa pancreática y alfa-amilasa de pastas elaboradas con harina de cotiledón de frijol, adicionalmente se evaluó la capacidad de inhibición de la harina de cotiledón y testa de frijol de la variedad Flor de Mayo Dolores.

### **MATERIALES Y METODOS**

Obtención y extrusión de harina de cotiledón de frijol

Granos de frijol de la variedad Flor de Mayo Dolores se limpiaron con agua potable en una proporción 1:2 (p/v) y se secaron a temperatura ambiente por 18 h. Los granos de frijol se procesaron en una decortadora y posterior doble tamizaje (malla 5 mm y 3mm) para separar los cotiledones de la testa, este proceso se realizó dos veces. Los cotiledones obtenidos se



molieron hasta obtener una harina fina. Para la extrusión, se acondicionó la harina a una humedad de 28% y se tamizó con malla #18. Las muestras se procesaron en un extrusor (Brabender®, modelo 815807) a 28% de humedad y temperatura de 105 °C, con una velocidad de alimentación y extrusión de 25 y 85 rpm respectivamente. Se utilizó un dado de salida de 3 mm y tornillo 1:1. Una vez extrudida la harina, se secó en un horno de convección a una temperatura de 100 °C por tres horas y se almacenó hasta su uso.

#### Elaboración de la pasta con harina de cotiledón

La formulación para la elaboración de 100 g de pasta (trigo:frijol 75:25) se realizó con 52.5 g de sémola de trigo, 25 mL de agua, 17.5 g de harina extrudida de cotiledones y 5 g de huevo. Los ingredientes se pesaron por separado y se incorporan hasta obtener una masa homogénea. Se moldeó la masa con un formador de tallarines (Marcato-Atlas® 150) y estos se secaron a 70 °C por dos h; posteriormente, se almacenaron a -70 °C y se liofilizaron y molieron.

#### Inhibición de la $\alpha$ -amilasa.

La actividad de  $\alpha$ -amilasa se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Kandra et al (2005). Por lo tanto, 50  $\mu$ L del extracto acetónico de las muestras de frijol y 50  $\mu$ L de  $\alpha$ -amilasa de *Bacillus subtilis* (50 U/mg) se preincubaron durante 20 minutos en un baño de agua a 37 °C. El sustrato fue almidón (1%) preparado en tampón de fosfato a pH 7,0 con 38 mmol/l de NaCl. Después de la adición de 100  $\mu$ L del sustrato, la mezcla se incubó durante 2 h. El producto (glucosa) se cuantificó mediante el método de glucosa oxidasa-peroxidasa con un kit comercial (RANDOX) y se midió a 500 nm.

#### Inhibición de la lipasa pancreática.

La lipasa pancreática de porcino tipo II se disolvió en agua ultrapura a 10 mg/ml; posteriormente se usó el sobrenadante después de centrifugar la solución a 16,000 rpm durante 5 min. El tampón para el ensayo fue buffer Tris 100 mM (pH 8,2) y se utilizó laurato de p-nitrofenilo (PNP) como sustrato a concentración de 0,08% p/v de laurato de PNP disuelto en acetato sódico 5 mM (pH 5,0) que contenía Triton X-100 al 1%. Esta solución se calentó en agua hirviendo durante 1 minuto para ayudar a la disolución, se mezcló bien y luego se enfrió a temperatura ambiente. En el ensayo cada tubo contenía 400  $\mu$ L de tampón de ensayo, 450  $\mu$ L de solución de sustrato y 150  $\mu$ L de lipasa. Para el caso de los extractos de frijol, se agregaron 450  $\mu$ L y se incluyó un control que contenía el mismo volumen en buffer de Tris 100 mM. Las muestras se incubaron a 37 °C durante 2 h. Luego las muestras se centrifugaron a 16,000 rpm durante 2,5 minutos y se leyeron a 400 nm en un lector de microplacas (MultiScan Go, Thermo Scientific) (McDougall et al., 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la inhibición de enzimas digestivas son una variable importante en el potencial nutracéutico de un alimento (McDougall et al., 2009), en el caso del frijol, se ha demostrado que reduce la concentración de glucosa en sangre y la concentración de triglicéridos (McCarty et al. 2015; Zhang et al. 2013); por lo tanto, la evaluación de la inhibición de las enzimas digestivas *in vitro* representa un enfoque preliminar del potencial biológico del frijol. La  $\alpha$ -amilasa pancreática hidroliza el almidón a oligosacáridos, que luego son hidrolizados a glucosa por  $\alpha$ -glucosidasa intestinal. Por otro lado, la lipasa pancreática hidroliza los triglicéridos a ácidos grasos libres y es responsable de la hidrólisis del 50-70% de las grasas totales de la dieta (Figueroa-Pérez et al., 2014).

Resultó interesante observar que a pesar de que la testa tiene mayor contenido de polifenoles (dato no mostrado), el porcentaje de inhibición de la alfa amilasa y la lipasa pancreática resultó mayor para las muestras del cotiledón, tanto extrudido como no extrudido (Tabla 1). No obstante, a pesar de que la alfa amilasa fue inhibida de manera ligeramente mayor por el cotiledón no extrudido (aproximadamente 7% en comparación con el cotiledón extrudido), el tratamiento térmico provocado por la extrusión provocó un incremento en la inhibición de la lipasa pancreática (58%).

Tabla 1. Inhibición de enzimas digestivas (% de inhibición) de testa y cotiledón de frijol.

Enzima	Testa	Cotiledón	
		Extrudido	Sin extrudir
$\alpha$ -amilasa	22.45 $\pm$ 1.15 c	31.25 $\pm$ 0.23 b	33.10 $\pm$ 0.69 a
lipasa pancreática	0.89 $\pm$ 0.19 c	60.18 $\pm$ 0.09 a	38.14 $\pm$ 0.09 b

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre filas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

Por otro lado, al evaluar el porcentaje de inhibición de ambas enzimas digestivas en las pastas control y la elaborada con harina de cotiledón de frijol, se observó que la inhibición de la alfa amilasa incrementó en la pasta de frijol con un 33% en comparación con la pasta control (Figura 1), mientras que la inhibición de la lipasa pancreática resultó mayor en la pasta control (Figura 2). Al incorporar harina de frijol en la elaboración de algún producto alimentario adicionalmente se busca mejorar la calidad del mismo (Pérez-Ramírez et al., 2018), en este sentido, el efecto positivo de la incorporación de harina de frijol en la elaboración de pastas sobre la inhibición de la alfa-amilasa se puede deber a una mayor concentración de los llamados inhibidores de alfa-amilasa, proteína que se encuentra en grandes cantidades en el frijol común (Jiang et al., 2008).

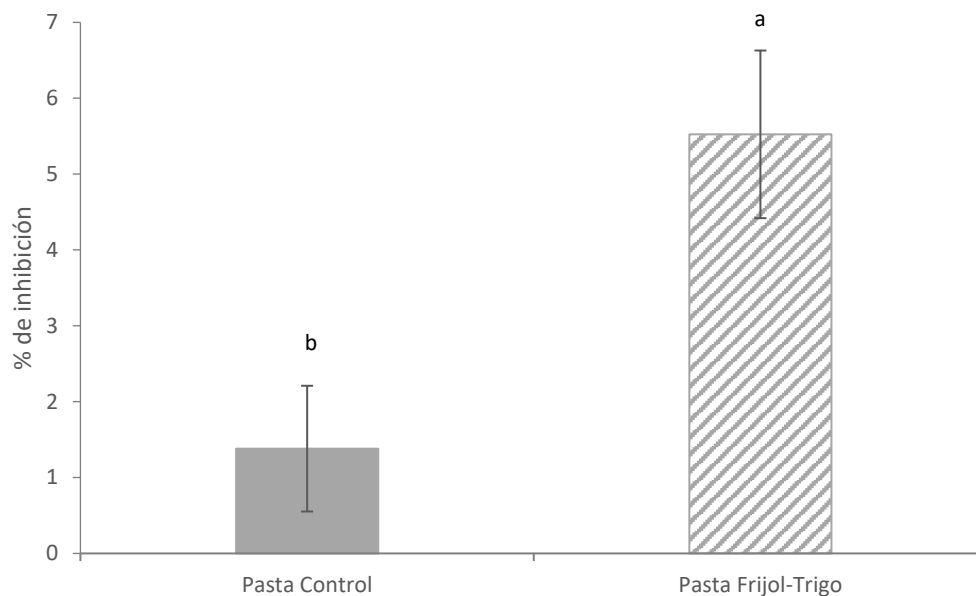


Figura 1. Capacidad de inhibición de  $\alpha$ -amilasa de pasta tipo tallarín elaboradas con harina de frijol-trigo.

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

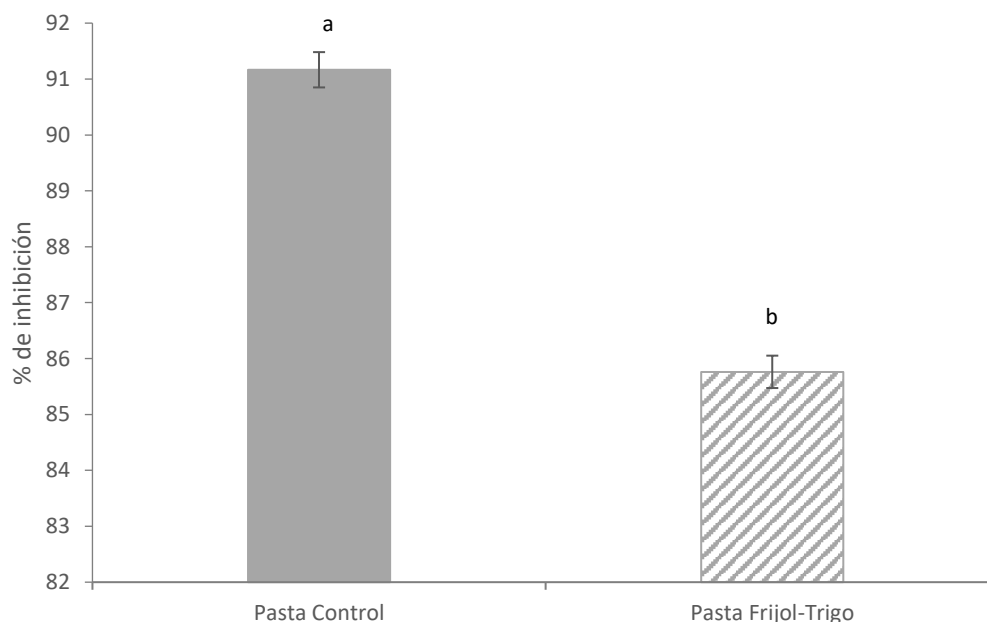


Figura 2. Capacidad de inhibición de lipasa pancreática de pasta tipo tallarín elaboradas con harina de frijol-trigo.

Los datos se muestran como la media  $\pm$  la DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de t de Student.

## CONCLUSIONES

Debido a las propiedades nutricionales y promotoras de salud del frijol, el desarrollo de productos que llevan alguna porción de esta leguminosa en su formulación se han propuesto, tanto para incrementar el valor del grano, como para promover nuevas oportunidades de mercado. Sin embargo, al incorporar harina de frijol en la elaboración de algún producto alimentario adicionalmente se busca mejorar la calidad del mismo. Los resultados del presente trabajo demuestran que la incorporación de harina de cotiledón de frijol en la elaboración de pastas mejora la inhibición de la alfa-amilasa, lo que incrementa la calidad funcional del producto final.

## BIBLIOGRAFIA

- Bennink, M., Rondini, E. 2008. Dry beans and human health, an overview of the status of the science on dry beans and human health. The Bean Institute. 90-12 p.
- Figueroa-Pérez, M.G., Rocha-Guzmán, N.E., Pérez-Ramírez, I.F., Mercado-Silva, E., Reynoso-Camacho, R. 2014. Metabolite profile, antioxidant capacity, and inhibition of digestive enzymes in infusions of peppermint (*Mentha piperita*) grown under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Science*, 62, 12027-12033.
- Guzmán M., S.H., Acosta G., J.A., Álvarez M., M.A., García D., S., Loarca P.; G. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agricultura técnica en Méx.* Volumen 28: 159-173
- Jiang, B., Obrio, W.C. & Zhang, T. 2008. The nutraceutical role of *Phaseolus vulgaris* alpha-amylase inhibitor. *British Journal of Nutrition*. 100: 1-12.
- Kandra, L., Zajacz, A., Remenyik, J. & Gyemant, G. 2005. Kinetic investigation of a new inhibitor for human salivary  $\alpha$ -amylase. *Biochemistry and Biophysics Research Communications*, 334, 824-828.
- McCarty, M.F. & Nicolantonio J.J. 2015. Acarbose, lente carbohydrate, and prebiotics promote metabolic health and longevity by stimulating intestinal production of GLP-1. *Open Heart*. 2, 205-2011.
- McDougall, G., Kulkarni, N. & Stewart, D. 2009. Berry polyphenols inhibit pancreatic lipase activity in vitro. *Food Chemistry*, 115: 193-199.
- Pérez-Ramírez IF., Becerril-Ocampo LJ., Reynoso-Camacho R., Herrera MD., Guzmán-Maldonado SH., Cruz-Bravo RK. 2018. Cookies elaborated with oat and common bean flours improved serum markers in diabetic rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98:998-1007.
- Reynoso C., R., Ramos G., M., Loarca P., G. 2006. Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Advances in agricultural and food biotechnology*. Research Singpost. Kerala, India. 218 p.

## **LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN FRUTOS DE CHILE ES MODIFICADA POR EL TIPO DE SECADO Y LA EXPOSICIÓN DE LA PLANTA A LA RADIACIÓN UV**

**Mayra Denise Herrera, Jaime Mena Covarrubias, Manuel Reveles Hernández**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.  
C.P. 98500. e-mail: herrera.mayra@inifap.gob.mx**

### **INTRODUCCION**

Existen reportes de que las plantas de chile reducen significativamente su contenido de clorofila a y b, así como de carotenoides cuando son expuestas a niveles altos de luz UV (Mahdavian et al., 2008). Adicionalmente se ha reportado que la exposición a estas emisiones de luz altera el metabolismo de los fenilpropanoides. Bajo este contexto, Tattini et al. (2005) mencionan que las plantas expuestas a altas radiaciones solares se someten a ajustes fisiológicos y bioquímicos con una marcada acumulación de polifenoles, entre estos, los flavonoides y antocianinas, ya que estos compuestos tienen funciones protectoras contra los efectos perjudiciales de la luz solar y el estrés por la radiación UV-B.

Por otro lado, el secado en planta de los frutos, aunque barato, implica pérdidas en calidad y peso de los frutos cosechados al quedar expuestos a los factores adversos como la radiación ultravioleta, las temperaturas extremas, etc. Sin embargo, en la actualidad es poco común analizar e investigar la calidad fisicoquímica y nutricional de los chiles secos. Además, es importante conocer las características fisicoquímicas y nutricionales en los diferentes tipos de secado del chile seco para determinar o estandarizar su calidad industrial. Por lo anterior, es importante y pertinente hacer un estudio fisicoquímico y nutricional de los chiles secos del estado de Zacatecas secados con diferente proceso para incrementar su valor agregado.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la concentración de compuestos nutraceuticos (polifenoles totales) de frutos de chile después de su secado por diferentes métodos y analizar la posible interacción entre este factor y la exposición de las plantas, durante su crecimiento y desarrollo, a la luz ultravioleta.

### **MATERIALES Y METODOS**

Los muestreos se realizaron en plantas de chile del tipo Mirasol procedentes de una parcela experimental establecida en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP. Se tomó muestras de chile para realizar el secado de los mismos por diferentes métodos (diez chiles tomados al azar para cada tratamiento de secado, N=50). Diez chiles se secaron por diferente método: Deshidratador solar (SECAMPO), Invernadero (SECAMPO), Túnel Solar (SECAMPO), Secador de gas (con productor cooperante a 60°C) y Macrotúnel (INIFAP). Posteriormente se

molieron las muestras y se almacenaron en bolsas selladas herméticamente a 4°C hasta su análisis.

Extracción de compuestos fenólicos.

Se realizó una extracción de los compuestos fenólicos mediante el solvente de extracción propuestos por Xu et al. (2007), a 1 g de muestra liofilizada se le adicionaron 10 mL de acetona acidificada al 70 % con 0.5 % de ácido acético [(acetona/agua/ácido acético (70:29.5:0.5 v/v/v)], protegiendo de la luz y agitando durante 24 h, después se centrifugó a 5000 x g durante 10 min a temperatura ambiente, para obtener el sobrenadante.

Cuantificación de fenoles totales.

Se empleó el método de Folin Ciocalteu, descrito por Singleton et al. (1999). En un tubo de ensayo, se colocaron 40 µL del extracto obtenido de la muestra, posteriormente se le adicionó agua destilada hasta completar un volumen de 500 µL, se agitó el tubo y se le añadió 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu 1N y se agitó. Se dejó reposando por 5 min y se añadió 1.25 mL de carbonato de sodio al 20 % a cada tubo. La lectura de la absorbancia para cada muestra se hizo a 765 nm. La concentración se calculó utilizando una curva estándar equivalente de ácido gálico (0–0.032 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico/g de muestra seca.

Cuantificación de taninos condensados.

Para la cuantificación de taninos condensados se tomaron muestras del extracto acetónico antes mencionado. Se cuantificaron los taninos condensados de acuerdo al ensayo de la vainillina de Desphande et al. (1985). A 100 µL del sobrenadante obtenido del extracto se agregaron 500 µL de una solución (1:1) recién preparada de vainillina al 1% en metanol y HCl 8%. Posteriormente, se preparó un blanco al cual se le se le adicionaron 100 µL de metanol y 500 µL de HCl al 4%. Para cuantificar los taninos condensados se midió la absorbancia a 492 nm en un espectrofotómetro. Se utilizó una curva estándar de (+) catequina (0-0.8 mg/ml). La concentración final se expresó como mg equivalentes de (+) catequina/ g de muestra seca.

Cuantificación de flavonoides totales.

Para la cuantificación de flavonoides totales se realizó la técnica descrita por Liu et al (2002), esta técnica se basa en la capacidad del AlCl<sub>3</sub> para formar quelatos con flavonoides; sin embargo, algunos de estos quelatos son inestables a pH ácidos, por lo cual la reacción se lleva a cabo en un medio básico. A 100 µL extracto se agregaron 1250 µL de agua y 75 µL de una solución de NaNO<sub>2</sub> 5 %, los tubos se agitaron durante 6 min y posteriormente se adicionó 150 µL de AlCO<sub>3</sub> al 10 %, se agitó nuevamente durante 5 min y se agregó a la reacción 500 µL de NaOH 1M y 525 µL de agua, se dejó incubando durante 30 min a temperatura ambiente. Para la cuantificación de flavonoides totales se tomó lectura de la absorbancia a 510 nm en el espectrofotómetro. La concentración final se determinó utilizando una curva estándar de (+)

catequina (0–0.074 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de (+) catequina/g de muestra seca.

Cuantificación de antocianinas.

Previo a la cuantificación de antocianinas, se realizó la extracción de estos compuestos. A 0.5 g de harina se adicionaron 4 mL de etanol acidificado (85 mL de etanol al 95% + 15 mL de HCl 1.0 N), se protegió de la luz y posteriormente se agitó durante 2 min, transcurrido este tiempo, se ajustó el pH a 1.0 con HCl concentrado, se agitó durante 30 min protegiendo de la luz y finalmente se centrifugó 10 000 x g durante 20 min a temperatura ambiente para obtener el sobrenadante.

La determinación de antocianinas totales se realizó siguiendo el método de Abdel-Aal et al. (1999) con modificaciones de Rivera et al. (1999). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de cianidina 3-glucósido/kg de muestra. El sobrenadante del extracto de antocianinas se llevó a un volumen de 10 mL en un matraz aforado usando etanol acidificado. Posteriormente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 535 nm. El valor de la absorbancia obtenido se sustituyó en la siguiente fórmula:  $C = (A/\epsilon) * (V/1000) * PM * (1/g \text{ de muestra} * 106)$ . Donde: C = concentración de antocianinas totales (mg/kg); A = absorbancia a 535 nm;  $\epsilon$  = coeficiente de absorción molar de cianidina 3-glucósido (25965 cm<sup>-1</sup> M<sup>-1</sup>); V = volumen total del extracto de antocianinas (mL); PM = peso molecular de la cianidina 3-glucósido (449 g/mol).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración de compuestos fenólicos en el fruto de chile por efecto de los diferentes métodos de secado se observa en la Tabla 1. Los chiles secados en invernadero tuvieron la menor concentración de fenoles totales, adicionalmente, se puede mencionar que entre el resto de los tratamientos de secado no se observó diferencia significativa en los chiles de las plantas cultivadas sin la cobertura de malla antiáfidos. Al realizar el análisis estadístico de los resultados se encontró un efecto de interacción entre los niveles del factor malla antiáfidos y el factor tipo de secado ( $p < 0.0001$ ).

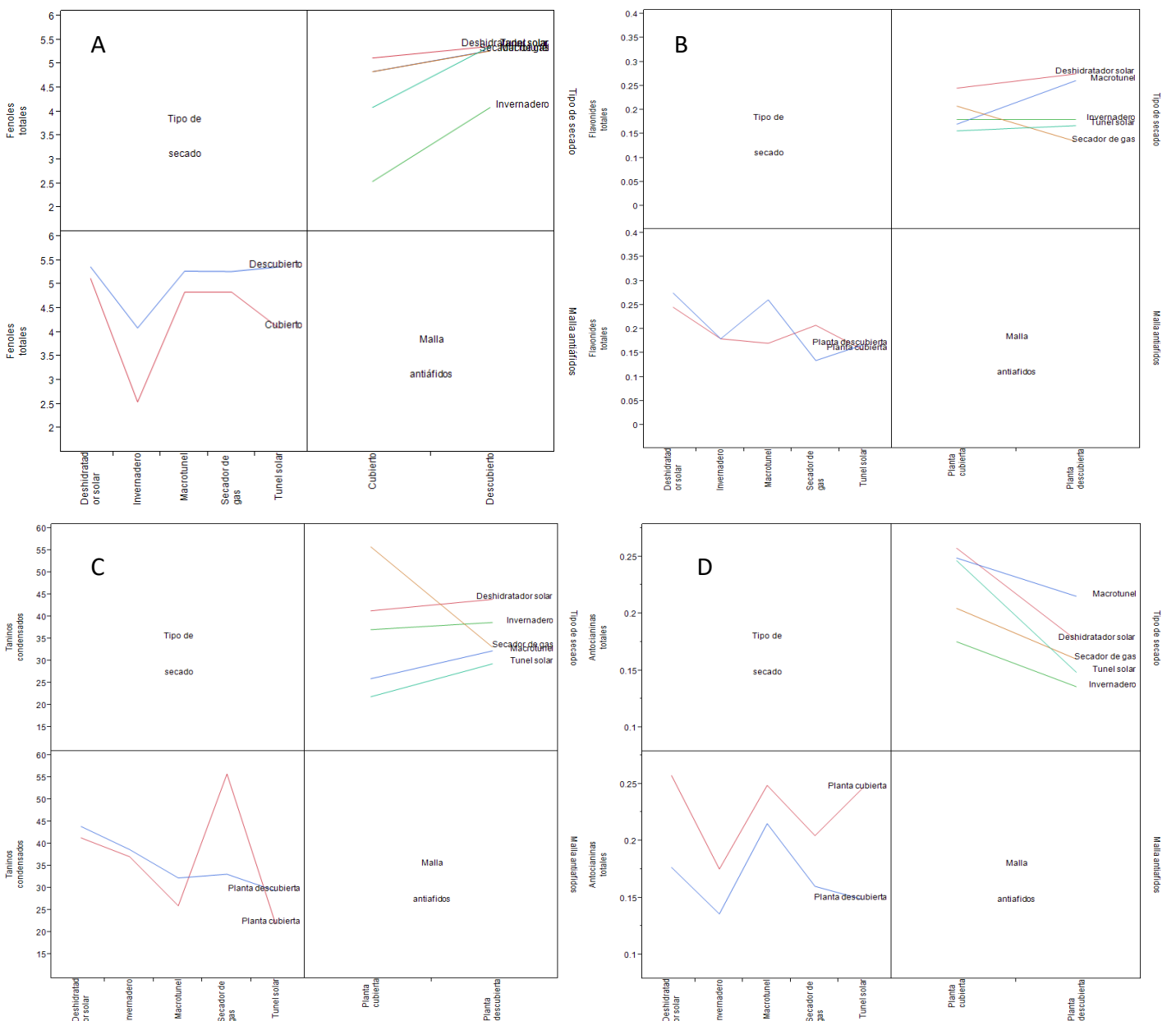


Figura 1. Gráfica de interacción para la concentración de A, fenoles totales; B, flavonoides; C, taninos; D, antocianinas totales en chiles secos de plantas descubiertas y cubiertas con malla antiáfidos.



Tabla 1. Concentración de polifenoles en frutos de chile obtenidos de plantas cubiertas y descubiertas de malla antiáfidos y diferentes tipos de secado.

Malla antiáfidos	Tipo de secado	Fenoles totales <sup>1</sup>	Flavonoides totales <sup>2</sup>	Taninos condensados <sup>2</sup>	Antocianinas totales <sup>3</sup>
Planta cubierta	Deshidratador solar	5.12 ± 0.22 a	0.25 ± 0.03 abc	41.37 ± 1.71 bc	0.26 ± 0.01 a
	Invernadero	2.55 ± 0.21 c	0.18 ± 0.05 bcd	37.11 ± 2.34 de	0.18 ± 0.02 cd
	Tunel solar	4.09 ± 0.42 b	0.16 ± 0.03 d	21.94 ± 2.72 h	0.25 ± 0.01 a
	Secador de gas	4.84 ± 0.33 a	0.21 ± 0.04 abcd	55.82 ± 2.12 a	0.20 ± 0.02 b
	Macrotunel	4.84 ± 0.22 a	0.17 ± 0.03 cd	26.02 ± 1.53 gh	0.25 ± 0.00 a
Planta descubierta	Deshidratador solar	5.37 ± 0.37 a	0.28 ± 0.07 a	43.94 ± 1.90 b	0.18 ± 0.01 c
	Invernadero	4.09 ± 0.53 b	0.18 ± 0.02 bcd	38.73 ± 1.68 cd	0.14 ± 0.01 e
	Tunel solar	5.37 ± 0.30 a	0.17 ± 0.06 cd	29.38 ± 2.63 fg	0.15 ± 0.01 de
	Secador de gas	5.27 ± 0.18 a	0.13 ± 0.07 d	33.15 ± 2.54 ef	0.16 ± 0.02 cde
	Macrotunel	5.28 ± 0.19 a	0.26 ± 0.02 ab	32.31 ± 1.91 f	0.22 ± 0.00 b

Los datos se expresan como la media ± DE. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey. Los datos se expresan como <sup>1</sup> mg eq. de ácido gálico/gramo de muestra seca. <sup>2</sup>mg eq. de (+) catequina/g de muestra seca. TF, Tejido foliar. <sup>3</sup>mg eq. de cianidina 3-glucósido/gramo de muestra seca.

En la Figura 1A se puede observar que el tipo de secado que permitió la mayor concentración de fenoles totales fue el deshidratador solar, para los chiles obtenidos de las plantas cubiertas y descubiertas, no obstante, cabe resaltar que el túnel solar fue otro tratamiento de secado que indujo una alta síntesis de estos metabolitos. En el caso de los flavonoides totales, nuevamente, los chiles secados bajo el deshidratador solar fueron los más sobresalientes por su máxima concentración de flavonoides, y se observó 12% más flavonoides en los chiles de plantas cubiertas en comparación con las plantas descubiertas. Esto se comprueba con la gráfica de interacción ( $p= 0.0015$ ). En los chiles de las plantas descubiertas se encontró que el secado por macrotúnel fue el método que permitió la siguiente más alta concentración de estos compuestos, mientras que, en las plantas cubiertas, este lugar fue ocupado por el tratamiento de secado por gas (Figura 1B), mismo tratamiento que permitió la mayor concentración de taninos condensados en los chiles obtenidos de plantas cubiertas. El análisis estadístico realizado para esta variable respuesta mostro nuevamente un efecto de interacción entre ambos factores evaluados, con un valor de  $p<0.0001$  y se puede observar que la mayor cantidad de taninos condensados fue cuantificada a partir de los chiles de las plantas descubiertas (Figura 1C). La cantidad de antocianinas totales no fue la excepción, al realizar el análisis de los datos obtenidos, se encontró nuevamente un efecto de interacción significativo ( $p<0.0001$ ), y la gráfica de interacción correspondiente (Figura 1D) muestra que cuando la planta se desarrolla bajo el efecto de la cubierta de malla antiáfidos, la concentración de antocianinas totales es mayor en comparación con las plantas descubiertas, en este caso, el efecto en la mayor acumulación de estos fitoquímicos se vio mayormente favorecida por el método de secado de deshidratación solar, mientras que para los chiles de las plantas descubiertas, el método más efectivo fue el de macrotúnel.

### **CONCLUSIONES**

En los frutos de chile, la concentración de polifenoles depende ampliamente del efecto sinérgico entre el método de secado y las condiciones de desarrollo de la planta, como la cobertura con malla antiáfidos. No obstante, resulta importante mencionar que en general, el deshidratado solar permite la mayor concentración de compuestos fenólicos en los frutos de chile de plantas descubiertas, mientras que, en los chiles de plantas cubiertas, el método de secado resultó tener un efecto diferencial.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Aal E-SM., Hucl P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheat. *Cereal Chemistry*. 76: 350-354.
- Deshpande SS, Cheryan M. 1985. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *J. Food Sci.* 50: 905-910.
- Liu M, Qi Li X, Weber C, Yong LC, Brown J, Hai LR. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2926-2930.
- Mahdavian, K., Kalantari, K. M., Ghorbanli, M., Torkzade, M. 2008. The effects of salicylic acid on pigment contents in ultraviolet radiation stressed pepper plants. *Biologia Plantarum*, 52(1), 170-172.
- Tattini, M., Guidi, L., Pinelli, P., Remorini, D., Degl'Innocenti, E., Giordano, C., Massai, R., Agati, G. 2005. On the role of flavonoids in the integrated mechanisms of response of *Ligustrum vulgare* and *Phillyrea latifolia* to high solar radiation. *New Phytologist*. 167:457-470.
- Xu BJ, Chang SKC. 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *J. Food Sci.* 2: 159-166.

---

## **LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CÁSCARAS DE TUNA DEPENDE DEL SUMINISTRO DE AGUA Y EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO**

**Mayra Denise Herrera, Jorge Artemio Zegbe Domínguez, Valentín Melero Meráz,  
Raquel Karina Cruz Bravo**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales,  
Zacatecas. C.P. 98500. e-mail: herrera.mayra@inifap.gob.mx**

### **INTRODUCCION**

En las últimas dos décadas, la tuna ha ganado creciente atención por sus propiedades nutricionales y nutracéuticas, y se considera como una buena fuente de minerales, proteína y fibra dietaria (Feugang et al., 2006). A nivel mundial, la popularidad de la tuna se ha incrementado notablemente, considerando conveniente diversificar los mercados y aprovechar al máximo sus propiedades funcionales. Se ha reportado que el procesamiento de esta fruta resulta en la acumulación de una gran cantidad de bioproducto (cáscara) el cual pudiera ser aprovechado como una fuente de macronutrientes (Kamel et al 2000). Por otro lado, el proceso de producción, y por tanto el suministro de agua, se ha reportado como un factor importante en la síntesis de una gran cantidad de fitoquímicos (Figueroa et al., 2014). Adicionalmente, el tratamiento o almacenamiento postcosecha se ha relacionado con alteraciones en la concentración de metabolitos, como los polifenoles y los carbohidratos no digeribles (Külen et al., 2013). En este sentido, algunos estudios realizados con la conservación de la tuna han reportado uno de los principales problemas del procesamiento pos cosecha es la pérdida de fitoquímicos y la deshidratación. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la concentración de fibra dietaria y almidón resistente de cáscaras de tuna producidas bajo el sistema de temporal y riego y posterior almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración, en comparación con el procesamiento en fresco de los frutos.

### **MATERIALES Y METODOS**

El experimento se estableció en Pinos, Zac., con productores cooperantes, en el ciclo agrícola 2018. Los tratamientos fueron árbol irrigado y árbol de temporal con cuatro repeticiones. Para el análisis se cosecharon seis frutas al azar en madurez fisiológica por cada repetición y tratamiento. El diseño experimental se estableció de la manera descrita por triplicado. El procesamiento de las frutas consistió en lo siguiente: se tomó la cáscara de frutas frescas las cuales se almacenaron a -70 °C por 24 h y posteriormente se

deshidrataron por liofilización. Subsecuentemente, tunas de riego y temporal se almacenaron a temperatura ambiente y en refrigeración (4 °C) hasta el registro de pérdida de peso del 8%, después de esto, se repitió el proceso de deshidratado. Las muestras se molieron en un molino doméstico (KRUPS) y se almacenaron en bolsas con cierre hermético hasta su análisis.

El contenido de fibra dietaria total (FDT) y sus fracciones soluble (FDS) e insoluble (FDI) se determinó con el kit: Total Dietary Fiber Assay Kit (Sigma-Aldrich, Missouri, USA), que consiste en una combinación de métodos gravimétricos y enzimáticos. A partir de la fracción insoluble de la fibra dietaria total, se realizó la cuantificación de almidón resistente usando como control una solución de glucosa (0-0.98 mg/mL); la concentración final de glucosa se determinó mediante un kit GOD-PAP (Randox Laboratories Ltd., UK). El almidón resistente se calculó como glucosa (mg) x 0.9 (Saura-Calixto et al. 1993). Los datos se reportaron como 100 mg por gramo de peso fresco de cáscara de tuna.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

En la Tabla 1 se puede observar que en general la concentración de fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble se puede conservar en alta concentración según el almacenamiento, en este sentido, el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración permitieron la mayor concentración de todas las variables evaluadas con respecto a los carbohidratos no digeribles (Tabla 2). A excepción de la fibra dietaria soluble (FDS), se registró la máxima concentración de fibra dietaria en la cáscara de tunas obtenidas de árboles sometidos a temporal y almacenadas bajo refrigeración, con un incremento del 6 % y 33 % de fibra total (FDT) e insoluble (FDI), respectivamente, en comparación con las cáscaras de tunas obtenidas del riego. Diferentes estudios han relacionado la incidencia del estrés hídrico con aumentos en la concentración de fibra, particularmente insoluble, en diversos cultivos; esto pudiera estar relacionado con alteraciones en componentes de la pared celular o la acumulación de especies reactivas de oxígeno (Zheng et al., 2014). En todos los casos se encontró un efecto de interacción entre los niveles de ambos factores evaluados ( $p < 0.0001$  para FDT y FDI, y  $p = 0.0010$  para FDS). En la Figura 1A se puede observar que la interacción es mayormente evidente entre el efecto de la refrigeración y el almacenamiento a temperatura ambiente, es decir, cuando las tunas del temporal están expuestas a una baja temperatura durante su almacenamiento, se inducirá mayor concentración de FDT, mientras que menor concentración se cuantificará

al ser almacenada a temperatura ambiente, contrariamente a lo que sucede cuando las tunas son colectadas de árboles producidos bajo el sistema de riego. En cuanto a la interacción que se observó para la concentración de FDS, la Figura 1B ilustra un efecto menos evidente entre factores. Por otro lado, resulta interesante que la fracción insoluble de la fibra tiene una tendencia muy similar que la observada para la FDT (Figura 1C).

Tabla1. Concentración de carbohidratos no digeribles (g/100 g) en cáscara de tunas cultivadas bajo diferentes condiciones de humedad en el suelo, y almacenamiento postcosecha.

Tratamiento de humedad	Almacenamiento	Fibra dietaria total	Fibra dietaria soluble	Fibra dietaria insoluble	Almidón resistente
	Fresco	12.02 ± 0.61 c	4.39 ± 0.38 d	7.63 ± 0.34 d	2.47 ± 0.41 b
Riego	TA	33.32 ± 0.83 a	16.94 ± 0.50 a	16.38 ± 0.10 bc	0.87 ± 0.17 c
	Refrigeración	31.45 ± 0.90 a	14.09 ± 1.03 b	17.36 ± 0.26 b	0.66 ± 0.12 c
	Fresco	8.34 ± 0.76 d	3.97 ± 0.52 d	4.37 ± 0.29 e	3.50 ± 0.09 a
Temporal	TA	28.80 ± 1.32 b	13.54 ± 1.06 b	15.26 ± 1.04 c	3.62 ± 0.31 a
	Refrigeración	33.43 ± 1.91 a	10.33 ± 0.84 c	23.11 ± 1.70 a	0.89 ± 0.28 c

Los datos se muestran como la media ± la DE. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey. TA, temperatura ambiente.

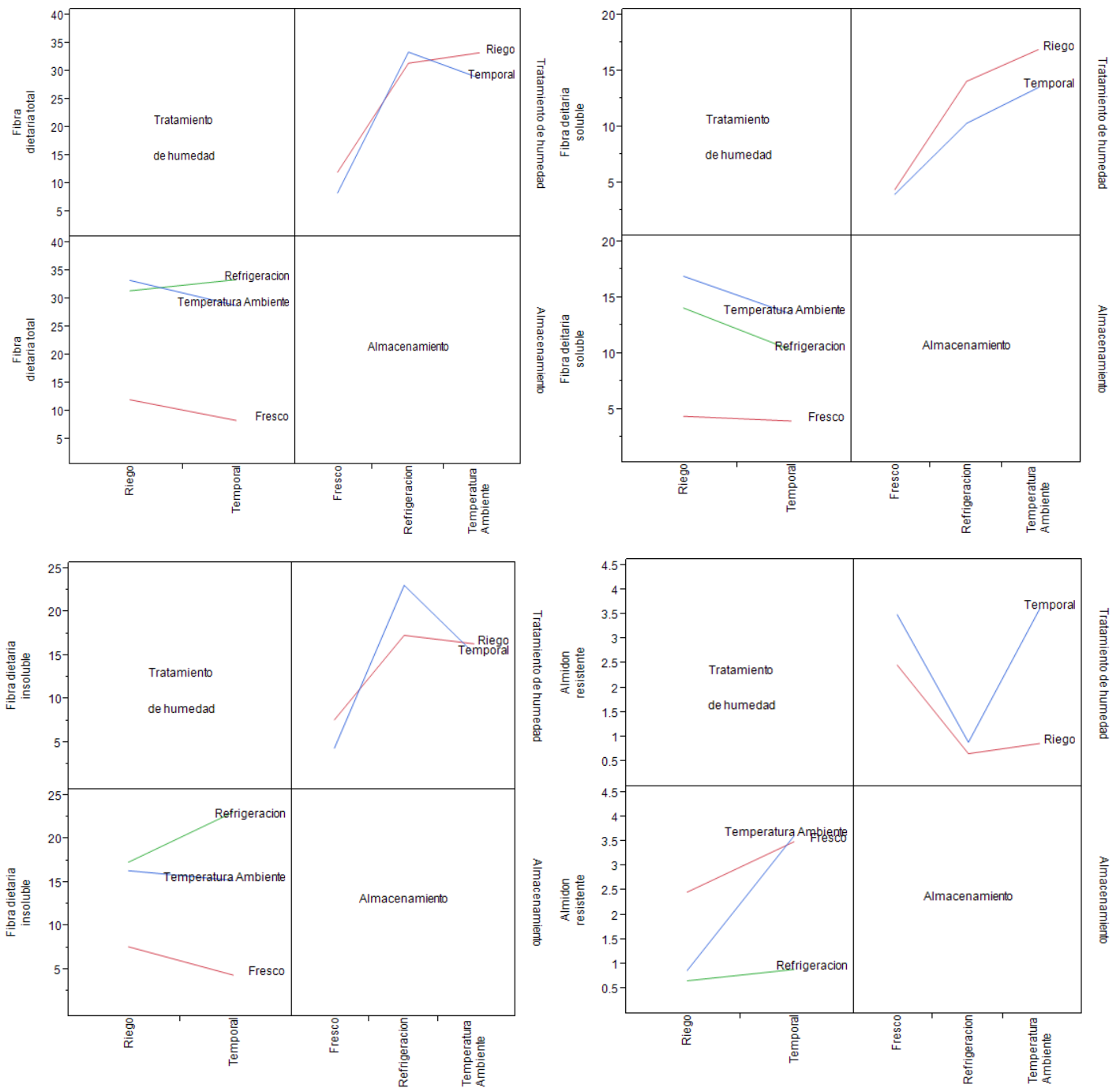


Figura 1. Gráfica de interacción entre los tratamientos de humedad y el almacenamiento, sobre la concentración de Fibra dietaria total, soluble, insoluble y almidón resistente de cáscaras de tuna.

En cuanto al contenido de la porción de almidón resistente de la fibra insoluble, se observó que independientemente del tipo de almacenamiento o el análisis en fresco, la concentración de almidón resistente es mayor cuando las tunas se obtienen de árboles producidos en temporal. Se observó un efecto de interacción significativo ( $p < 0.0001$ ) entre el tipo de almacenamiento y el suministro de humedad del suelo (Figura 1D). Tanto en cáscara de tunas del temporal, como en aquellas que pertenecían al riego, la concentración de almidón resistente fue menor por efecto del almacenamiento en refrigeración. Adicionalmente se puede mencionar que a pesar de que el efecto del almacenamiento a temperatura ambiente es ligeramente mayor (3 %) en tunas del temporal, con respecto al valor obtenido de frutas frescas, al cuantificar la concentración de almidón resistente de cáscaras de frutas del riego, el efecto es contrario, habiendo mayor almidón resistente en las cáscaras de las frutas frescas.

### CONCLUSIONES

El efecto del suministro de agua y el almacenamiento postcosecha son de amplia importancia para la síntesis de carbohidratos no digeribles en la cáscara de tuna, existiendo un efecto de interacción entre ambos factores. La cantidad de agua de la que dispone el nopal tunero es de importancia para la activación de las rutas metabólicas involucradas en la síntesis de carbohidratos, cuando el suministro de agua equivale a un déficit la síntesis de almidón será mayor en comparación a la cantidad de agua suministrada bajo riego. Además, resulta importante mencionar que la síntesis de fibra dietaria y sus fracciones soluble e insoluble es ampliamente dependiente del tratamiento postcosecha, en lo que condiciones de almacenamiento respecta. En base a estos resultados resulta indispensable continuar con la evaluación de metabolitos de diferente naturaleza y llevar la evaluación de las cáscaras de tuna a modelos in vivo.

### BIBLIOGRAFIA

- Feugang, J.M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F.C., Zou, C., 2006. Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruit. *Front. BioSci.* 11, 2574–2589.
- Figueroa-Pérez, M.G., Rocha-Guzmán, N.E., Pérez-Ramírez, I.F., Mercado-Silva, E., Reynoso-Camacho, R. (2014). Metabolite profile, antioxidant capacity, and inhibition of digestive enzymes in infusions of peppermint (*Mentha piperita*) grown under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Science*, 62: 12027-12033.
- Kamel, B. S., & Kakuda, Y. (2000). Fatty acids in fruits and fruit products. In C. K. Chow (Ed.), *Fatty acids in foods and their health implications* (2nd ed.) (pp. 239–270). New York: Marcel Dekker.
- Külen O., Stushnoff C., Holm D.G. (2013) Effect of cold storage on total phenolics content, antioxidant activity and vitamin C level of selected potato clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 2437-2444.



- Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., Mañas, E. (1993). Resistant starch in foods: modified method for dietary fiber residues. *Journal of Food Science*. 58: 642-643.
- Zheng M, Meng Y, Zhou Z, Wang Y, Chen B. 2014. Protein expression changes during cotton fiber elongation in response to drought stress and recovery. *Proteomics* 14, 1776-1995.

---

## MICORRIZAS COMERCIALES ASOCIADAS CON ABONOS ORGÁNICOS Y SU RESPUESTA EN LA ETAPA VEGETATIVA-REPRODUCTIVA DE CHILE TIPO POBLANO (*Capsicum annuum* L.), EN INVERNADERO CICLO OTOÑO-INVIerno

Lucio Leos Escobedo<sup>1</sup>, Juan de Dios Ruíz de la Rosa<sup>1</sup>, Claudio Ibarra Rubio<sup>1</sup>, Emilio Duarte Ayala<sup>1</sup>, Urbano Ávila Peralta<sup>2</sup>, Teresa Pérez Pérez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Suelos, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Parasitología, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad. Periférico y carretera a Santa Fe. Torreón, Coahuila.

<sup>2</sup> Estudiante Tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura.

<sup>3</sup> Maestro en Ciencias en Riego. Colaborador egresada del Instituto Tecnológico de Torreón. Ejido Ana, Torreón, Coahuila  
E. mail: [lleose@yahoo.com.mx](mailto:lleose@yahoo.com.mx)

### INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.), es la segunda hortaliza de mayor importancia en México, considerado como su centro de domesticación y de diversidad genética. Dentro del género *Capsicum*, esta especie tiene la mayor importancia económica. El género *Capsicum annuum* L., presenta una gran variedad de tipos, uno de los cuales el chile “poblano” o “mulato”, que por ser ingrediente básico de platillos tradicionales tiene gran importancia gastronómica, económica y social en Puebla. (Toledo–Aguilar *et al.*, 2010).

El uso de estiércoles como un fertilizante orgánico es una de las prácticas más antiguas utilizadas en la agricultura por el hombre. Su aplicación al suelo determina un aumento de la fertilidad, como también la mejoría de las propiedades físicas. En este contexto se hace necesario caracterizar los diferentes materiales para predecir su aporte de nutrimentos. Esta necesidad de predecir su efecto se acentúa además debido a que pueden provocar contaminación ambiental al aplicar dosis excesivas ya sea por pérdidas gaseosas de nitrógeno (procesos de desnitrificación y volatilización de amoníaco) como por la posibilidad de pérdidas por lixiviación de nitratos (NO<sub>3</sub>) Del Pino, (2012).

Trappe, (1994), define a las micorrizas en términos funcionales y estructurales, como “órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbiotes viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas) de las plantas terrestres. En esta asociación, la planta proporcionará al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un micro hábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrimentos minerales con baja disponibilidad en el suelo (principalmente Fósforo y Zinc), así como defensas contra patógenos. (Camargo-Ricalde *et al.*, 2012). El uso de los invernaderos actualmente se

justifica donde los mercados son cada vez más exigentes en la calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido de frutos. Esto hace que los productos generados en invernadero presenten nichos de alto nivel. Una agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales que limitan la producción. (Quesada–Roldan *et al.*, 2012). Evaluar la respuesta de las micorrizas asociadas con abonos orgánicos en la etapa vegetativa-reproductiva del chile ancho tipo poblano en condiciones de invernadero durante el ciclo otoño-invierno fue el objetivo del presente trabajo..

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero de 36 m<sup>2</sup> en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Este trabajo se inició durante el ciclo otoño-invierno del año 2018. Para este trabajo primero se realizó una caracterización química de los cinco abonos orgánicos (Estiércol Bovino, E. Equino, E. Caprino, Compost y Paja de trigo), mezclados con arena de río y suelo agrícola en varias proporciones 100:100, 75:100, 50:100 y 25:100, base V/V en laboratorio determinando pH y C.E. Enseguida y de acuerdo a valores obtenidos se prepararon soluciones con agua corriente y ácido cítrico hasta encontrar valores en el rango 6.3 a 6.8 para el pH y en el rango 1.7 a 2.3 en mS cm<sup>-1</sup> para la Conductividad eléctrica. Después se acondicionó el área del invernadero, seguido de la recolección y acarreo de abonos orgánicos colectados en los corrales de los animales dentro de la Universidad. La arena de río fue obtenida del lecho seco del río Nazas y pasada por una malla de 5 mm. Las mezclas de abonos orgánicos, arena de río y suelo agrícola acorde a la caracterización química. Se utilizaron bolsas de plástico capacidad de 18 kg, rellenas a un 75% de su capacidad. La siembra se realizó en semillero de unicef de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. El genotipo de chile poblano que se utilizó fue una variedad de polinización abierta. El trasplante se realizó cuando la plántula presentó alrededor de 10 a 11 hojas verdaderas o una altura de ocho a diez cm. La inoculación de micorrizas fueron cuatro gramos por planta antes del trasplante. El trabajo se estableció bajo el arreglo de un diseño experimental Completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento obteniendo 25 unidades experimentales. Cada planta conformó la unidad experimental. Los tratamientos de estudio fueron:

- T1= Suelo agrícola + Arena de río + Micorrizas
- T2= Estiércol bovino + Arena de río + Micorrizas

- T3= Estiércol equino + Arena de río + Micorrizas
- T4= Estiércol caprino + Arena de río + Micorrizas
- T5= Compost + Arena de río + Micorrizas

Las variables de estudio evaluadas fueron: En la etapa vegetativa la altura de la planta (cm), el grosor del tallo (mm), el Número de hojas verdaderas y en la etapa reproductiva: el Número de flores por planta y el Número de frutos cuajados (de 2 cm de longitud). Además del volumen de raíz y la producción de biomasa por planta.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la etapa vegetativa se encontró para altura de la planta alta significancia estadística con prueba de Tukey (0.05) a los 35 y 42 días después de trasplante (ddt), encontrando que el Tratamiento sobresaliente fue el T5 que refiere a Compost más arena de río más micorrizas (Cuadro 1), mientras que para el grosor del tallo nuevamente sobresalió el T5, con 4.37 mm en el tallo. El tratamiento poco favorable en este estudio lo presentó el T1, que refiere una mezcla de suelo agrícola más arena de río más micorrizas. Los organismos (Micorrizas) agregados a las plantas permitieron una mejor respuesta en la captación de agua y los nutrimentos minerales influyendo en el desarrollo y el engrosamiento de la misma (Trappe, 1994).

Cuadro 1. Medias obtenidas para la variable altura de planta y grosor del tallo expresado en cm y mm en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

	Altura de la planta (cm)		Diámetro de tallo (mm)
	35 ddt	42 ddt	42 ddt
T1 (SA+AR+MIC)	9.05 c	9.50 c	2.41 d
T2 (E.BOV+AR+ MIC)	10.67 bc	11.20 bc	2.84 c
T3 (E.EQU+AR+MIC)	11.32 bc	12.32 bc	3.13 bc
T4 (E.CAP+AR+MIC)	13.02 ab	13.80 b	3.28 b
T5 (COMP+AR+MIC)	15.50 a	17.82 a	4.37 a
C.V.	16.78%	16.92	5.14
DMS	2.99	3.29	0.36

SA= Suelo agrícola, E. BOV= Estiércol bovino, E. EQU= Estiércol equino, E. CAP= Estiércol caprino, COMP= Compost, A.R= Arena de río, MIC= Micorrizas.

Respecto al número de botones florales totales por tratamiento contabilizados a los 28 ddt, se encontró de nueva cuenta que sobresalió el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas) con 24 botones florales como se aprecia en la Figura 1.

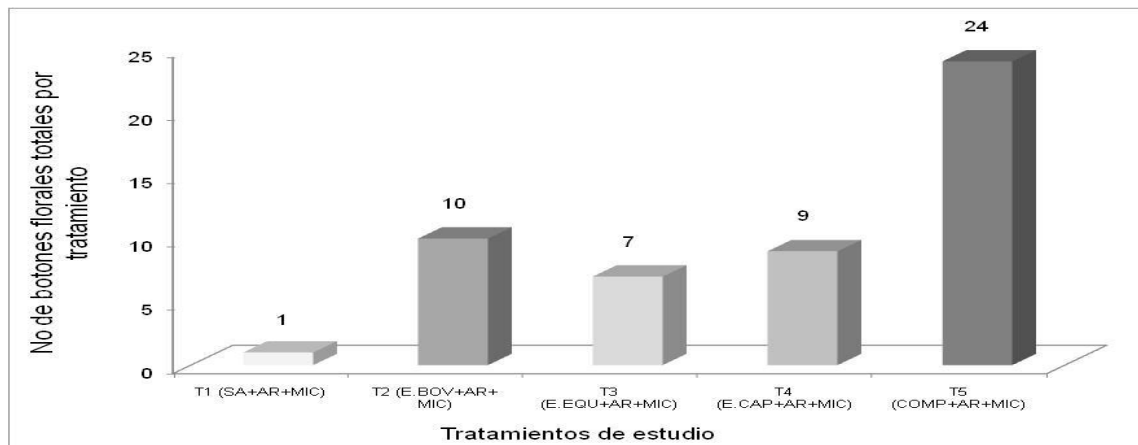
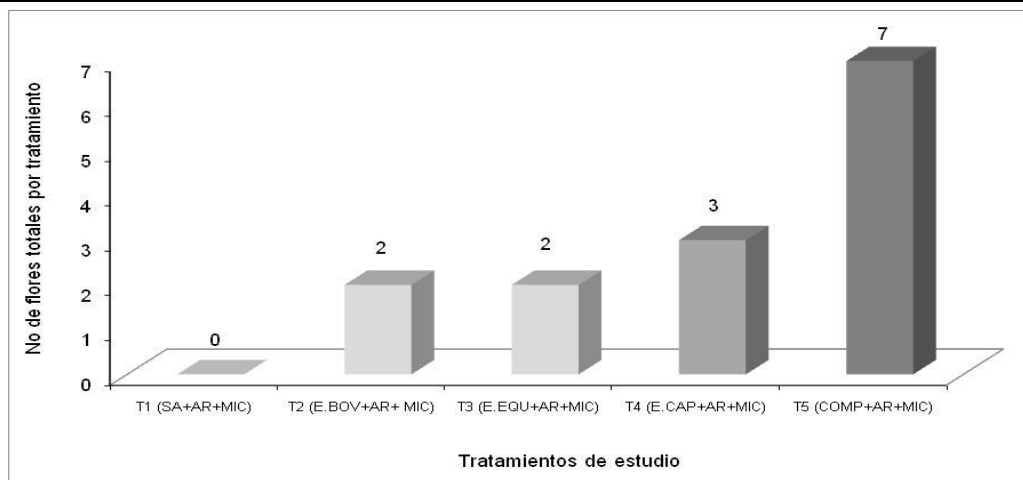


Figura 1. Número de botones florales totales obtenidos en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

La etapa reproductiva en una planta hortícola se inicia cuando aparece la primera flor (Ruíz de la Rosa, 2015). Para el número de flores totales por tratamiento contabilizadas a los 35 ddt, se encontró que sobresalió el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas) con siete flores como se aprecia en la Figura 2, seguido del Tratamiento 4. La tendencia al utilizar abonos orgánicos, permitirá no alterar el medio ambiente, estimular el crecimiento general de la planta, lo cual se traduce en un mayor desarrollo vegetativo, mayor rendimiento y una mejor calidad de las cosecha. Lo primordial los abonos orgánicos constituyen un grupo diverso de materiales procedentes de residuos de animales que presentan altos contenidos de materia orgánica (Potisek *et al.*, 2013).



**Figura 2.** Número de flores totales obtenidas en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

## CONCLUSIONES

En los resultados preliminares de un trabajo de investigación (Tesis del nivel licenciatura), se puede concluir que:

- 1.- Que las micorrizas asociadas con abonos orgánicos presentaron muy buena respuesta y para ello estudiar las asociaciones más sobresalientes como Micorrizas-Compost y Micorrizas-Estiércol caprino.
- 2.- El tratamiento mas sobresaliente en las variables de la etapa vegetativa y reproductiva fue el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas), el que favoreció la aparición de las primeras flores. Seguido del T4 (E. Caprino + Arena de río + Micorrizas).

## BIBLIOGRAFÍA

- Del Pino., A., C. Repetto., C. Mori., y C. Perdomo. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 26:43-52.
- Camargo-Ricalde S., L., N. M. Montaña., C. J. De la Rosa-Mera., S. A. Montaña A. 2012. Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista UNAM. Mx. Digital Universitaria*. México, D, F. 13(7):3-19.
- Potisek M., C. Gonzales., M. Agustín., V. Valle., H. Rodríguez., A. Román. 2013. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de Bioespacio ó casa-sombra. Folleto Técnico Núm. 31. 1 ed. Gómez Palacio, Durango. 55 p.
- Quezada R., G., y C. Méndez S. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*. 16(2):171-183.
- Ruiz de la R., J.D. 2015. Apuntes del curso Producción de plantas hortícolas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila.
- Toledo-Aguilar., R., H. López-Sánchez., P. Antonio L., J.D. Guerrero-Rodríguez., A. Santacruz-Varela., y A. Huerta-De la Peña. 2016. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(5):1005-1015.
- Trappe J., M. 1994. What's is a mycorrhiza? *Proceedings of the fourth. European Symposium on Mycorrhizae*.

---

## ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A MICORRIZAS EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO-REPRODUCTIVO DEL MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN INVERNADERO CICLO O-I

Lucio Leos Escobedo<sup>1</sup>, Esteban Favela Chávez<sup>1</sup>, Juan de Dios Ruíz de la Rosa<sup>1</sup>, Luis Fernando Montano<sup>1</sup>, Eddie Alicia Cortés Cruz<sup>2</sup>, Teresa Pérez Pérez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Suelos, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad. Periférico y carretera a Santa Fe. Torreón, Coahuila.

<sup>2</sup> Estudiante Tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura.

<sup>3</sup> Maestro en Ciencias en Riego. Colaboradora egresada del Instituto Tecnológico de Torreón. Ejido Ana, Torreón, Coahuila  
E. mail: [lleose@yahoo.com.mx](mailto:lleose@yahoo.com.mx)

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el melón ha pasado a ser una de las especies importantes entre los cultivos hortícolas (Abarca, 2017). La modernización de la agricultura y la gran variedad de insumos con mayor complejidad en su composición química, así como los dispositivos y la nueva maquinaria, los que junto con la intensificación de la mecanización han impactado de forma desfavorable (negativa) sobre el ambiente y la calidad de los alimentos producidos (Abarca, 2017). Ante tal problemática, la fertilización con abonos orgánicos ha vuelto a recibir la atención de los productores, donde sus diversas formas de uso en la actualidad están siendo objeto de investigación, para atender la creciente demanda de alimentos (Moreno *et al.*, 2014). Se ha establecido como alternativa según la agenda FAO 2030 el manejo de sistemas de producción sustentables, que promuevan prácticas que preserven los recursos naturales y la biodiversidad, que permitan hacer un uso eficiente y adecuado tanto de los residuos derivados, directa o indirectamente, del sector agropecuario (Mosquera, 2010). Los abonos orgánicos calientan el suelo y favorecen el desarrollo de las raíces (Mosquera, 2010), principal vía de nutrición de plantas (Moreno *et al.*, 2014). En suelos donde no existen los abonos orgánicos estos se vuelve fríos y de pésimas características para el crecimiento de las plantas (Escalona *et al.*, 2009). El uso de abonos orgánicos es recomendable para toda clase de suelos, especialmente, para aquellos de un bajo contenido en materia orgánica, desgastados por efectos de la erosión, contribuyendo a regenerar suelos aptos para la agricultura (Mosquera, 2010). Los microorganismos del suelo como las micorrizas y las rizobacterias desempeñan una función importante en el mantenimiento y la estabilidad de agrosistemas, contribuyen a la fertilidad del suelo, generan una mejor estructura y participan en la biodiversidad, además tienen un efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Son de una gran importancia en las

características edáficas de los suelos, participan en los ciclos bioquímicos de elementos como el carbono (C), el nitrógeno (N), el oxígeno (O), el azufre (S), el fósforo (P), el hierro (Fe) y otros metales, además de incrementar la fertilidad, proporcionan protección frente a fitopatógenos y actúan en la degradación de compuestos xenobióticos y participan en la producción de fitohormonas. (Santander, 2010). Un invernadero es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de las plantas (Reche, 2006), donde partiendo del estudio técnico de ambientación climática, deben obtenerse condiciones apropiadas de temperatura, humedad relativa y ventilación que permitan alcanzar un excelente desarrollo y una alta productividad a bajo costo, en un menor tiempo, sin daño ambiental, protegiéndose el cultivo en cuestión de las lluvias, el granizo, las heladas, los insectos y los excesos de viento que pudieran perjudicar un cultivo (Días y Monge, 2017). Los sistemas de producción de hortalizas en invernadero presentan varias ventajas entre las que destacan la producción en condiciones adversas de clima, la obtención de altos rendimientos y la obtención de productos inocuos de mejor calidad, tamaño, sabor y color (Reche, 2006). Evaluar la respuesta de los abonos orgánicos asociados a las micorrizas en la etapa vegetativa-reproductiva de melón en condiciones de invernadero durante el ciclo otoño-invierno fue el objetivo del presente trabajo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero de 36 m<sup>2</sup> en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Este trabajo se inició durante el ciclo otoño-invierno del año 2018. Para este trabajo primero se realizó una caracterización química de los cinco abonos orgánicos (Estiércol Bovino, E. Equino, E. Caprino, Compost y Paja de trigo), mezclados con arena de río y suelo agrícola en varias proporciones 100:100, 75:100, 50:100 y 25:100, base V/V en laboratorio determinando pH y C.E. Enseguida y de acuerdo a valores obtenidos se prepararon soluciones con agua corriente y ácido cítrico hasta encontrar valores en el rango 6.3 a 6.8 para el pH y en el rango 1.7 a 2.3 en mS cm<sup>-1</sup> para la Conductividad eléctrica. Después se acondicionó el área del invernadero, seguido de la recolección y acarreo de abonos orgánicos colectados en los corrales de los animales dentro de la Universidad. La arena de río fue obtenida del lecho seco del río Nazas y pasada por una malla de 5 mm. Las mezclas de abonos orgánicos, arena de río y suelo agrícola acorde a la caracterización química. Se utilizaron bolsas de plástico capacidad de 18 kg, rellenas a un 75% de su capacidad. La



siembra fue de forma directa depositando de dos a tres semillas por maceta para asegurar buena germinación. La inoculación de micorrizas fue de cuatro gramos por planta, se realizó después de la aparición de las hojas cotiledonares. El trabajo se estableció bajo el arreglo de un diseño experimental Completamente al azar con ocho tratamientos y seis repeticiones generando 48 unidades experimentales, cada planta conformó la unidad experimental. Los tratamientos de estudio fueron:

- T1= Suelo agrícola + Arena de río sin Micorrizas
- T2= Compost + Arena de río sin Micorrizas
- T3= Estiércol equino + Arena río + Micorrizas
- T4= Estiércol bovino + Arena de río + Micorrizas
- T5= Estiércol caprino + Arena de río + Micorrizas
- T6= Compost + Arena de río + Micorrizas
- T7= Suelo agrícola+ Arena de río + Micorrizas
- T8= Paja de trigo + Arena de río + Micorrizas

Las variables de estudio evaluadas fueron: En la etapa vegetativa: Longitud de la guía principal (cm), grosor del tallo (mm), Número de hojas verdaderas y en la etapa reproductiva el Número de flores macho, el Número de flores hembra, el Número de flores hermafroditas y el Número de frutos cuajados (De 2 cm de longitud).

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

En la etapa vegetativa del melón se encontró para el número de hojas verdaderas (NHV) alta significancia estadística con prueba de Tukey (0.05) a los 78 y 87 días después de trasplante (ddt), encontrando que el Tratamiento sobresaliente fue el T6, que refiere a Compost más arena de río más micorrizas (Cuadro 1), con valores medios igual a 60.60 y 65.60 hojas por planta respectivamente. Mientras que para el grosor del tallo a los 78 y 87 ddt, sobresalió el T7, que refiere la mezcla de suelo agrícola más arena de río más micorrizas con valores medios de 8.86 y 9.39 mm. Los organismos (Micorrizas) agregados a las plantas permitieron una mejor respuesta en el engrosamiento del tallo, influyendo en el mayor número de hojas verdaderas y en el mayor engrosamiento de tallo.

Cuadro 1. Medias obtenidas para las variables número de hojas verdaderas y grosor del tallo expresado en unidades y mm para los cinco tratamientos de estudio. 2018.

	No. Hojas verdaderas		Diámetro del tallo (mm)	
	78 ddt	87 ddt	78 ddt	87 ddt
T1 (SA+AR)	36.20 b	41.40 b	6.64 b	7.14 b
T2 (COMP+AR)	45.40 ab	48.20 ab	8.15 a	8.68 a
T3 (E.EQU+AR+MIC)	58.00 a	65.00 a	8.36 a	8.96 a
T4 (E.BOV+AR+MIC)	8.40 c	12.00 c	4.88 c	4.92 d
T5 (E.CAP+AR+MIC)	13.40 c	18.80 c	6.27 c	5.99 c
T6 (COMP+AR+MIC)	60.60 a	65.60 a	8.68 a	9.11 a
T7 (SA+AR+MIC)	56.80 a	61.40 a	8.86 a	9.39 a
T8 (PT+AR+MIC)	4.2 c	7.80 c	5.04 c	5.26 cd
C.V.	21.87%	21.78%	7.67%	6.23%
DMS	15.8	17.86	1.098	0.95

SA= Suelo agrícola, E. BOV= Estiércol bovino, E. EQU= Estiércol equino, E. CAP= Estiércol caprino, COMP= Compost, PT= Paja de trigo, A.R= Arena de río, MIC= Micorrizas, ddt= Días después de trasplante.

La etapa reproductiva en una planta hortícola se inicia cuando aparece la primera flor (Ruíz de la Rosa, 2015). Para el número de flores macho y flores hembra totales por tratamiento contabilizadas a los 50, 65 y 88 ddt, se encontró para este último que sobresalió el Tratamiento 3 (E. Equino + Arena de río + Micorrizas) con 67 y 16 flores respectivamente como se aprecia en la Cuadro 2. Las especies vegetales asociadas a las micorrizas presentan una fisiología y una ecología diferente con respecto a aquellas que no las tienen (Borie *et al.*, 2008). En un trabajo de investigación realizado en el año 2017 en el cultivo de calabacita, se encontró que estiércol de equino solarizado asociado a las micorrizas comerciales, logró incrementar el número de hojas y el número de botones florales por planta, los kilogramos por planta y la cantidad de frutos por planta (Tornez, 2018).

Cuadro 1. Medias obtenidas para las variables número de flores macho y número de flores hembra en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

	No. Flores macho			No. Flores hembra		
	50 ddt	65 ddt	88 ddt	50 ddt	65 ddt	88 ddt
T1 (SA+AR)	6	30	62	0	7	14
T2 (COM+AR)	2	19	43	0	7	9
T3 (E.EQU+AR+MIC)	5	15	67	0	9	16
T4 (E.BOV+AR+MIC)	1	4	5	0	0	2
T5 (E.CAP+AR+MIC)	1	4	5	0	0	4
T6 (COM+AR+MIC)	4	15	44	0	2	13
T7 (SA+AR+MIC)	0	23	34	0	8	14
T8 (PT+AR+MIC)	0	5	5	0	0	0

SA= Suelo agrícola, E. BOV= Estiércol bovino, E. EQU= Estiércol equino, E. CAP= Estiércol caprino, COMP= Compost, PT= Paja de trigo, A.R= Arena de río, MIC= Micorrizas, ddt= Días después de trasplante.

## CONCLUSIONES

En los resultados preliminares de un trabajo de investigación (Tesis del nivel licenciatura), se puede concluir que:

Que las micorrizas asociadas con abonos orgánicos presentaron buena respuesta en las asociaciones Compost más arena de río más micorrizas-Compost y Suelo agrícola más arena de río más Micorrizas. El tratamiento mas sobresaliente en las variable de la etapa vegetativa como el grosor del tallo fue el Tratamiento 6 (Compost + Arena de río + Micorrizas), el que favoreció el mayor número de hojas verdaderas. Por su parte el Tratamiento 7 (Suelo agrícola+ Arena de río + Micorrizas), favoreció el engrosamiento del tallo. El tratamiento mas sobresaliente en la etapa reproductiva (Número de flores macho y número de flores hembra) fue el Tratamiento 3 (E. Equino + Arena de río + Micorrizas) a los 88 ddt con 67 y 16 flores totales respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca P., P. 2017. Manual de manejo agronómico para cultivo de melón *Cucumis melo* L. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INIA). Santiago de Chile, Chile.
- Borie F, R. Rubio., y A. Morales. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregation. *Journal Soil Science and Plant Nutrition* 8:9–18.
- Días J., M y Monge., J., E. 2017. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero: efecto de poda y densidad de siembra. *Revista Posgrado y Sociedad Sistema de Estudios de Posgrado Universidad Estatal a Distancia. Costa rica.* 15(1): 2-11.
- Escalona V., P. Alvarado., H. Monardes., C. Hubina., A. Martin. 2009. Manual de cultivo del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo* L.). ed. Universidad de Chile. Santiago, de Chile. 51 p.
- Moreno-Reséndez A., L. García-Gutiérrez., P. Cano-Ríos., V. Martínez-Cueto., C. Márquez-Hernández., N. Rodríguez-Dimas. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo* L) con vermicompost bajo condiciones de Invernadero. *Ecosistemas y recursos Agropecuarios. Torreón Coahuila, México.* 1(2): 163-173.
- Mosquera B. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana, Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. 23 p.
- Potisek M., C. Gonzales., M. Agustín., V. Valle., H. Rodríguez., A. Román. 2013. Producción de Melón (*Cucumis melo* L.) Bajo Condiciones de Bioespacio ó Casa-sombra. Folleto Técnico Núm. 31. 1 ed. Gómez Palacio, Durango. 55 p.
- Reche M., J. 2006. Cultivo de Melón en Invernadero. Ed. Junta de Andalucía. España. 312 p
- Santander C. 2012. Efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* Schenck & Smith y *Trichoderma harzianum rifai*, en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.; tipo Inodorus var. Honey dew orange flesh), bajo un ambiente controlado. Tesis de licenciatura. Universidad Arturo Prat. Iquique, Chile. 131 p.

---

## CONTENIDO Y DISTRIBUCIÓN DEL POTASIO EN PERFILES DE SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO.

1 J.H. Ramírez Silva, 1 Y. Aguilar Duarte, 1 G. Ramírez Jaramillo y 2 C. Oropeza Salín

1 Centro 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

2 Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán

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

### INTRODUCCION

Mucho se ha comentado sobre la importancia del potasio (K) en las plantas debido a que puede intervenir en procesos como la respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila y contenido de agua en las hojas (Devlin, 1975); participa en diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos en la activación enzimática, síntesis de proteínas, fotosíntesis, osmorregulación, actividad estomática, transferencia de energía, transporte en el floema, equilibrio anión-cation y resistencia al estrés biótico y abiótico (Intagri, 2017). Es un nutriente clave en la relación planta- agua ya que ayuda a mantener altos niveles de turgencia y en consecuencia niveles adecuados de agua en las plantas. Su importancia es tanto cuantitativa y cualitativa ya que durante el proceso de división celular regula la disponibilidad de azúcares.

En el caso particular del cocotero, se ha reportado (Pérez Zamora, 2003) que al aplicar solamente K (0 N-0.8 K) superó en 18.9% al testigo, en cuanto al número de cocos por palma, copra por palma y copra por nuez. Sin embargo, aplicarlo en combinación con nitrógeno (N) (0.8 N-0.8 K y 0.4 N-1.6 K) aumentó significativamente en 34% el número de cocos por palma y la cantidad de copra por palma con respecto al testigo a ocho y doce meses después de aplicar los fertilizantes. A pesar de los resultados sobre respuestas positivas del cocotero a la aplicación de K existen otros autores que evidencian la falta de respuesta como lo consigna Mehindapala (1981).

Es por lo anterior que reviste importancia conocer la dinámica de los nutrientes el suelo ya que se puede mejorar el uso racional de fertilizantes en el cultivo de cocotero; de tal manera que aquellos cultivos creciendo en suelos arenosos, con bajo contenido de nutrientes, puedan expresar, con aplicaciones óptimas nutricionales, su máximo potencial productivo y en consecuencia hacer del cocotero un cultivo redituable para las familias que dependen de la actividad.

A pesar de la importancia del papel que juega la nutrición en el cultivo de cocotero, se conoce muy poco sobre las características químicas de los suelos donde se produce coco; y las recomendaciones de fertilización están basadas en un sistema de aplicación y observación sin considerar la oferta inicial del suelo; ya que de esto dependerá el grado de respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes.

En alusión a lo anterior, y dada la importancia mayúscula que reviste el K para el cocotero, se propuso este trabajo con el fin de realizar un diagnóstico del contenido y distribución de este elemento en perfiles del suelo de zonas productoras de coco del estado de Guerrero considerado como uno de los estados con mayor superficie dedicada al cultivo en México.

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en el estado de Guerrero en febrero del 2015 en las regiones de Costa Chica y Costa Grande en suelos francos (limosos, arenosos y arcillosos) con un clima cálido-subhúmedo Aw0 (García, 1988) y precipitación media anual de 1,200 mm. Se seleccionaron tres municipios con sus correspondientes localidades con plantaciones de 10 hectáreas de cocotero ubicadas entre 16° 42' 45" y 17° 05' 51" Latitud Norte y de -99° 13' 08" y -100° 28' 58" Longitud Oeste.

En estos sitios, previamente, ya se habían realizado estudios de suelos donde se tomaron muestras individuales a 0-30 y 30-60 cm de profundidad; por lo que, en esta ocasión, y como estudio complementario, se extrajeron muestras en cada horizonte del suelo a lo largo de cuatro perfiles con horizontes de diferente profundidad dependiendo del sitio de muestreo.

En Costa Chica, Municipio de San Marcos, se seleccionó el predio Alto de Ventura (Perfil 1) y en Costa Grande en Tecpán de Galeana se seleccionó el predio Aguas Blancas (Perfil 2). En el municipio de Benito Juárez se consideró al predio Las Tunas con dos perfiles (Perfil 3 y 4). El Perfil 3 de Las Tunas se realizó en un área afectada por acumulación de lodos debido a deslaves provocado por diferentes huracanes e inundaciones. En el Cuadro 1 se detalla la distribución de Perfiles por regiones, municipios, y predios.

Se identificaron los horizontes de cada perfil considerando la profundidad en cm de cada uno de ellos a los que se les tomó una muestra de un kilo enviada para su análisis al laboratorio de la empresa Phytomonitor en el estado de Sinaloa donde se determinó el contenido de K extraído con acetato de amonio (Ac. NH<sub>4</sub> pH 7.0). Los resultados se reportaron en Cmoles/kilo de suelo.

Los contenidos de K fueron comparados con los reportados por la Norma Oficial Mexicana (Nom-021-Semarnat-2000) de 0.3-0.6 Cmol/kilo y los de la propia empresa Phytomonitor (2015) de 0.25-0.86 Cmol/kilo. Se calcularon para cada perfil los coeficientes de variación (CV) entre los contenidos de K encontrados en cada horizonte.

Cuadro 1. Distribución de perfiles en cada región, municipios y predios muestreados en el estado de Guerrero. Febrero 2015.

<b>PERFIL</b>	<b>REGIÓN</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>PREDIO</b>
1	COSTA CHICA	SAN MARCOS	ALTOS DE VENTURA
2	COSTA GRANDE	TECPÁN DE GALEANA	AGUAS BLANCAS
3	COSTA GRANDE	BENITO JUÁREZ	LAS TUNAS
4	COSTA GRANDE	BENITO JUÁREZ	LAS TUNAS

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Perfil de suelos en Altos de Ventura*

En el Cuadro 2 y la Figura 1 se muestran la concentración (Cmol/kilo) y distribución del K a lo largo del perfil del suelo en los diferentes horizontes encontrados. Es de notar que la concentración de K en cada uno de los horizontes, a excepción del horizonte más profundo entre 86 y 110 cm, se encuentra dentro del rango de suficiencia en consideración a los rangos de suficiencia reportados por la Norma Oficial Mexicana y Phytomonitor. La concentración del elemento disminuye con la profundidad de los horizontes.

Cuadro 2. Concentración de K (Cmol/kilo) en diferentes horizontes y profundidades del suelo en Altos de Ventura Municipio de San Marcos Guerrero, México.

<b>HORIZONTE</b>	<b>PROFUNDIDAD (cm)</b>	<b>K<sup>+</sup> (Cmol/kilo)</b>	<b>ESTATUS</b>
P1H1	0-16	0.56	SUFICIENTE
P1H2	16-38	0.33	SUFICIENTE
P1H3	38-86	0.26	SUFICIENTE
P1H4	86-110	0.23	Deficiente

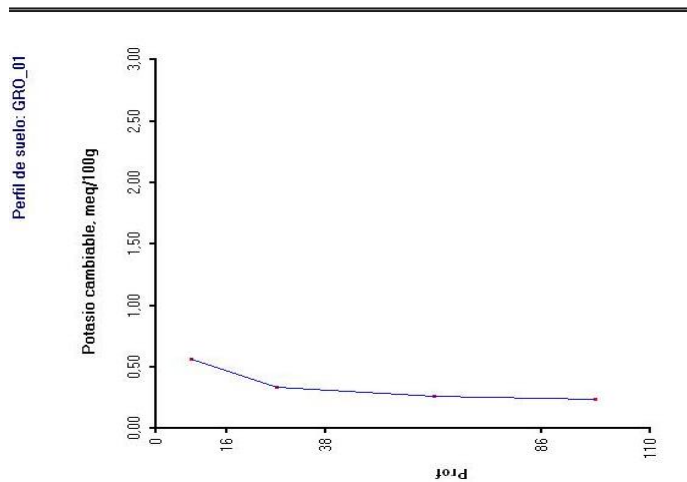


Figura 1. Distribución del K en el perfil del suelo de Altos de Ventura Municipio de San Marcos Guerrero, México.

**Perfil de suelos en Aguas Blancas**

En el Cuadro 3 y Figura 2 se consignan los resultados de la concentración de K en cada horizonte del suelo de Aguas Blancas. No se encuentran contenidos de K abajo del rango de suficiencia y se ubican dentro de un rango adecuado por lo que no es de esperarse enfrentar problemas de deficiencias del elemento.

Cuadro 3. Concentración de K (Cmol/kilo) en diferentes horizontes y profundidades del suelo en Aguas Blancas Municipio de Tecpán de Galeana Guerrero, México.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	K <sup>+</sup> (Cmol/kilo)	ESTATUS
P2H1	0-20	0.43	SUFICIENTE
P2H2	20-34	0.38	SUFICIENTE
P2H3	34-60	0.26	SUFICIENTE
P2H4	60-100	0.49	SUFICIENTE

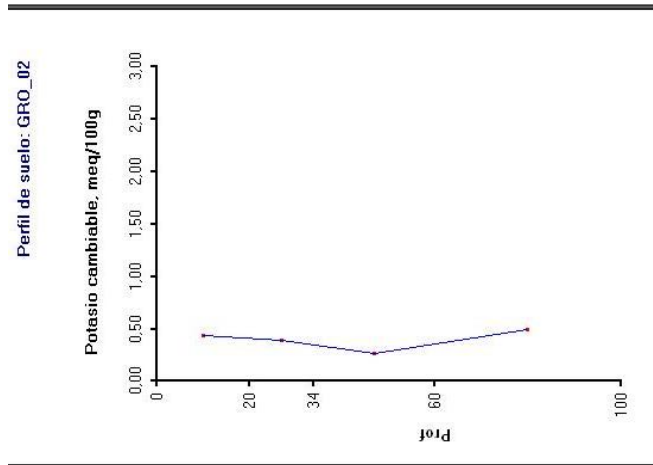


Figura 2. Distribución del K en el perfil del suelo de Aguas Blancas Municipio de Tecpán de Galeana Guerrero, México.

**Perfil de suelos en Las Tunas**

En los Cuadros 4 y 5 se observan los contenidos de K a diferentes profundidades del perfil del suelo y puede notarse, a diferencia de los otros predios, que todos los valores están próximos al límite máximo del rango de suficiencia reportado en la Norma Oficial Mexicana de 0.6 Cmol/kilo (Nom-021-Semarnat-2000). Estos suelos fueron modificados debido a la influencia de inundaciones, deslaves y acumulación de lodos provocados por el Huracán Ingrid y la Tormenta Emanuel en el 2013 (Raga et al., 2013) que indujeron cambios en las características químicas originales del suelo.

El contenido de K fue más rico en todos los horizontes de los dos perfiles de Las Tunas en comparación a los perfiles de Altos de Ventura y Aguas Blancas.

Cuadro 4. Concentración de K (Cmol/kilo) en diferentes horizontes y profundidades del suelo (Perfil 1) en Las Tunas Municipio de Benito Juárez Guerrero, México afectados por deslaves e inundaciones.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	K <sup>+</sup> (Cmol/kilo)	ESTATUS
P3H1	0-30	0.54	SUFICIENTE
P3H2	30-52	0.51	SUFICIENTE
P3H3	52-92	0.51	SUFICIENTE
P3H4	92-116	0.51	SUFICIENTE



La distribución de K en los perfiles de las Tunas se observa en las Figuras 3 y 4. En el Perfil 1 la distribución de este elemento es uniforme a lo largo del perfil, pero variable en el Perfil 2. Esto indica que la acumulación de sedimentos, durante las inundaciones, no fueron uniformes en el área afectada, pero tuvieron la ventaja final de enriquecer nutrimentalmente los suelos.

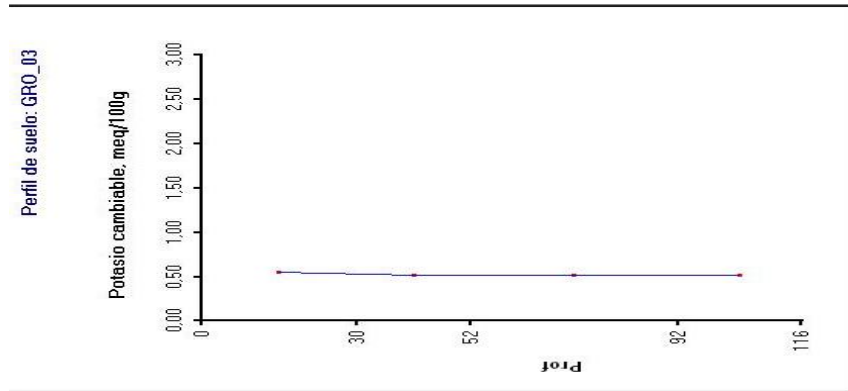


Figura 3. Distribución del K en el perfil del suelo (Perfil 1) Las Tunas Municipio de Benito Juárez Guerrero, México afectados por deslaves e inundaciones.

Cuadro 5. Concentración de K (Cmol/kilo) en diferentes horizontes y profundidades del suelo (Perfil 2) en Las Tunas Municipio de Benito Juárez Guerrero, México afectados por deslaves e inundaciones.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	K <sup>+</sup> (Cmol/kilo)	ESTATUS
P4H1	0-7	0.64	SUFICIENTE
P4H2	7-23	0.51	SUFICIENTE
P4H3	23-46	0.74	SUFICIENTE
P4H4	46-70	0.66	SUFICIENTE
P4H5	70-90	0.20	Deficiente
P4H6	90-130	0.33	SUFICIENTE

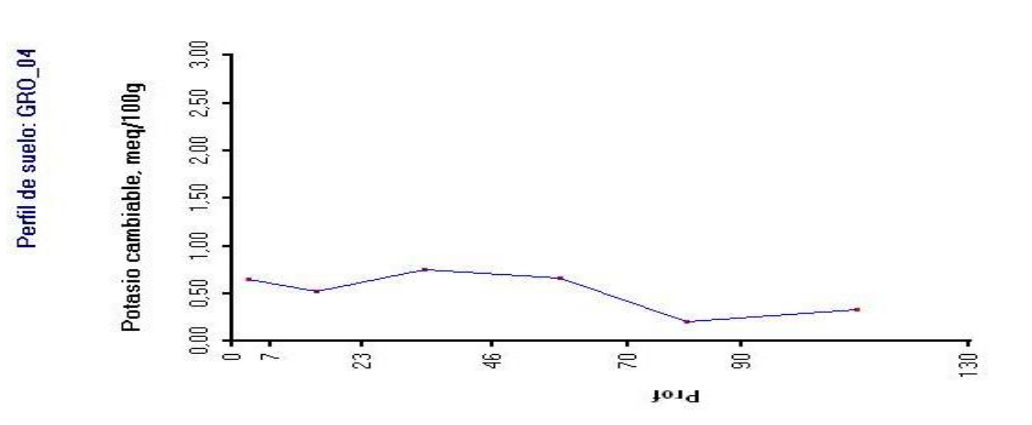


Figura 4. Distribución del K en el perfil del suelo (Perfil 2) Las Tunas Municipio de Benito Juárez Guerrero, México afectados por deslaves e inundaciones.

**Coefficientes de Variación (CV)**

En el siguiente Cuadro 6 se consignan los promedios, desviaciones estándar y CV's de cada perfil del suelo. Se observa que aquellos predios, sin una influencia extrema de inundaciones, obtuvieron los promedios de K más bajos con 0.34 y 0.39 Cmol/kilo en Altos de Ventura y Aguas Blancas respectivamente mientras que los dos perfiles de Las Tunas mostraron valores promedio más altos con 51.7 y 51.3 Cmol/kilo respectivamente.

Los CV's variaron desde el más bajo con 2.9% en el predio Las Tunas (Perfil 1) donde la distribución del K a lo largo del perfil fue homogénea mientras que en los demás perfiles los CV's más elevados se encontraron en Altos de Ventura de San Marcos y Las Tunas (Perfil 2) Benito Juárez con valores de 43 y 40 % respectivamente. El CV intermedio con 25 % fue en Aguas Blancas de Tecpán de Galeana. Estas aseveraciones se hacen en referencia a los trabajos de Muñoz et al. (2006) quien menciona que CV's menores a 10% son bajos y de 20 a 40% son intermedios.

Cuadro 6. Promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación para concentración de K distribuido en diferentes horizontes de perfiles del suelo en predios de Costa Grande y Costa Chica del estado de Guerrero México. Febrero 2015.

<b>PERFIL</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	<b>CV (%)</b>
<b>1</b>	<b>0.34</b>	<b>0.149</b>	<b>43%</b>
<b>2</b>	<b>0.39</b>	<b>0.098</b>	<b>25%</b>
<b>3</b>	<b>0.51</b>	<b>0.015</b>	<b>2.9%</b>
<b>4</b>	<b>0.51</b>	<b>0.210</b>	<b>40%</b>

---

### **Consideraciones agronómicas**

De acuerdo a los resultados obtenidos queda de manifiesto que los suelos dedicados a cocotero en los predios estudiados del estado de Guerrero pueden ofertar, al cultivo, suficientes cantidades de K intercambiable y que la repuesta a las aplicaciones de este elemento pueden no intervenir en los rendimientos de frutos y copra.

Existen reportes donde se manifiesta que una fertilización adicional no incrementa sustantivamente los rendimientos de nueces por árbol (Mahindapala, 1981). Así mismo, otros autores no encontraron respuestas al aplicar N, P y K en el estado de Tabasco (Domínguez, citado por Ordaz (2001). Sin embargo, Ordaz y Pérez (1998) reportan que hay quienes sugieren la aplicación de 1.9 de KCl y 1.2 kg de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por palma y que la respuesta dependerá de la variedad, del suelo y del manejo agronómico.

### **CONCLUSIONES**

- Todos los suelos monitoreados en este estudio no presentaron deficiencias de K debido a que los contenidos del elemento están dentro del rango de suficiencia.
- Los contenidos más altos de K se encontraron en aquellos predios que enfrentaron problemas de inundaciones y acumulación de lodos por arrastre debido a fenómenos meteorológicos como huracanes.
- Los resultados sugieren, que en el corto plazo, el cocotero no requerirá aplicaciones de k.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Devlin, R.M. 1975. Fisiología Vegetal. University of Massachusets. Ediciones Omega, S.A. Casanova, 220-Barcelona 11.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. UNAM. México, D.F.
- Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4 p.
- Mahindapala, R. 1981. Fifty years of coconut research. Tropical Agriculturist. 137:89-95
- 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).
- Ordaz, E. 2001. El cultivo de cocotero en el pacífico mexicano. Folleto Informativo para productores. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Colima Colima, México.

- Pérez Zamora, O. 2003. Fertilización nitrogenada y potásica del cocotero en Colima. Terra Latinoamericana, Vol.21, Núm. 3, julio-septiembre pp.401-408. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo México.
- Phytomonitor. 2015. Reporte de análisis de fertilidad de suelos. Bachigualato. Culiacán, Sinaloa.
- Raga, G. B., De la Parra, M., Olivera, S. M. y Marín, J. C. 2014. Manuel and Ingrid (2013) over Mexico: Effects and Impacts. Conference paper. 31<sup>st</sup>. Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology 2014, American Meteorological Society. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/268115205\\_Manuel\\_and\\_Ingrid\\_2013\\_over\\_Mexico\\_Effects\\_and\\_Impacts](https://www.researchgate.net/publication/268115205_Manuel_and_Ingrid_2013_over_Mexico_Effects_and_Impacts)

---

## EFECTO DE DIFERENTES ENRAIZADORES EN LA CALIDAD DE PLANTULA DE TOMATE

María Gabriela Ramírez Valadez<sup>1</sup>, Miguel Angel Hernández Aguilar<sup>2</sup>, Armando Ramírez Arias<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital.

<sup>2</sup>Horticultura Protegida. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco Km 38.5 Texcoco Edo. de México.

Email: [ga\\_bi05@hotmail.com](mailto:ga_bi05@hotmail.com)

### INTRODUCCION

Uno de los mayores retos en la producción de tomate es contar con plántulas sanas, vigorosas y de excelente calidad al momento del trasplante (Preciado et al. 2008). La raíz es el órgano de la planta encargado de suministrar el agua y los nutrimentos que ésta necesita. Por lo que en la producción de plántula se busca obtener raíz sana y de volumen suficiente para que pueda captar la cantidad de agua y nutrientes necesarios para afrontar el estrés que representa el trasplante. Para promover la producción de raíz en las plántulas de tomate se utilizan productos a base de reguladores de crecimiento y/o elementos minerales altamente disponibles.

Los reguladores de crecimiento, en general, actúan modificando el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de su acción sobre vías y pasos bioquímicos específicos. Algunos reguladores de crecimiento actúan de manera similar como lo hacen las fitohormonas endógenas, las cuales juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo en la parte aérea y radical (Wang et al. 2009); en las plantas, se reconocen cinco tipos de hormonas de crecimiento: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno. Por otro parte elementos minerales como el fósforo, promueven el crecimiento de la raíz, mientras que la aplicación de nitrógeno incrementa la producción de la parte aérea de la planta (Jones et al., 1991).

### MATERIALES Y METODOS

**Siembra.** Se llevó a cabo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue una mezcla de peat moss y perlita (70% de peat moss + 30% de perlita), la semilla utilizada fue la variedad El Cid F1, la siembra se realizó de forma manual.

**Riego.** Una vez emergidas las plántulas y hasta los siete días se regaron una vez al día con agua simple, posteriormente de los ocho a los 20 días después de la emergencia se regaron con la solución nutritiva Steiner al 25 % y finalmente a partir del día 21 se regaron con la solución Steiner al 50 %. A los 30 días las plántulas se trasladaron al laboratorio de para la medición de las variables.

**Variables respuesta:**

A los 30 días después de la siembra se evaluaron las siguientes variables:

**Altura de planta.** La planta se midió con una regla graduada desde la base del cepellón hasta el ápice de esta.

**Número de hojas.** Se contó el número total de hojas verdaderas en cada uno de los individuos.

**Diámetro de tallo.** En cada uno de los individuos se midió el diámetro de tallo con un vernier digital debajo de las hojas cotiledonares.

**Área foliar.** Para la obtención del área foliar se desprendieron las hojas de 10 individuos y se pasaron en un integrador de área foliar.

**Volumen de raíz.** Para la medición de esta variable se lavó completamente el cepellón, en una probeta con un volumen de agua conocido se introdujeron las raíces y por diferencia se determinó el volumen con la siguiente fórmula:

$$V = V2 - V1$$

Donde:

V = Volumen de raíz

V2 = Volumen final

V1 = Volumen inicial

**Peso seco del vástago.** Se separó la parte aérea de 20 plántulas, se colocaron en bolsas de papel estraza y se pusieron en una estufa de secado donde se mantuvieron a una temperatura de 80 °C hasta obtener un peso constante, y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

**Peso seco de raíz.** Se separó la parte radicular de 20 plántulas, se colocaron en bolsas de papel estraza y se pusieron en una estufa de secado donde se mantuvieron a una temperatura de 80 °C hasta obtener un peso constante, y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

**Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental fue un completamente al azar con 6 tratamientos (6 productos comerciales diferentes) y cuatro unidades experimentales por tratamiento y cada una de estas con 25 plantas, cada tratamiento consto de 100 individuos de los cuales se tomaron 20 para realizar las mediciones de las variables a evaluar. En el Cuadro 1 se indican los tratamientos utilizados en el ensayo.

El análisis de datos se realizó mediante un análisis estadístico de varianza (ANOVA) y posteriormente la prueba de tukey (P = 0.05) para la comparación múltiple de medias, se realizó con ayuda del paquete estadístico SAS 9.0 para Windows.

Cuadro 1. Enraizadores comerciales utilizados en el ensayo experimental

Tratamiento	Enraizador
T1	Phyto Root®
T2	Rooting®
T3	Root Factor®
T4	Ruter AA®
T5	Rootex®
T6	Raiz plant 500®

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Altura de planta

Se encontraron diferencias significativas para esta variable los valores se encuentran en un rango de 7.91 a 12.23 cm (Cuadro 2), los tratamientos que presentaron mayor altura fueron: T4 y T2 los cuales contienen los enraizadores Ruter AA® y Rooting®, respectivamente y los tratamientos con menor altura fueron T1 y T3, con altura de 7.4 y 7.91 cm respectivamente, lo que indica que, los enraizadores hormonales al no contener elementos minerales no promueven el crecimiento de la planta, por lo tanto, la adición de minerales contenidos en los enraizadores compensa los minerales que no se encuentran en el sustrato tal como lo reporta Andrade-Rodríguez *et al.* (2008) para plántulas de papaya.

### Número de hojas

No se encontraron diferencias significativas para esta variable, los valores de los diferentes tratamientos oscilo entre 3 y 3.3 hojas por planta.

### Área foliar

El área foliar es de gran relevancia, ya que constituye una de las principales fuentes de fotoasimilados y nutrientes para la adaptación de la plántula al sitio definitivo de desarrollo (Moreira *et al.*, 2010). En el cuadro 2 se muestran los valores de esta variable, los cuales tienen diferencia estadística significativa. Los tratamientos con mayor área foliar fueron T4 y T2 con valores de 45.97 y 44.01 cm<sup>2</sup> los cuales están conformados por Rooting® y Ruter AA®. Estos resultados muestran que, al adicionar auxinas y elementos minerales a las plántulas, estas desarrollan mayor cantidad de follaje. Preciado-Rangel *et al.* (2010) reportan que al adicionar potasio y nitrógeno a plántulas de tomate se incrementa su área foliar.

Cuadro 2. Pruebas de tukey ( $p < 0.05$ ) aplicadas a las variables respuesta

Tra	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Volumen de raíz (mL)	Peso seco vástago (g)	Peso seco raíz (g)
T1	7.91 cd	2.08 b	3.0 a	22.80 b	4.3 ab	1.22 c	2.37 ab
T2	11.39 a	2.72 a	3.1 a	45.97 a	4.6 a	2.18 a	0.84 b
T3	7.4 d	1.99 b	3.0 a	21.48 b	4.4 ab	1.09 c	2.55 a
T4	12.23 a	2.63 a	3.3 a	44.01 a	2.3 cd	1.86 b	1.23 ab
T5	8.54 bc	1.89 b	3.0 a	21.76 b	1.5 d	1.16 c	1.15 ab
T6	9.63 b	2.07 b	3.1 a	26.76 b	3.4 bc	1.23 c	1.58 ab
DMS	1.10	0.31	0.37	6.82	1.16	0.22	1.69
CV	8.63	10.33	9.02	16.81	25.49	5.36	36.81

\*=Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación.

### Diámetro de tallo

El mayor diámetro de tallo se obtuvo en el tratamiento T2 al cual se les aplicó Rooting® (Cuadro 2). Este tratamiento contiene concentraciones altas de fitohormonas principalmente auxinas, las cuales tienen un papel importante en el crecimiento de los tallos (Zhenxin *et al.*, 2017). Resultados similares reportó Silva (1998) en plantas de girasol. Los valores más bajos para esta variable se obtuvieron en el tratamiento T5, aunque sin diferencia estadística significativa con T1, T3, T5 y T6 los cuales tienen a los enraizadores; Phyto root®, Root factor®, Rootex® y Raiz plant 500® respectivamente.

### Volumen de raíz

Se encontraron diferencias estadísticas significativas para esta variable, los tratamientos que presentaron mayor volumen de raíz fueron: T1, T2 y T3, los cuales están compuestos por los enraizadores hormonales. Esto se debe a que los enraizadores contienen altas concentraciones de fitohormonas y aminoácidos los cuales promueven el desarrollo, división y elongación celular (Retamales, 2010). García *et al.* (2015) reportó que al aplicar reguladores de crecimiento a base de giberelinas y aminoácidos obtuvo un buen desarrollo radicular en plántulas de tomate, mientras que en plántulas de chile habanero los mejores resultados para desarrollo de raíz los obtuvo al aplicar reguladores a base de auxinas y citocininas.

### Peso seco de vástago

Los resultados de esta variable se muestran en el Cuadro 2, en el cual se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, obteniendo el valor más alto en T2, seguido por el T4, mientras que el resto no presenta diferencia estadística



significativa. Lo que indica que los productos Rooting® y Ruter AA® promueven el crecimiento foliar.

### **Peso seco raíz**

El valor más bajo para esta variable se obtuvo en el T2, mientras que el valor más alto se presentó en el T3, el cual está compuesto por la aplicación de Root Factor®, esto se debe a que este enraizador tiene altas concentraciones de hormonas y aminoácidos, las cuales favorecen principalmente el desarrollo radicular de las plantas. Cuesta y Mondaca (2014), encontraron que al aplicar auxinas a plántulas de tomate se incrementa el número y el peso seco de las raíces, Arriaga (2011) observó que al aplicar reguladores de crecimiento de tipo hormonal a plántulas de chile se incrementa el número de raíces.

## **CONCLUSIONES**

Para las variables altura de planta, número de hojas, área foliar y peso seco de vástago los valores más altos se obtuvieron en los mismos tratamientos, lo que significa que en este experimento estas variables están correlacionadas. Estos tratamientos están conformados por los enraizadores de tipo mineral y un enraizador hormonal (Rooting®), los cuales aportan elementos minerales altamente disponibles que inducen en crecimiento foliar de las plantas. Mientras que los valores más altos para volumen y peso seco de raíz se obtuvieron en las mezclas con los tres enraizadores de tipo hormonal, los cuales inducen el crecimiento y desarrollo radicular de las plántulas de tomate.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Andrade-Rodríguez M., J.J. Ayala-Hernández, I. Alia-Tejacal, H. Rodríguez-Mendoza, C.M. Acosta-Durán y V. López-Martínez. 2008. Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. Rev. Fac. Agron. 25:617-635 pp.
- Arriaga R., J., A. 2011. Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de chile serrano (*Capsicum annum* L.) Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 77 p.
- Cuesta G. y Mondaca E. 2014. Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 20(2): 215-222
- García-Munguía A. M., Morfín-Arriaga A. A., García-Munguía C. A., García-Munguía A., Gastelum-Ferro W. K., De Lira-Ramos K. V. y Rodríguez-Cabrera R. 2015. Evaluación de reguladores de crecimiento en el desarrollo de plántulas hortícolas. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan. 3(5):900-910.

- Jones Jr, J. B., Wolf, B., y Mills, H. A. 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. Atenas, Grecia. pp 213-214.
- Moreira, M. A.; F. Moraes Dantas, F., F. G. Bianchinie P. R. Almeida Viégas. 2010. Produção de mudas de berinjela com uso de pó de coco. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais (Campina Grande) 12 (2): 163-170.
- Preciado Rangel, P. Lara-Herrera, A. Segura Castruita, M. Rueda Puente, E., O. Orozco V., J., A. Yescas C., P. y Montemayor T., J., A. 2008. Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. Terra. 26(1): 37-42
- Preciado-Rangel, P., Torres, A., G. Segura-Castruita, M., A. Fortis-Hernández, M. y García-Hernández, J., L. Rueda-Puente, E., O. y Sánchez-Chávez, E. 2010. Evaluación de orina humana como fuente de nutrientes en la producción de plántulas de tomate. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 26(2):171-178.
- Retamales, J. 2010. Actualización en hormonas vegetales y reguladores de crecimiento: aspectos básicos y modos de acción. Universidad de Chile 11 p.
- Silva, G., M., A. 1998. Efectos de cuatro biorreguladores en el crecimiento y rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. 127p.
- Zhenxin R., Ruiyuan L., Wenting G., y Xicun D. 2017. The *Solanum lycopersicum* auxin response factor SIARF2 participates in regulating lateral root formation and flower organ senescence. Plant Science 256:103–111

---

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE MEZCLAS DE SUSTRATOS

María Gabriela Ramírez Valadez<sup>1</sup>, Miguel Angel Hernández Aguilar<sup>2</sup>, Armando Ramírez Arias<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital. <sup>2</sup>Horticultura Protegida. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Mexico-Texcoco Km 38.5 Texcoco Edo. de México.

Email: [ga\\_bi05@hotmail.com](mailto:ga_bi05@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Los sustratos para la producción de cultivos deben de cumplir con ciertos requerimientos en propiedades físicas y químicas. Sin embargo, un material por si solo es difícil que cumpla con las mejores condiciones físicas y químicas para el desarrollo de las plantas, por lo que es necesario hacer mezclas de materiales con diferentes propiedades físicas y químicas, lo cual se aprovecha en la elaboración de un nuevo sustrato para obtener mejores condiciones de crecimiento (Burés 1997). Al respecto, Morelos (2005) menciona que la mezcla de la mayoría de los materiales inertes con materiales orgánicos juega un papel importante en la obtención de buenas propiedades físicas y químicas, dado que la materia orgánica es un componente activo y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico. Por otra parte, en diversos estudios se señala que, en los sustratos, las propiedades físicas son más relevantes que las químicas, debido a que estas últimas son difíciles de corregir después de establecer el cultivo, por lo que desde el inicio deben ser las más apropiadas posibles. Asimismo, para cumplir con el suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una elevada porosidad (más del 85%) y capacidad de retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una buena aireación (entre 10 y 30%) (Ansorena, 1994). Un elemento importante a considerar cuando se utilizan materiales orgánicos es su contenido de materia orgánica, ya que la biodegradabilidad de ésta afecta las propiedades del sustrato, principalmente las físicas, dado que constituye la mayor parte de la fase sólida.

### MATERIALES Y METODOS

**Sustratos utilizados.** Se utilizaron dos tipos de sustratos; peat-moss y perlita, de los cuales se realizaron mezclas en diferentes proporciones para obtener diferentes características. Las mezclas se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Proporción de sustratos utilizados en mezclas.

Mezcla	Proporción de sustratos (%)	
	Peat-moss	Perlita

---

M1	50	50
M2	60	40
M3	70	30
M4	80	20
M5	90	10

---

**Caracterización física de mezclas de sustrato.** Para la determinación de las características físicas de las mezclas de sustrato se utilizó el método de De Boodt. El método consiste en utilizar embudos de Haines, con vasos comunicantes, dentro de los que se colocan los sustratos a los que se les aplican diferentes tensiones de succión para extraerles el agua y determinar la liberación en cada uno de ellos (Burés, 1997). En este método, los límites de las curvas fueron establecidos entre 0 y 100 centímetros de tensión. Con ellos se definió el sistema para clasificar el agua presente en los sustratos en diferentes rangos o niveles, según la disponibilidad de la misma para las plantas. Estos niveles son: 1) Agua fácilmente disponible (AFD), 2) Agua de reserva (AR), 3) Agua disponible (AD) y 4) Agua difícilmente disponible (ADD) (Burés, 1997). Se determinó el porcentaje volumétrico de humedad a las tensiones de 0, 10, 50 y 100 cm de columna de agua.

El procedimiento se resume a continuación:

- Se saturó una cantidad suficiente de muestra de sustrato, por un periodo de mínimo 24 horas o hasta lograr la saturación completa.
- Con la muestra saturada, se llenó el embudo de vidrio. El embudo tiene un diseño con una parte cilíndrica y otra cónica que conecta con la salida a la manguera flexible.
- Se mantuvo la muestra durante 24 horas o hasta alcanzar el punto de equilibrio en la tensión de 0 cm
- Se retiró la muestra de sustrato entre el punto de tensión 0cm y 10 cm, posteriormente secarlo en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante.
- Se mantuvo hasta alcanzar el punto de equilibrio en 10 cm y retirar la muestra de sustrato que está entre los puntos de tensión de 10 y 50 cm para llevarla a secado en la estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante.
- Se mantuvo la muestra de sustrato hasta alcanzar el punto de equilibrio en 50 cm y se retiró el sustrato que estaba entre los puntos de tensión de 50 y 100cm para llevarla a secado en estufa a 105°C hasta peso constante.
- El resto de la muestra se mantuvo hasta alcanzar el punto de equilibrio en tensión de 100 cm y se llevó a secado en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Este proceso se aplicó tres veces a las cinco mezclas de sustratos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad aparente

La mezcla M1 con DA de 0.16 g/cm<sup>3</sup> es la única que se encuentra dentro del rango óptimo establecido por Nappi (1993) (0.15-0.60 g/cm<sup>3</sup>) para ser considerada como un buen sustrato. De forma general se observó que al disminuir la cantidad de perlita en las mezclas estas tienen menor DA, tal como lo reportado por Bunt (1988), sin embargo, los cultivos producidos en maceta se ven favorecidos con DA baja en su sustrato (Ansorena, 1994).

Cuadro 2. Mezclas de sustratos y propiedades físicas determinadas en el laboratorio

Mezclas % (V/V) (Peat moss:perlita)	DA g/cm <sup>3</sup>	EPT %	CA %	AFD %	AR%	ADD%	ATD%
M1 (50:50)	0.16	83.92	23.47	24.29	8.72	27.43	33.02
M2 (60:40)	0.13	80.81	25.56	21.72	8.06	25.45	29.78
M3 (70:30)	0.12	77.68	25.19	19.78	7.71	24.99	27.49
M4 (80:20)	0.11	81.67	21.23	21.88	10.81	27.74	32.69
M5 (90:10)	0.10	83.19	22.64	25.46	6.61	28.46	32.08

DA: densidad aparente, EPT: espacio poroso total, CA: capacidad de aireación, AFD: agua fácilmente disponible, AR: agua de reserva, ADD: agua difícilmente disponible, ATD: agua total disponible.

**Porosidad y retención de agua.** Para la elaboración de mezclas más eficientes es indispensable tener en cuenta las relaciones aire-agua en el sustrato, que proporcionen a la planta mayor CA y disponibilidad de agua. La distribución de fases (sólida, líquida y gaseosa) en el sustrato, incluye los volúmenes de material sólido, aire y agua en diferentes condiciones de humedad (Fonteno *et al.*, 1981). El reparto del volumen total entre las fases está fuertemente condicionado por las relaciones hídricas en el sustrato y estrechamente vinculado con las características del espacio poroso.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de EPT, CA, AFD, AR, ADD de las cinco mezclas analizadas. Los valores de porcentajes de EPT de las mezclas están entre 77 y 84 %, lo cual coincide con lo reportado por Handreck (1983) y Quesada y Méndez (2005). De acuerdo con Abad *et al.* (2004) las mezclas M1, M2, M4 y M5 tienen valores ligeramente por debajo del óptimo (> 85 %), y la M3 se aleja de éste parámetro con un 77 %.

La mayor CA se obtuvo en la M2 (25.56 %) y la menor en la M4 (21.23 %), diversos autores reportan diferentes intervalos óptimos de CA, por ejemplo: De Boodt y Verdonck (1972) reportaron de 20 a 30 %, Bunt (1988) de 10 a 20 %, Handreck y Black (1991) de 7 a 50 %, mientras Abad *et al.* (2004) reporta valores de CA entre 20 a 30 % como óptimos para la producción en semillero, por lo que los valores obtenidos en las mezclas analizadas están dentro del rango óptimo de crecimiento para plántulas de hortalizas.

La mezcla con la mayor cantidad de AFD fue la M5 (25.46 %) y la de menor fue la M3 con el 19.78 %, con lo cual solo ésta última no se encuentra dentro del rango óptimo de entre

20 y 30 % establecido por De Boodt y Verdonck (1972). En el caso del AR el valor más bajo se encontró en la M5 (6.62 %) y el más alto en la M4 (10.81 %), con lo cual todas las mezclas se encuentran dentro del rango óptimo entre 4 y 10 % mencionado por Abad *et al.* (1993). En lo que respecta a los valores del ADD el valor más alto se encontró en la M3 (25 %) y el más bajo en la M5 (28.47 %). Finalmente, la mezcla con menor ATD fue la M3 (27.5 %) y la mezcla con el valor más alto fue M1 (33 %), con lo cual todas las mezclas se encuentran dentro del rango óptimo de ATD de entre 24 y 40 % para la producción de plántula establecido por Abad *et al.* (2004).

## CONCLUSIONES

En la caracterización física de las mezclas de los sustratos los valores de todas las variables medidas se encuentran dentro de los rangos óptimos para la producción de cultivos.

## BIBLIOGRAFIA

- Abad M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. pp 47-62. *In* Cultivos sin suelo. Cánovas F. y J., R., Díaz. Instituto de Estudios Almerienses. Almería, España.
- Abad, B., M. Noguera M., P. y Carrión, B., C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. pp 113-158. *In* Tratado de cultivo sin suelo. Urrestarazu G., M. 3a Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bunt A., C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Secon edition. Unwin Hyman Ltd. London. 309 p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España. 339 p.
- De Boodt M., y O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* 26:37-44.
- Fonteno W. C., K. Cassel D. y A. Larson R. 1981. Physical properties of three container media an their effecct on poinsettia growth. *Journal American Society for Horticultural Sciences* 106 (6):736-741.
- Handreck K., A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Commun in Soil Sci. Plant Anal.* 14:209-222.
- Handreck K., A. y Black N., D. 1991. *Growin media for ornamental plants and turf.* New South Wales University Press, Kensington., NWS (Australia), 401 pp.
- Morales P JJ T. 2005. *Introducción a la hidroponía.* Chapingo, México 201 p.

Nappi P. 1993. Compost as growing médium chemical physical and biological aspects. Acta Horticulturae 342: 249-256.

Quesada R., G. y C., S. Méndez. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía Mesoamericana. 16(2):171-183

---

## EFFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE MEZCLAS DE SUSTRATOS EN LA CALIDAD DE PLANTULA DE TOMATE

María Gabriela Ramírez Valadez<sup>1</sup>, Miguel Angel Hernández Aguilar<sup>2</sup>, Armando Ramírez Arias<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital. <sup>2</sup>Horticultura Protegida. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco Km 38.5 Texcoco Edo. de México.

Email: [ga\\_bi05@hotmail.com](mailto:ga_bi05@hotmail.com)

### INTRODUCCION

En México, el tomate es una de las especies hortícolas con gran trascendencia tanto en lo económico que se refleja en el valor que tiene la producción en la aportación de divisas, como en lo social que se mide por la cantidad de empleos generados durante el cultivo y comercialización de esta hortaliza (Ortega-Martínez *et. al.*, 2010). Por lo tanto, ha surgido la necesidad de cumplir con una constancia en oferta y calidad en la producción de plántulas de tomate, que se desarrolle al grado de convertirla en una especialidad. La razón se basa en que la obtención de plántulas sanas y vigorosas provienen de un almácigo donde encuentran las condiciones fisicoquímicas y nutrientes necesarios para su desarrollo, que garantiza la obtención de una producción significativa (Guzmán, 2003).

Para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que éste contribuye en la calidad de la plántula. Hartmann y Kester (2002), mencionan que en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos. Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántula es la turba de musgo o peat moss, sin embargo, por si solo es difícil que cumpla con las mejores condiciones físicas para el desarrollo de las plantas, por lo que es necesario hacer mezclas de materiales con diferentes propiedades físicas para la obtención de un nuevo sustrato. Por lo que el objetivo de la presente investigación es determinar el efecto de diferentes proporciones de la mezcla de peat moss con perlita en el crecimiento y distribución de la materia seca en plántulas de tomate.

### MATERIALES Y METODOS

**Siembra.** Se llevó a cabo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue una mezcla de peat moss y perlita (70% de peat moss + 30% de perlita), la semilla utilizada fue la variedad El Cid F1, la siembra se realizó de forma manual.

**Riego.** Una vez emergidas las plántulas y hasta los siete días se regaron una vez al día con agua simple, posteriormente de los ocho a los 20 días después de la emergencia se



---

regaron con la solución nutritiva Steiner al 25 % y finalmente a partir del día 21 se regaron con la solución Steiner al 50 %. A los 30 días las plántulas se trasladaron al laboratorio de para la medición de las variables.

**Variables respuesta:**

A los 30 días después de la siembra se evaluaron las siguientes variables:

**Altura de planta.** La planta se midió con una regla graduada desde la base del cepellón hasta el ápice de esta.

**Número de hojas.** Se contó el número total de hojas verdaderas en cada uno de los individuos.

**Diámetro de tallo.** En cada uno de los individuos se midió el diámetro de tallo con un vernier digital debajo de las hojas cotiledonares.

**Área foliar.** Para la obtención del área foliar se desprendieron las hojas de 10 individuos y se pasaron en un integrador de área foliar.

**Volumen de raíz.** Para la medición de esta variable se lavó completamente el cepellón, en una probeta con un volumen de agua conocido se introdujeron las raíces y por diferencia se determinó el volumen con la siguiente fórmula:

$$V = V2 - V1$$

Donde:

V = Volumen de raíz

V2 = Volumen final

V1 = Volumen inicial

**Peso seco del vástago.** Se separó la parte aérea de 20 plántulas, se colocaron en bolsas de papel estraza y se pusieron en una estufa de secado donde se mantuvieron a una temperatura de 80 °C hasta obtener un peso constante, y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

**Peso seco de raíz.** Se separó la parte radicular de 20 plántulas, se colocaron en bolsas de papel estraza y se pusieron en una estufa de secado donde se mantuvieron a una temperatura de 80 °C hasta obtener un peso constante, y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

**Diseño experimental**

El diseño experimental fue un completamente al azar con 30 tratamientos y cuatro unidades experimentales por tratamiento y cada una de estas con 25 plantas, cada tratamiento consto de 100 individuos de los cuales se tomaron 20 para realizar las mediciones de las variables a evaluar. En el Cuadro 1 se indican los tratamientos utilizados en el ensayo.

Cuadro 1 Tratamientos utilizados en el ensayo experimental

Tratamiento	Mezcla
M1	50% peat moss + 50% perlita
M2	60% peat moss + 40% perlita
M3	70% peat moss + 30% perlita
M4	80% peat moss + 20% perlita
M5	90% peat moss + 10% perlita

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Altura de planta

El tratamiento que presento mayor altura fue M5 (peat moss 90%: perlita 10%) con un valor de 11.69 cm (Cuadro 2), al estar compuesta por la mezcla donde se tiene mayor cantidad de peat moss se evidencia un mayor aporte nutrimental hacia las plantas, lo que coincide con lo reportado por Araméndiz-Tatis *et al.* (2013) en plántulas de berenjena. Ortega-Martínez *et al.* (2010) reporta que el crecimiento en plántulas de tomate se ve favorecido por el uso de sustratos orgánicos.

### Número de hojas

Se encontraron diferencias significativas para esta variable (Cuadro 2), los valores de los diferentes tratamientos oscilo entre 3 y 3.7 hojas por planta, siendo la mezcla M5 en la que presentó la mayor cantidad de hojas.

Cuadro 2. Pruebas de tukey ( $p < 0.05$ ) aplicadas a las variables respuesta

Tra	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Volumen de raíz (mL)	Peso seco vástago (g)	Peso seco raíz (g)
M1	8.24 d	1.99 c	3.0 b	23.57 b	2.2 b	1.01 b	1.00 b
M2	9.25 c	2.70 a	3.0 b	32.43 a	2.8 b	1.62 a	1.32 b
M3	7.91 d	2.08 c	3.0 b	22.80 b	4.3 a	1.22 b	2.37 a
M4	10.16 b	2.38 b	3.1 b	35.36 a	3.0 b	1.57 a	1.21 b
M5	11.69 a	2.45 b	3.7 a	36.27 a	5.0 a	1.69 a	2.60 a
DMS	0.85	0.20	0.35	4.96	1.29	0.32	1.00
CV	7.01	6.81	8.63	12.84	29.09	8.02	20.87

\*=Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación

### Área foliar

En el cuadro 2 se muestran los valores de esta variable, los cuales tienen diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Los tratamientos con mayor área foliar fueron M5 y M4. Estos resultados muestran que, al crecer en sustratos orgánicos, estas desarrollan mayor cantidad de follaje, y al estar en un sustrato orgánico este les proporciona parte de los nutrimentos que la planta requiere. Borges-Gómez *et al.* (2003) al estudiaron sustratos para la producción de papaya y observaron que tanto el área foliar como altura y número de hojas eran mayores en sustratos orgánicos que en sustratos inorgánicos, esto debido a que en los sustratos orgánicos se tiene mayor disponibilidad de nutrientes.

Los tratamientos con menor área foliar fueron M3 y M1 los cuales tienen un área foliar de 22.80 y 23.57 cm<sup>2</sup> respectivamente, los valores bajos obtenidos en esta variable se deben a que en las mezclas del sustrato tienen menor cantidad de peat moss, por lo que la mezcla tiene menos nutrimentos. La altura de planta, el número de hojas y el área foliar, están íntimamente relacionadas en este experimento, ya que los valores más altos para estas variables se pueden observar en los mismos tratamientos, así como los valores más bajos de las variables (Cuadro 2).

Este comportamiento coincide con lo reportado por Quesada y Méndez (2005) en plántulas de tomate.

### **Diámetro de tallo**

El mayor diámetro de tallo se obtuvo en el tratamiento M2 (peat moss 70%: perlita 30%), seguido de M4 y M5. Los valores más bajos para esta variable se obtuvieron en los tratamientos en M3 y M1 con 2.08 y 1.99 mm respectivamente, los cuales tiene mayor cantidad de perlita, por lo que tiene menor disponibilidad de nutrimentos y su crecimiento se ve afectado lo cual concuerda con lo reportado por Berrospe-Ochoa *et al.*, (2012) en plántulas de tomate.

### **Volumen de raíz**

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 2), los tratamientos que presentaron mayor volumen de raíz fueron: M5 y M3, los cuales están compuestos en su mayoría por peat moss.

### **Peso seco de vástago**

Los resultados de esta variable se muestran en el Cuadro 2, en el cual se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Los valores más altos se encontraron en las mezclas M5, M2 y M4 con 1.69, 1.62 y 1.57 g respectivamente, esto se debe a que las mezclas de los tienen menor cantidad de perlita, por lo que la disponibilidad de nutrimentos en el sustrato es mayor, tal como lo reporta Araméndiz-Tatis *et al.* (2013) en plántulas de berenjena, Quesada y Méndez (2005) y Ortega-Martínez *et al.* (2010) en plántulas de tomate y Puerta *et al.* (2012) en plántulas de chile.

### **Peso seco raíz**

Los tratamientos M3 y M5 presentaron los valores más altos para esta variable, siendo estadísticamente diferentes a M1, M2 y M4. Las mezclas en las que se presentaron los valores más altos están conformadas por las mezclas que tienen mayor cantidad de peat moss, lo cual indica que tuvieron mayor cantidad de nutrimentos disponibles. Lo que coincide con lo reportado por Puerta *et al.* (2012) en plántulas de chile, Araméndiz-Tatis *et al.* (2013) en plántulas de berenjena y Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) en plántulas de tomate.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos en los que se obtuvieron los valores más altos en las variables que determinan la calidad de la raíz fueron las mezclas M5 (peat moss 90%: perlita 10%) y M3 (peat moss 70%: perlita 30%), mientras que el crecimiento vegetativo se ve favorecido en las mezclas M5 (peat moss 90%: perlita 10%) y M4 (peat moss 80%: perlita 20%), los valores más bajos en la mayoría de las variables se obtuvieron en las mezclas M1 (peat moss 50%: perlita 50%) y M2 (peat moss 60%: perlita 40%).

## BIBLIOGRAFIA

- Araméndiz-Tatis H., Cardona-Ayala C., y Correa-Alvarez E., 2013. Efectos de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 7: 56-61
- Berrospe-Ochoa, E. A., V. M. Ordaz-Chaparro., M. N. Rodríguez-Mendoza y R. Quintero-Lizaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. Revira Chapingo Serie Horticultura. (18)1: 141-156.
- Borges-Gómez, I., M. Soria-Fregosa y N. Ruz-Febles. 2003. Contenido de macronutrimentos en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo de plántulas de papaya. Revista Chapingo serie Horticultura 9: 291-304.
- Guzmán, J. M. 2003. Sustratos y tecnología de almácigo. In: Memoria de cursos de producción en ambientes protegidos. UCRCYTED. San José, Costa Rica. 25 p.
- Hartmann, H. y Kester, D. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 880 p.
- Ortega-Martínez, L., D. Sánchez-Olarte, J. Díaz-Ruiz, R. y Ocampo-Mendoza, J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) Ra Ximhai. 6:365-372
- Puerta A., C., E. Russián L., T. y Ruiz S., C., A. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. UDO Agrícola 12 (2): 298-306.

---

## INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MEDIANTE EL USO DEL GPS DIFERENCIAL

Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>1\*</sup>; Gerardo Delgado Ramírez<sup>2</sup>; Juan Estrada Avalos<sup>2</sup>;  
Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>3</sup>; Enrique Miguel Valle<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Canal Sacramento Km. 6.5. C.P. 35140. Gómez Palacios, Durango.

<sup>3</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Campo Experimental General Terán, INIFAP.

<sup>4</sup>Técnico auxiliar de Investigador del CENID RASPA, INIFAP.  
ramos.carlos@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

El Sistema de Posicionamiento Global (en inglés, GPS Global Positioning System) es el método más utilizado para la localización, debido a su fácil manejo, pero también a que es una forma económica de obtener una posición absoluta sobre la superficie terrestre. En el mercado actual existen distintos tamaños, formas y precios de estos equipos, desde los más económicos incorporados en la telefonía móvil, hasta equipos profesionales con precisión milimétrica y costos que superan los miles de dólares (Schrader *et al.*, 2016). Entre los equipos con mayor precisión se encuentra el GPS diferencial (GPSD), el cual se basa en estaciones fijas en tierra para recibir la señal de los satélites y realizar correcciones pertinentes, de modo que los receptores las puedan recibir y utilizar para corregir sus propias señales (Pachas, 2009).

El uso del GPS hace posible registrar la variabilidad que existe en un campo como datos codificados geográficamente (Daum, 2019). Es posible determinar y registrar la ubicación correcta de manera continua, además con esta tecnología podemos tener mayor detalle del campo, lo cual, hace posible que el usuario obtenga una base de datos más grande sobre las condiciones del predio o parcela (Neményi *et al.*, 2003). Para almacenar y utilizar estos datos, se requiere de la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Mediante los SIG es posible crear una visión compleja del campo de manera digital y al mismo tiempo realizar la interpretación de la misma (Ramos *et al.*, 2007). El objetivo del presente estudio fue generar un SIG de un predio agrícola por medio de datos obtenidos con un GPS diferencial (GPSD), con la finalidad de hacer un uso eficiente de los recursos utilizados en la producción de los cultivos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un predio agropecuario localizado en el municipio de Gómez Palacio Durango, México. Este se ubica geográficamente entre las coordenadas 25° 48' 32" y 25° 47' 01" Latitud Norte, 103° 25' 41" y 103° 23' 06" Longitud Oeste a una altitud

promedio de 1,111 m (Figura 1). El clima de la región es seco desértico, con presencia de lluvia en verano e invierno fresco, con un promedio de precipitación de 258 mm y evaporación media anual de 2000 mm; por lo cual la relación precipitación- evaporación es 1:10, la temperatura promedio es de 21 °C (Montemayor *et al.*, 2012).

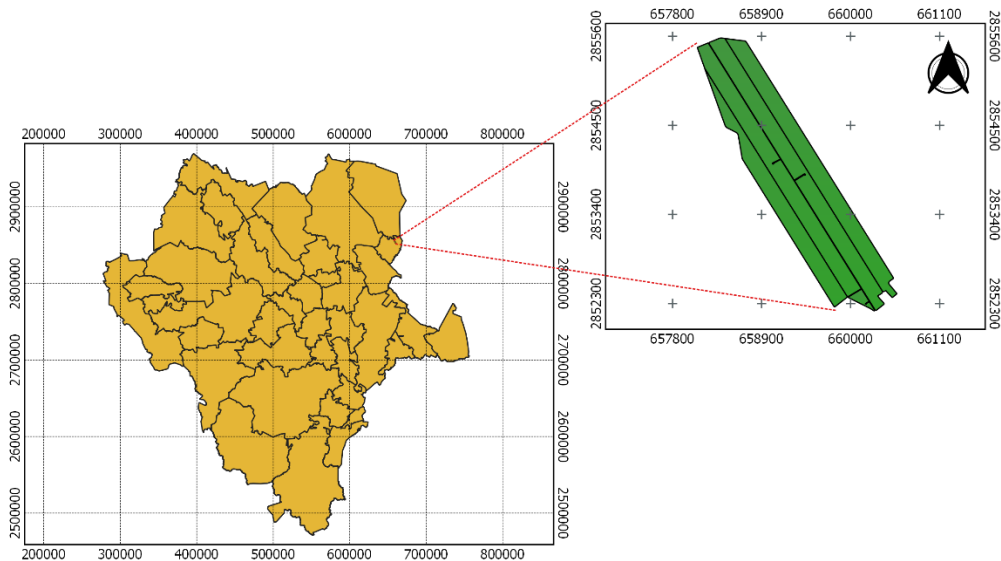


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

### Características del equipo GPSD.

El equipo que se utilizó en el presente trabajo es un GPS diferencial de la marca Trimble®, el cual está constituido de una robusta antena L1 Trimble® A3, receptor GPS Trimble R3, colector de datos TrimbleRecon con TDFB. Con un sistema operativo Microsoft Windows Nobile, de 12 canales L1, fase portadora completa en L1, WAAS/EGNOS y una precisión en horizontal de  $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$  y vertical  $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$  para levantamientos cinemáticos (Trimble, 2006a).

### Instalación y configuración del DGPS Base.

La instalación del GPSD se realizó considerando los siguientes criterios: 1) que el equipo se instalará en un área libre de interferencias de señal (edificios, árboles, cableados eléctricos de alta tensión)

y 2) que la base estuviera bien nivelada y centrada al punto de referencia o mojonera. La configuración del receptor base depende del área donde se realice el trabajo; para el caso de estudio se utilizó el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), con Datum WGS 84 para la zona 13 Norte. El levantamiento que se utilizó fue PPK cinemático, el cual almacena las observaciones brutas y que posteriormente requieren de un post-proceso para el ajuste de corrección (Ramos *et al.*, 2014).

---

**Levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico se realizó con el GPSD móvil, con este equipo se midieron las distintas áreas de las parcelas agrícolas de importancia para el productor. Asimismo, se realizó un levantamiento detallado del predio, el cual consistió en obtener información georreferenciada de las distintas infraestructuras agrícolas como son: la delimitación de las parcelas; áreas de las tablas agrícolas; áreas por melgas, caminos de acceso; áreas de los estanques; caracterización del sistema de riego (canales, tuberías de conducción, válvulas, entre otras), ubicación geográfica de los pozos y de todas las áreas que conforman toda la propiedad.

**Post-proceso.**

Los datos recolectados en campo con el GPSD necesitan de un post-proceso para garantizar la precisión y coherencia, además de cumplir con los requerimientos específicos del proyecto. El post-proceso se realizó en gabinete con el software Trimble Business Center®, Ver. 2.0, que es un sistema que permite la solución de puntos individuales o de redes geodésicas complejas (Trimble, 2006b). Para el post-proceso de la base se realizaron las siguientes actividades:

1. Descarga de Archivos RINEX. Para ligar el levantamiento geodésico a las estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) administrada por el INEGI, se utilizó información de las estaciones que integran esta red. Cada estación registra de manera continua los datos del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) y al mismo tiempo funciona como punto de referencia para determinar las distancias entre sus posiciones altamente precisas y la posición del nuevo punto derivado de la técnica de posicionamiento diferencial (INEGI, 2018). Los datos geodésicos de las estaciones de la RGNA se generan en formato RINEX (Receiver Independent Exchange Format), el cual es un formato global donde se almacenan las observaciones satelitales proporcionadas por los receptores del GNSS como GPS, GLONASS y Galileo (INEGI, 2017b).

Para este trabajo se utilizaron los archivos Rinex de las estaciones IDGO, MTY2 y CULC pertenecientes a la RGNA con observaciones a intervalos de grabación de 15 s, durante las 24 h día-1. Estos archivos se descargaron de manera gratuita desde el portal de INEGI (<http://www.beta.inegi.org.mx/app/geo2/rqna>).

2. Unión de archivos RINEX. Se utilizó el software Unerimex Ver. 5.1, que se encuentra disponible de manera gratuita en el portal de INEGI en el submenú herramientas del menú RGNA [https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/geodesia\\_activa/](https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/geodesia_activa/). Este software permite unir archivos Rinex con observables en L1 y L2 del GPS a partir de los archivos del GNSS que generan las estaciones de la RGNA. Para el post-proceso se utilizó el archivo con terminación "O" el cual resulta de la unión de los archivos Rinex. El archivo "O" de salida contiene las observaciones GPS, libre de las observaciones Galileo y Glonass (INEGI, 2017a).

3. Obtención de Efemérides. Estos datos se obtienen mediante las efemérides, las cuales contienen las posiciones o ubicaciones de un objeto celeste en función del tiempo a

intervalos constantes de tiempo. Para este estudio se utilizaron las efemérides finales, que se publican entre los 12 y 18 días posteriores al tiempo del estudio en el portal del International GNSS Service (IGS) de manera gratuita (IGS, 2018). Para identificar de manera precisa la efeméride correspondiente a la fecha del trabajo se utilizó el calendario y utilidad GNSS disponible en <http://www.gnsscalendar.com/>.

4. Ajuste de levantamiento. Con la finalidad de reducir los errores entre el levantamiento se realizó un post-proceso entre el receptor base y el receptor móvil. Utilizando nuevamente el software Trimble Business Center® y la coordenada obtenida en el ajuste de la base. En esta ocasión se declaró como punto de control la base ajustada del levantamiento y se corrigió el error existente entre ambos equipos. Una vez terminado el post-proceso se obtuvo un archivo en formato TXT donde se encuentran las coordenadas ajustadas, estas pueden ser proyectadas en distintos softwares para la generación de mapas como: ArcGIS, QGIS, Global Mapper, AutoCAD e incluso se puede proyectar en plataformas web como google earth.

#### **Proyección de puntos obtenidos del GPSD.**

El software QGIS no reconoce ningún archivo con formato xlsx, por tal motivo fue necesario guardar todas las coordenadas de los distintos levantamientos del GPSD corregidos en un archivo con

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.

#### **Integración del Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Se realizó en el Laboratorio SIG Agua-Suelo, del CENID-RASPA- INIFAP, con sede en Gómez Palacio, Durango, para esto se digitalizaron las coordenadas obtenidas en campo con el GPSD. Se utilizó el software de código libre Quantum GIS (QGIS), con una proyección UTM, Datum WGS 84 para la zona 13 N. Se generaron distintos archivos en formato vectorial; se utilizaron puntos para las shapefile de pozos profundos, válvulas y rebombes; líneas para tubería de conducción y canales; y polígonos para el límite de propiedad, tablas, melgas y estanque.

#### **Adición de atributos a los mapas.**

Los mapas digitales deben disponer de información de origen y de las modificaciones realizadas, por tal motivo es necesario que contengan información que ayuden a su rápida identificación (Harlow & Vienneau, 2003). Dependiendo del tipo de shapefile se agregó información como: nombre del usuario, longitud, ubicación (coordenadas X y Y), superficie, cultivo, ancho y longitud de melga.



---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso del GPSD y el SIG nos permito crear un mapa detallado de nuestra área de estudio y a la vez extraer y generar información con alta variación y precisión dentro del campo en lugar de estimar un valor promedio para la parcela o melgas como se realizaba anteriormente por el propietario y encargado del manejo agrícola. Al respecto, en un estudio realizado por Ramos *et al.* (2007) donde mapearon plantaciones de olivares para conocer el movimiento de los árboles a causa de la erosión del suelo, concluyeron que el uso del GPS y SIG son muy útiles para obtener un análisis del manejo de estas plantaciones u otros árboles frutales, porque este sistema permite analizar resultados en detalle o mapear a pequeña escala.

En la Figura 2 se muestran las tablas evaluadas para el presente estudio, donde la tabla No. 1 tiene una superficie de 72.93 ha distribuida en 123 melgas con un promedio de 5859.73 m<sup>2</sup> por melga y la tabla No. 2 tiene una superficie de 76.65 ha distribuida en 125 melgas con una superficie promedio de 6027.96 m<sup>2</sup>. Mediante el uso

del GPSD y los SIG fue posible conocer la superficie real de cada melga, esta información es de suma importancia para el manejo del riego por tiempo, para la cantidad de semillas y en la aplicación de productos químicos. Burgos *et al* (2007) señalan que contar con información de calidad sobre las parcelas agrícolas ayuda a reducir de manera sustancial las dosis e insumos agrícolas aplicados, sin que se afecte la calidad y el rendimiento de los cultivos.

Así mismo, en la Figura 3 se muestra el sistema de riego del predio, el cual es tipo válvulas alfalferas en circuito cerrado, cuenta con 8.5 km de tubería de conducción PVC de 14" de diámetro y los elevadores, válvulas alfalferas y codo de arranque de 12". La separación promedio entre válvulas es de 57.84 m. El sistema es alimentado por dos rebombeos que extraen el agua de un estanque con un volumen aprovechable de 48,449 m<sup>-3</sup>. El estanque se alimenta de cinco pozos, los cuales desembocan su caudal al estanque por tubería PVC de 10". Luorno *et al* (2014) señala que tener un inventario detallado del sistema de riego y las parcelas agrícolas (SIG) como herramienta de gestión de información permite a los usuarios contar con información verídica, actualizada y con la capacidad de comparación con otro tipo de información en tiempo real.



Figura 2. Distribución geográfica de las tablas evaluadas en la parcela agrícola.

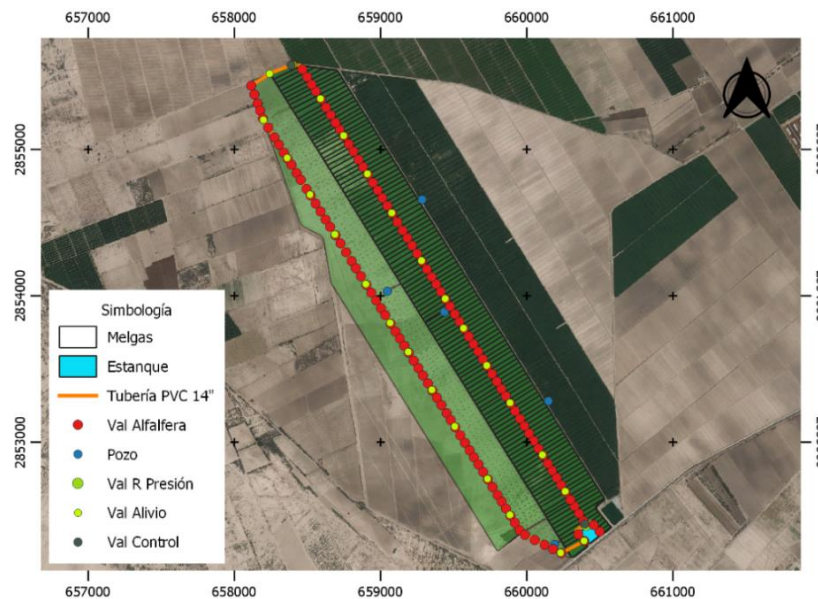


Figura 3. SIG generado de la parcela agrícola mediante el uso del GPSD.

## CONCLUSIONES

El uso de GPSD para la generación de un SIG de una parcela agrícola nos permite tener una mayor precisión en comparación con el empleo de información obtenida por imágenes de satélite u otros equipos topográficos. Mediante el uso de estas tecnologías se

obtiene información más completa, que nos ayuda al momento de tomar decisiones sobre el uso eficiente del agua de riego, fertilizantes e insumos requeridos para la producción agrícola. Otra ventaja que nos proporciona utilizar el GPSD en levantamientos de parcelas agrícolas además de su precisión es que no se necesita tener una línea de visión directa entre el receptor en movimiento y la base.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Burgos, X. P., Ribeiro, A., y Santos, M. d. (2007). Controlador Borroso Multivariable para el Ajuste de Tratamientos en Agricultura de Precisión. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI* 4 (1): 64-71.
- Daum, T. (2019). ICT Applications in Agriculture. In "Encyclopedia of Food Security and Sustainability" (P. Ferranti, E. M. Berry and J. R. Anderson, eds.), pp. 255-260. Elsevier, Oxford.
- Harlow, M., y Vienneau, A. (2003). "ArcCatalogo Tutorial." Environmental System Research Institute (ESRI), United States of America.
- IGS (2018). Productos International GNSS Service (IGS). Consultado en diciembre 2018. Disponible en: <http://www.igs.org/products>.
- INEGI (2017a). "Guía para el usuario: Generación de archivos Rinex del GPS con observables en L1 y L2." Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI (2017b). "Red Geodésica Nacional Activa: Instructivo de operación de las estaciones." Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI (2018). Red Geodésica Nacional Activa. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Consultado en diciembre del 2018. Disponible en: [http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/geodesia\\_activa/](http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/geodesia_activa/).
- Luorno, M., Gil, V., y Bagnulo, C. (2014). Sistemas de información geográfica aplicados al inventario y gestión de información rural. *Geograficando* 10 (1).
- Montemayor, J. A., Lara, L., Woo, J. L., Munguía, J., Rivera, M., y Trucíos, R. (2012). Producción de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia* 46 (1): 267-278.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y Estación Total. *ACADEMIA VIII*, 29-45.
- Ramos, C., Rivera, M., y Estrada, J. (2014). Operación del GPS diferencial y aplicaciones en el sector agrícola. *Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Gomez Palaci6, Durango, México. Septiembre del 2014: 1203-1209.
- Ramos, M. I., Gil, A. J., Feito, F. R., y García, A. (2007). Using GPS and GIS tools to monitor olive tree movements. *Computers and Electronics in Agriculture* 57, 135-148.

Schrader, D. K., Min, B.-C., Matson, E. T., y Eric Dietz, J. (2016). Real-time averaging of position data from multiple GPS receivers. *Measurement* 90, 329-337.

Trimble (2006a). "Guía del usuario Trimble(R) Business Center." Trimble Business Center.

Trimble (2006b). "Software Trimble Business Center Notas Técnicas. Trimble Business Center: La solución completa para su oficina."

---

## VALIDACIÓN DE LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DEL RIEGO LOCALIZADO: CASO DE ESTUDIO REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN

**Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>1\*</sup>; Gerardo Delgado Ramírez<sup>2</sup>; Ernesto Alonso Catalán Valencia<sup>2</sup>; Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>3</sup>; Juan Martínez Medina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Canal Sacramento Km. 6.5. C.P. 35140. Gómez Palacios, Durango.

<sup>3</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Campo Experimental General Terán, INIFAP.  
ramos.carlos@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

Los cítricos están entre los frutales más importantes del mundo. La citricultura en México es una de las actividades agrícolas de mayor importancia, es una actividad representativa del sector agrícola al generar 70 mil empleos directos, 250 mil indirectos y una contratación de 28 millones de jornales por año. Además de generar una derrama económica de más de 10 mil millones de pesos anuales (Ruiz *et al.*, 2017). De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017) de las 533,207 ha sembradas con cítricos en el 2016, el 3.54% de la producción fue realizada en la modalidad de riego por aspersión, 2.98% con riego por gravedad, 0.74% en la modalidad de gotero y el 56.10% en temporal.

En el Estado de Nuevo León esta actividad la practican más de 2 mil productores en una superficie de 30 mil ha, con un valor de producción de 668 millones de pesos (Pantoja y Flores, 2018). De la superficie total, el 79% se encuentra bajo condiciones de riego, distribuidas en naranja (82.8%), mandarina (11.5%) y toronja (5.7%). Desafortunadamente se han detectado valores de eficiencia tan bajos como el 40% aun en sistemas de riego localizado con alto potencial de eficiencia como el goteo y la micro aspersión (Ramos *et al.*, 2018). Esta baja eficiencia podría deberse a diversas causas como el mal diseño hidráulico (especialmente en la mala selección de la tubería) (Flórez *et al.*, 2013), mala operación por falta de capacitación del personal, debido que en algunos casos aplican mayor volumen de lo requerido por el cultivo (Saccon, 2018), y falta de mantenimiento del sistema de riego (Tun *et al.*, 2011). Lo anterior genera mala distribución y derroche de agua, además de variabilidad en la producción del cultivo e incremento en el consumo de energía. Debido a lo anterior, es necesario efectuar un uso eficiente del agua, mediante técnicas o métodos que permitan, conducir, distribuir y aplicar el agua de riego; así como el diseño, operación y evaluación de los sistemas de riego (Espinosa *et al.*, 2016). Una alternativa para incrementar la eficiencia del uso del agua en sistemas de riego localizado, es mediante la evaluación de la eficiencia agronómica, la cual consiste en determinar de forma conjunta las eficiencias de conducción, uniformidad de distribución, aplicación y almacenamiento del

agua de riego (Ramos *et al.*, 2018). El objetivo del presente estudio fue validar el uso de la metodología para determinar la eficiencia agronómica en sistemas de riego localizado utilizados en huertas de la región citrícola de Nuevo León.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La validación se realizó en una huerta de naranja en la región citrícola del estado de Nuevo León, México. La cual se ubica en el municipio de General Terán, Nuevo León, cuyas coordenadas geográficas son 25° 18'21" latitud norte y 99° 34'56" longitud oeste con una elevación de 263 m. La superficie del área de estudio es de 33 ha de naranja de la variedad Marrs, con 10 años de edad, y altura promedio de 3 m. El sistema de plantación es de 8x4 m, con una densidad de 312 árboles ha<sup>-1</sup>. El suelo es de textura predominantemente arcillosa, rico en materia orgánica, bajo en salinidad y ligeramente alcalino en el estrato superficial. El sistema de riego está compuesto de tubería de PVC de 4" para la conducción y 3" para las líneas secundarias. En esta última, se conecta la manguera con goteros integrados con una longitud de 91.5 m, diámetro interno de 16 mm y separación entre goteros de 0.6 m. El gasto de operación nominal de los goteros es de 1.9 a 4.0 L h<sup>-1</sup> a un rango de presión de 0.7 a 4.0 kg cm<sup>-2</sup>.

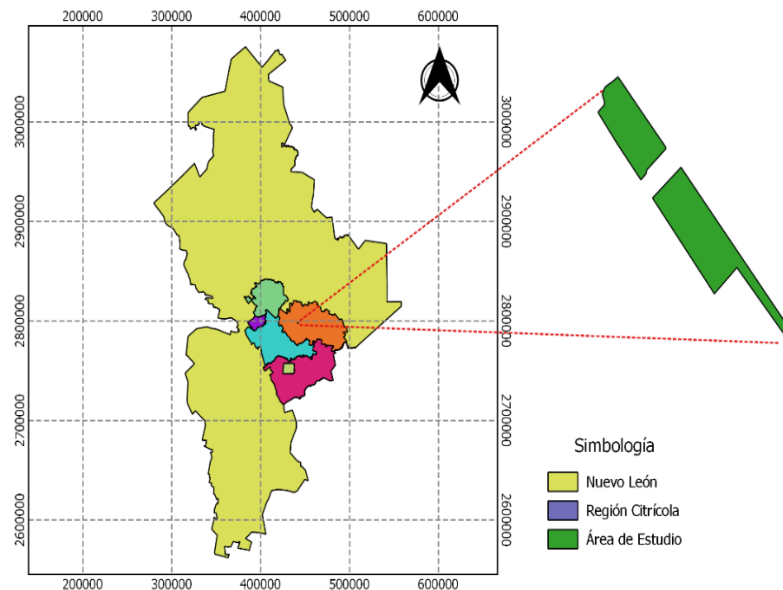


Figura 1. Localización del área de estudio.

Se realizaron dos evaluaciones para determinar la eficiencia agronómica del sistema de riego, las cuales se realizaron el 03 de mayo y 19 de julio del 2019. La metodología que se empleó para determinar la eficiencia agronómica fue la siguiente:

**1.- Selección de la unidad de riego a evaluar:** El procedimiento utilizado fue el propuesto por Merriam y Keller (1978) de acuerdo con el cual primero se seleccionó una unidad representativa de todo el sistema de riego. Enseguida se seleccionaron 4 líneas regantes: los dos extremos (inicio y último), y las situadas a un tercio y dos tercios del punto de

alimentación (válvula de control). En dichas líneas regantes se eligieron 4 goteros, con el mismo criterio que el descrito para la selección de las líneas regantes, de forma que se evaluaran un total de 16 goteros.

**2.- Uniformidad de Distribución (UD):** Cuantifica la homogeneidad del almacenamiento de agua a lo largo del campo. Se eligieron 16 goteros de la unidad de riego previamente seleccionada, que presentaran condiciones homogéneas tales como: pendiente del terreno, longitud de la línea regante, separación de goteros, la UD se determinó mediante la (Ecuación 1) (Bortolini y Martello, 2014).

$$UD = \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right] * 100 \tag{1}$$

**Dónde:** UD = es la uniformidad de distribución (%);  $x_i$  es el gasto aforado o medido;  $\bar{x}$  es el promedio de los 16 caudales obtenidos en los aforos ( $L h^{-1}$ );  $|x_i - \bar{x}|$  es el valor absoluto de la desviación de las observaciones individuales con respecto al promedio de los 16 caudales aforados y  $n$  es el número de goteros aforados. La uniformidad de distribución obtenida en la sección de riego se obtuvo de acuerdo a la clasificación propuesta por Christiansen (1942) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación del sistema de riego por UD.

Categoría	UD (%)
Excelente	> 90
Buena	80 – 90
Regular	70 – 80
Pobre	< 70

UD = Uniformidad de distribución

El aforo de los goteros se realizó bajo condiciones normales de operación del sistema de la unidad de producción, mediante el método de volumen conocido. Para realizar el aforo se utilizó un recipiente con volumen conocido y se tomó el tiempo que transcurrió para llenarse, esto mediante un cronometro digital.

Posteriormente del aforo se midió la presión de los 16 goteros evaluados con un manómetro acoplado a una aguja manométrica con una capacidad de 30 L b pulg<sup>-2</sup> (Bralts *et al.*, 1981). La lectura se realizó cerca del gotero por lo cual se adaptó una toma de presión para realizar esta actividad.

**3.- Eficiencia de aplicación (EA):** Cuantifica el volumen de agua almacenada en la capa de raíz en relación con el volumen de agua entregada (Canone *et al.*, 2015). Esta se determinó con la siguiente expresión (Ecuación 2):

$$EA = \frac{V_a}{V_d} * 100 \tag{2}$$

**Dónde:** EA es la eficiencia de aplicación (%);  $V_a$  es el volumen de agua almacenado o requerido en la profundidad radicular ( $m^3$ ) y  $V_d$  es el volumen de agua derivado a la sección de riego ( $m^3$ ).

Para determinar  $V_a$  se calculó la lámina de riego requerida por el árbol de naranja para el evento de riego evaluado. Para esto se utilizó el software IRRINET con el subprograma DRIEGO, por lo que fue necesario establecer la profundidad de riego y el ancho de mojado, los cuales junto a la textura del suelo se utilizaron como datos de entrada requeridos por el software IRRINET para calcular los requerimientos de agua del cultivo (Catalán *et al.*, 2018). Para calcular  $V_d$  se utilizó el promedio de los gastos aforados durante la evaluación, así como la bitácora de riego de la huerta, en específico el dato de tiempo de riego (inicio y corte de riego) de la sección evaluada. Con esta información se determinó el volumen de agua aplicado en la sección de riego.

**4.- Eficiencia de almacenamiento (EAL):** Se define como la relación entre el agua almacenada en el perfil por efecto del riego, y el agua necesaria para llevar dicho perfil a capacidad de campo (CC) en toda la profundidad radicular del cultivo (Ecuación 3).

$$EAL = \frac{V_a}{V_n} * 100 \quad (3)$$

**Dónde:** EAL es la eficiencia de almacenamiento (%);  $V_a$  es el volumen de agua almacenado en la profundidad radicular ( $m^3$ ) y  $V_n$  es el volumen de agua necesario antes del riego ( $m^3$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas el 03 de mayo y 19 de julio del 2019. Esta actividad fue primordial para determinar la uniformidad de distribución en la sección de riego del predio cooperante en las fechas de la evaluación. Con base a los aforos realizados, el sistema de riego presentó un incremento en el gasto promedio de 1.86 a 2.57  $L h^{-1}$ . Esto podría deberse a que, en la primera evaluación, la sección de riego operó con una presión de 4.4 psi. Mediante los resultados de la evaluación agronómica se identificó, que la baja presión del sistema se debe a la operación por parte del productor, debido a que regaba de manera simultánea cinco secciones de riego. Por dicha razón, se recomendó que en los próximos eventos de riego sólo se operaran tres secciones con lo cual se logró incrementar la presión de operación de 4.4 a 6.5 psi. Esta acción, también se reflejó en una disminución del coeficiente de variación de gastos.

En el Cuadro 3 se presentan los parámetros de la eficiencia agronómica de las evaluaciones, donde se observa un incremento de la UD del sistema de riego considera como “buena” de acuerdo a la clasificación de Christiansen (1942) mostrada en el Cuadro 1. Sin embargo, este valor podría incrementarse hasta un 95% si se realizaran acciones de mantenimiento tales como: aplicación de cloros para limpieza de impurezas, realizar análisis de agua para determinar pH, sólidos totales disueltos, bicarbonatos y en base a estos realizar aplicaciones de ácidos, debido a que los goteros son susceptibles a taponamiento por su estrecha sección de flujo (Feng *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2018).



Cuadro 2. Resultados de los aforos de los goteros del sistema de riego de las evaluaciones realizadas en el ciclo agrícola de la naranja 2019.

Fecha de Evaluación	03 Mayo 2019	19 Julio 2019
No. Goteros	Q (L h <sup>-1</sup> )	
1	1.78	2.01
2	1.28	2.43
3	1.86	2.40
4	1.78	2.11
5	2.23	2.31
6	1.95	2.61
7	2.19	2.55
8	2.03	2.14
9	2.05	2.86
10	1.68	2.15
11	1.89	3.19
12	1.65	2.30
13	2.46	2.96
14	1.37	2.30
15	1.81	2.86
16	1.68	2.14
Q Promedio (L h <sup>-1</sup> )	1.86	2.46
Coeficiente de Variación (%)	16	15

La eficiencia de aplicación fue posible incrementarla al reducir el número de secciones de riego (de cinco a tres válvulas abiertas simultáneamente). Así mismo, el productor en la segunda evaluación ya consideraba el requerimiento hídrico del cultivo de naranja para calcular el tiempo de riego de la huerta. El requerimiento se determinó en función de la etapa fenológica y las condiciones climáticas del área de estudio. Utilizando el método FAO Penman – Monteith y el enfoque de coeficientes duales. Resaltando que el productor durante la primera evaluación determinaba los tiempos de riego de manera empírica, teniendo como criterio el estrés de los árboles.

La eficiencia de almacenamiento fue de 100% en ambas evaluaciones, lo anterior indica que no se subirrigó el cultivo. Por lo tanto, se está aplicando solo el volumen de agua requerido por el cultivo en la zona radicular. Al incrementar la eficiencia de aplicación en el sistema de riego de 79.1 a 91.0%), se encontró un ahorro del 40% en el consumo de energía eléctrica (Cuadro 3). Lo anterior, se refleja en un ahorro económico de aproximadamente \$2,155.85 pesos para el evento de riego del 19 de julio, al considerar un costo por KWh de \$5.67 pesos, de acuerdo a la tarifa RAMT (Riego Agrícola en Media Tensión) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Este costo es para la división Golfo Norte, zona en la que se localiza el equipo de bombeo de pozo profundo del área evaluada.

Cuadro 3. Parámetros de operación del sistema de riego por goteo y resultados de los indicadores de eficiencia agronómica de las dos evaluaciones realizadas en el ciclo agrícola de la naranja 2019.

Fecha Evaluación / Parámetros	03 Mayo 2019	19 Julio 2019
Tiempo de riego del sistema (hr).	50.0	30.0
Lámina de riego neta requerida (mm).	27.60	26.30
Lámina de riego bruta requerida (mm).	30.67	29.20
Volumen de agua requerido en la sección de riego (m <sup>3</sup> ).	794.3	756.9
Volumen de agua aplicado en la sección de riego (m <sup>3</sup> ).	1,003.6	832.0
Consumo de energía eléctrica (kWh)	381.0	228.0
Indicadores de eficiencia agronómica:		
<i>UD</i> (%)	87.8	88.8
<i>EfA</i> (%)	79.1	91.0
<i>EfAl</i> (%)	100.0	100.0

## CONCLUSIONES

Con la evaluación de los indicadores de eficiencia agronómica en el sistema de riego de baja presión se logró identificar una pérdida de volumen de agua del 17% y un derroche de energía eléctrica de 40%. Al implementar las recomendaciones generadas por la evaluación, como: reducción del número de secciones a regar simultáneamente y aplicación de los tiempos de riego a la sección evaluada en función al requerimiento hídrico del cultivo de la naranja; se logró un beneficio económico de \$2,155.85. Con estas acciones se contribuye a la optimización del recurso agua y energía eléctrica en la producción de cítricos en el estado de Nuevo León.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bortolini, L., y Martello, M. (2014). Effects of Water Distribution Uniformity on Waxy Corn (*Zea mays* L.) Yield: Preliminary Results. *Journal of Water Resource and Protection* 6, Journal of Water Resource and Protection.
- Bralts, V., Wu, I. P., y Gitlin, H. (1981). Manufacturing Variation and Drip Irrigation Uniformity. *Transactions of the ASAE* 24, 113-119.
- Canone, D., Previati, M., Bevilacqua, I., Salvai, L., y Ferraris, S. (2015). Field measurements based model for surface irrigation efficiency assessment. *Agricultural Water Management* 156, 30-42.
- Catalán, E., Villa, M., Inzunza, M., y Delgado, G. (2018). Pronóstico del riego de cultivos en las regiones pacífico, golfo y sureste de México. *AGROFAZ Esp. INIFAP CENID RASPA*, 163-174.

- Christiansen, J. E. (1942). "Irrigation by sprinkling. California Agricultural Experimental Station Bulletin 670."
- Espinosa, B., Flores, H., Ascencio, R., y Carrillo, G. (2016). Análisis técnico y económico del diseño de un sistema de riego a hidrante parcelario utilizando el método por Turnos y la técnica de Clement. *Terra Latinoamericana* 34, 341-440.
- Feng, J., Li, Y., Wang, W., y Xue, S. (2018). Effect of optimization forms of flow path on emitter hydraulic and anti-clogging performance in drip irrigation system. *Irrigation Science* 36, 37-47.
- Flórez, N., Zution, I., Rodrigues, D., Agnellos, A., Ponciano, F., Diego, M., y Eiji, e. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agrociencia* 47, 107-119.
- Merriam, J. L., y Keller, J. (1978). "Farm irrigation system evaluation: a guide for management," Utah State University., Logan, Utah 84321.
- Pantoja, G., y Flores, F. (2018). El sector cítrico de Nuevo León: caracterización del sistema agroalimentario como plataforma de integración del productor con la agroindustria. *REGIÓN Y SOCIEDAD XXX* (71), 1-46.
- Ramos, C. M., Delgado, G., Catalán, E., Rivera, M., y Almeyda, I. (2018). Eficiencia agrocómica del riego localizado: caso de estudio en región cítrica de Nuevo León. *AGROFAZ Edición Especial*, 103-112.
- Ruiz, R., Vela, G., y Moreno, R. (2017). Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. *Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales* 3 (6), 77-85.
- Saccon, P. (2018). Water for agriculture, irrigation management. *Applied Soil Ecology* 123, 793-796.
- SIAP (2017). "Planeación agrícola nacional 2016-2030. Cítricos limón, naranja y toronja MexicanaNOS." Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México.
- Tun, J. d. I. C., Ramírez, G., Ignacio., S., Lomas, C., y Cano, A. d. J. (2011). Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el distrito 048 Ticul, Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. Núm 1, 5-18.

---

## ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO EN HUERTAS DE LA REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN

**Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>1\*</sup>; Gerardo Delgado Ramírez<sup>2</sup>; Enrique Miguel Valle<sup>3</sup>;  
Juan Martínez Medina<sup>1</sup>; Flor Elena Ortiz Chaires<sup>4</sup>**

<sup>1\*</sup>Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Canal Sacramento Km. 6.5. C.P. 35140. Gómez Palacio, Durango.

<sup>3</sup>Técnico auxiliar de Investigador del CENID RASPA, INIFAP.

<sup>4</sup>Campo Experimental, Río Bravo, Km 61 Carretera Matamoros-Reynosa. C.P.88900. Río Bravo, Tamaulipas.  
ramos.carlos@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés social y ambiental por el uso irracional del agua, ha incrementado de manera significativa tanto en países en desarrollados como en vías de desarrollo (World Bank, 2017). El rápido crecimiento poblacional junto con la extensión de la agricultura de riego, el desarrollo industrial y el cambio climático influyen sobre la cantidad y calidad del agua (Chartzoulakis & Bertaki, 2015). Se estima que la población mundial para el año 2050 será de diez mil millones de personas (ONU, 2017), lo cual demanda incrementar un 50% la producción de alimentos (FAO, 2017). La agricultura es uno de los principales factores detrás del aumento de la escasez del agua, debido a que la agricultura de regadío representa más del 70 % de las extracciones de agua dulce en el mundo (Saccon, 2018). En México, más del 80% del volumen de agua se utiliza en la agricultura, con eficiencia de uso de alrededor de 40% en los Distritos de Riego y 57% en las unidades de riego (Arreguín *et al.*, 2010).

En Nuevo León la citricultura es practicada por más de 2,000 productores en una superficie de 30,000 ha, con un valor de producción de 668 millones de pesos (Pantoja y Flores, 2018). De la superficie total sembrada con cítricos el 79% se desarrolla bajo condiciones de riego; desafortunadamente se han detectado valores de eficiencia tan bajos como el 40% aun en sistemas de riego localizado con alto potencial de eficiencia como el goteo y la micro aspersión (Ramos *et al.*, 2018a). Esta baja eficiencia podría deberse a diversas causas como el mal diseño hidráulico del sistema, mala operación por falta de capacitación del personal (debido a que en

algunos casos se aplica mayor volumen de agua que lo requerido por el cultivo) y falta de mantenimiento del sistema de riego (Buendía *et al.*, 2004; Saccon, 2018). Lo anterior genera mala distribución y desperdicio de agua, variabilidad en la producción del cultivo e incremento en el consumo de energía (Bortolini y Martello, 2014).

Por lo anterior, la agricultura como principal actividad con alto consumo de recursos hídricos requiere de acciones estratégicas que propicien el incremento de la eficiencia en el uso del

agua durante la transformación insumo-producto y que, además, mejore los rendimientos de los cultivos para incrementar la productividad del agua (Olvera *et al.*, 2014). El objetivo del estudio fue determinar la eficiencia en el manejo del agua de riego en huertas cítricas del estado de Nuevo León, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en ocho huertas de naranjo en el municipio de General Terán el cual pertenece a la región cítrica de Nuevo León, México. Localizada al centro sur de este estado (Figura 1). La mayor parte de la región es semicálida, con temperatura media anual de 23 °C y precipitaciones en verano de 400 a 800 mm. El tipo de suelo de la zona es de textura fina (Granados y Gómez, 2014). La evaluación consistió en determinar la eficiencia del riego parcelario, durante el periodo del 01 de marzo al 15 de septiembre del 2018, para lo cual se realizaron las actividades siguientes:

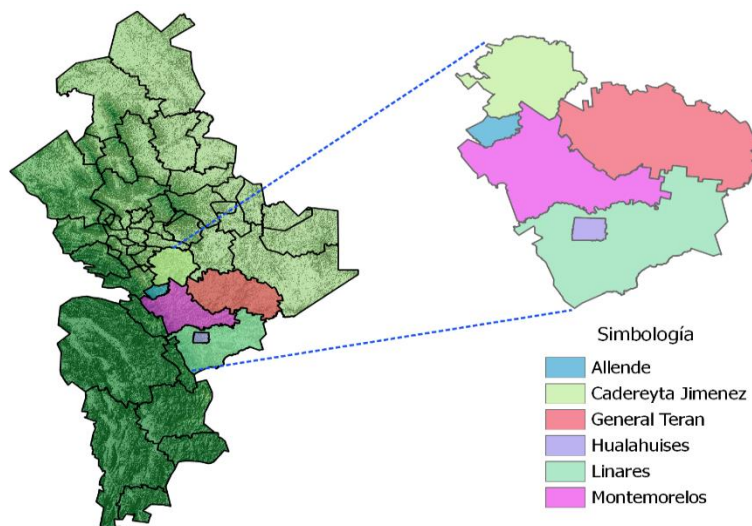


Figura 1. Localización de la región cítrica del estado de Nuevo León, México.

**Determinación de las láminas de riego aplicadas en las parcelas.** Para esto se realizaron una serie de aforos que dependieron del sistema de riego establecido en la huerta. Estos se describen a continuación:

**1. Goteros y micro-aspersores:** Se evaluó una sección representativa de acuerdo a lo propuesto por Merriam y Keller (1978), que consistió en seleccionar 4 líneas regantes: los dos extremos (inicio y último), y las situadas a un tercio y dos tercios del punto de alimentación (válvula de control). En dichas líneas regantes se eligieron 4 goteros, con el mismo criterio que el descrito para la selección de las líneas regantes, de forma que se evaluarán un total de 16 goteros o micro-aspersores. Los aforos se realizaron bajo condiciones normales de operación del sistema de la unidad de producción, mediante el método de volumen conocido.

**Canales no revestidos:** Se realizaron a la entrada de cada parcela durante cada uno de los riegos. Se utilizó el método de sección velocidad y el apoyo del molinete digital (Global Water Modelo FP-111). Para determinar el área de la sección de aforo se midió el espejo del agua y se dividió en cuatro dovelas. Posteriormente, se midió el tirante hidráulico de cada dovela; con las ecuaciones uno y dos se calculó el área de cada dovela. El área total de la sección de aforo fue la suma de las cuatro dovelas (Ramos *et al.*, 2018b).

$$A_1 = \frac{b \cdot h}{2}, \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} * b. \quad (2)$$

**Dónde:**  $A$  = área de la sección de aforo ( $m^2$ );  $b$  = base (m); y  $h$  = tirante hidráulico (m).

La velocidad se midió con un molinete digital (Global Water modelo FP-111), el cual se introdujo al centro de la sección de aforo a una profundidad del 60% respecto al tirante hidráulico (CNA, 2007). Con los datos de velocidad y área de los canales se utilizó la ecuación tres de Castelli para calcular el gasto hidráulico (Pedroza, 2018):

$$Q = A * V \quad (3)$$

**Dónde:**  $Q$  = gasto hidráulico ( $m^3 s^{-1}$ );  $A$  = área de la sección hidráulica ( $m^2$ );  $V$  = velocidad del flujo ( $m s^{-1}$ ).

Además de los aforos, se midieron los tiempos de riego de las huertas de estudio. Con esta información se calculó el volumen de agua aplicado en cada evento de riego

(Ecuación 4):

$$Va = Tr * Q \quad (4)$$

**Dónde:**  $Va$  = al volumen de agua aplicado ( $m^3$ );  $Tr$  = tiempo de riego (hrs) y  $Q$  = gasto de ingresa a la parcela ( $m^3 s^{-1}$ ).

Las láminas de riego aplicadas en las huertas, se determinaron con la superficie de riego y el volumen de agua aplicado (Ecuación 5).

$$LrA = \frac{Va}{S} \quad (5)$$

**Dónde:**  $LrA$  = lamina de riego aplicada ( $m^3$ );  $S$  = superficie de la huerta ( $m^2$ ).

**2. Estimación de requerimientos hídricos del cultivo de naranja.** La información climática se obtuvo de dos estaciones, localizadas en  $25^\circ 18' 05''$  N y  $99^\circ 35' 35''$  O (INIFAP) y  $25^\circ 14' 20''$  N y  $99^\circ 44' 47''$  O (Vivero el llano) a una altitud de 265 y 354 m respectivamente y pertenecen a la red administrada por INIFAP. También, el software IRRINET generado por el CENID-RASPA, el cual determina el consumo de agua en tiempo real, a partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) mediante el método FAO Penman-Monteith y el uso del coeficiente dual del cultivo (Catalán *et al.*, 2018). Además, fue

necesario conocer las características físicas del suelo, se realizaron análisis físicos en cada huerta, debido a que el software IRRINET utiliza esta información como datos de entrada (Catalán *et al.*, 2017).

**3. Estimación de eficiencias de riego parcelario:** La Eficiencia de riego parcelario (Efa) mide la cantidad de agua requerida por el cultivo en relación con la aplicada en las parcelas, esta se determinó con la Ecuación 6.

$$Efa = \frac{LrR}{LrA} * 100 \quad (6)$$

**Dónde:** *Efa* = Eficiencia de riego parcelario (%); *LrR* = Lámina de riego requerida por el cultivo (cm); *LrA* = Lámina de riego aplicada (cm).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor lámina de riego neta aplicada al cultivo de naranja se realizó en la huerta 1, con un sistema de riego con goteros integrados y las menores laminas se aplicaron en las huertas 4 y 5 (cuadro 1). Es preciso mencionar que las huertas 4 y 5

manejaron un intervalo de riego de 41 días, por lo cual presentaron un porcentaje de abatimiento de humedad en el suelo promedio durante el ciclo de 65.8%, con este manejo se estima una reducción del rendimiento potencial de 8.9%. Al realizar una programación de riego con el software IRRINET para estas huertas (4 y 5) se encontró que es posible incrementar hasta un 7.2% el rendimiento, si los riegos se realizaran en intervalos de 25 días a un abatimiento de humedad aprovechable promedio del 50% durante todo el ciclo agrícola. Al cambiar el criterio de aplicación del agua de riego, se tendría impacto en el rendimiento del cultivo de naranja con un incremento cercano al 7.2%.

Así mismo, en el Cuadro 1, se presenta la eficiencia de aprovechamiento del agua de riego de las ocho huertas de estudio, donde se observa que la Huerta 5 registró una eficiencia del 94%, lo que indica que no existió derroche de agua en la aplicación de los riegos durante el ciclo agrícola. Esta eficiencia fue posible por el manejo del sistema de riego ya que no aplica más cantidad de agua que la requerida por el cultivo. Nieto *et al* (2018) indican que además de mejorar la productividad del agua, también se obtienen beneficios sociales y ambientales. Así mismo, Sifuentes *et al* (2016) indican que, al realizar un uso eficiente del agua de riego, es posible mantener los niveles óptimos de humedad del suelo.

Para el caso de los sistemas de gotero y micro-aspersión, se aplicó el doble de la lámina requerida por el cultivo (Cuadro 1). Lo anterior puede deberse a que no se realiza una programación del riego con base a las necesidades hídricas del cultivo (Ramos *et al.*, 2018b), al mal diseño del sistema de riego (sobre todo por la presión de operación con la que está operando el sistema de riego) (Flores *et al.*, 2014), falta de mantenimiento del sistema de riego (Tun *et al.*, 2011) y a la falta de capacitación tanto del personal como de los propietarios de las huertas.

Cuadro 1. Eficiencia de aprovechamiento de los sistemas de riego instalados en las ocho huertas de estudio en la Región Citrícola de Nuevo León.

Huerta	Sistema de Riego	LrR (cm)	LrA (cm)	Efa (%)
1	Goteo (goteros integrados)	65.7	147.2	45
2	Microaspersión	65.7	131.9	50
3	Microaspersión	65.7	131.6	50
4	Superficial (válvulas alfalferas)	66.3	88.7	75
5	Superficial (válvulas alfalferas)	66.3	70.8	94
6	Goteo (goteros insertados)	65.7	130.2	50
7	Superficial (acequia)	66.3	144.0	46
8	Superficial (acequia)	66.3	124.8	53

LrR = Lamina de Riego Requerida; LrA = Lamina de Riego Aplicada; Efa = Eficiencia de Riego Parcelario.

## CONCLUSIONES

Con base a los datos obtenidos en este estudio se concluye que las eficiencias de aprovechamiento del agua, en las huertas citrícolas son bajas aun en sistemas de riego con eficiencia potencial del 90% como lo son el goteo y la micro aspersión. Esto nos indica que existe un derroche del recurso agua principalmente por el manejo del riego. Por lo tanto, la recomendación es realizar una programación del riego con base en los requerimientos hídricos del cultivo de naranja con la finalidad de incrementar la eficiencia y la productividad del agua. Con dichas acciones se contribuye a la optimización de los recursos agua y energía eléctrica en la producción de cítricos en el estado de Nuevo León.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arreguín, F., Alcocer, V., Marengo, H., Cervantes, C., Albornoz, P., y Salinas, M. G. (2010). Los retos del agua. . In "El agua en México: Cauces y encauces" (B. Jiménez, M. L. Torregrosa and L. Aboites, eds.), Vol. 1er Edi., pp. 51-79. Comisión Nacional del Agua, México.
- Bortolini, L., y Martello, M. (2014). Effects of Water Distribution Uniformity on Waxy Corn (*Zea mays* L.) Yield: Preliminary Results. *Journal of Water Resource and Protection* 6, Journal of Water Resource and Protection.
- Buendía, J., Palacios, E., Chávez, J., y Rojas, B. (2004). Impacto del funcionamiento de los sistemas de riego presurizados en la productividad de ocho cultivos, en Guanajuato, México. *Agrociencia* 38 (5), 477-486.
- Catalán, E., Villa, M., Inzunza, M., y Delgado, G. (2017). Programa computacional para el pronóstico del riego en la Región Central de México. *AGROFAZ* 17 (2), 73-83.
- Catalán, E., Villa, M., Inzunza, M., y Delgado, G. (2018). Pronóstico del riego de cultivos en las regiones pacífico, golfo y sureste de México. *AGROFAZ* Esp. INIFAP CENID RASPA, 163-174.



- 
- Chartzoulakis, K., y Bertaki, M. (2015). Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4, 88-98.
- CNA (2007). "Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Selección e instalación de equipos de macromedición." Comisión Nacional del Agua, Tlalpan, México, D.F.
- FAO (2017). "The future of food and agriculture. Trends and challenges," Rome.
- Flores, H., Sifuentes, E., Flores Magdaleno, H. c., Ojeda, W., y Ramos, C. R. (2014). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (2), 41-252.
- Granados, R., y Gómez, G. (2014). Capítulo 3. Dinámica atmosférica, variación y cambio climático. In "Región Citrícola de Nuevo León. Su complejidad territorial en el marco global" (Á. López, M. Pando, J. Pérez and M. Godínez, eds.), pp. 45-60. Serie Libros de investigación, México, D. F.
- Nieto, C., Pazmiño, E., Rosero, S., y Quishpe, B. (2018). Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Siembra* 5 (1), 51-70.
- Olvera, M., Behena, G., Alpuche, Ó., y García, F. (2014). La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México. *Revista Ambiente y Desarrollo* 18, 23-36.
- ONU (2017). "World Population Prospects The 2017 Revision. Key Findings and Advance Tables." United Nations, New York.
- Pantoja, G., y Flores, F. (2018). El sector citrícola de Nuevo León: caracterización del sistema agroalimentario como plataforma de integración del productor con la agroindustria. *REGIÓN Y SOCIEDAD XXX* (71), 1-46.
- Pedroza, E. (2018). "Hidráulica Básica. Historia, conceptos previos y ecuaciones," Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., México.
- Ramos, C. M., Delgado, G., Catalán, E., Rivera, M., y Almeyda, I. (2018a). Eficiencia agrocómica del riego localizado: caso de estudio en región citrícola de Nuevo León. *AGROFAZ Edición Especial*, 103-112.
- Ramos, C. M., Estrada, J., Delgado, G., Miguel, E., y Domínguez, D. (2018b). Estimación de la eficiencia de riego superficial parcelario en un módulo del distrito 017 Región Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 17 (2), 21-30.
- Saccon, P. (2018). Water for agriculture, irrigation management. *Applied Soil Ecology* 123, 793-796.

Sifuentes, E., Macías, J., Ojeda, W., González, V., Salinas, D., y Quintana, J. (2016). Gestión del riego enfocada a variabilidad climática en el cultivo de papa: aplicación al Distrito de Riego 075, Río Fuerte, Sinaloa, México. *Tecnología y Ciencias del Agua* VII (2), 149-168.

Tun, J., Ramírez, G., Sánchez, I., Lomas, C., y Cano, A. (2011). Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el Distrito 048 Ticul, Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pum. Esp. (1), 5-18.

World Bank (2017). "Physical Impacts of Climate Change on Water Resources," NW, Washington, DC.

---

**PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA EN ZARZAMORA (*Rubus spp L.*) y FRESA (*Fragaria vesca L.*) EN EL DR-061 ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO.**

---

**Ríos Flores José Luis<sup>1</sup>, Chávez Rivero José Antonio<sup>2</sup> y Hernández Nava Angélica<sup>2</sup>.**

1. **Profesor Investigador, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez Km. 40, Bermejillo estado de Durango. Email: yukov1234@hotmail.com**
2. **Profesor de Asignatura, Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera el Vergel-La Torreña Km 0.820, El Vergel, Gómez Palacio Estado de Durango.**
3. **Alumna de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Gómez Palacio.**

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente el agua aprovechable para el ser humano ha disminuido en gran manera ya que más del 80% de esa agua va destinada a la agricultura y la ganadería, a su vez el 7.7% se encuentra en presas hidroeléctricas, el 4% es para uso industrial y el 2.3% para uso urbano. (Mazari, 2003) . Con estas cifras se destaca la importancia que tiene la agricultura en el desafío de lograr la optimización del agua disponible en la tierra para cubrir las necesidades de un número creciente de usuarios (FAO, 2002). Para medir el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos, Hoekstra et al. (2009) mencionan el concepto de “Huella Hídrica” como un indicador sobre el uso del agua, la cual resulta de sumar el agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la que es necesaria para producir los bienes y servicios que consume. Se expresa en términos del volumen de líquido utilizado por año. Este indicador nos permite conocer la cantidad de agua que aprovecha una persona.

Para contribuir en relación al agua utilizada en la agricultura Kijne, Barker y Molden (2003) establecieron el concepto de productividad del agua como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Al conocer que el agua es realmente escasa, se hace de vital importancia desarrollar conceptos y herramientas que delimiten su uso. Económicamente hablando existen tres niveles diferentes para los recursos hídricos. El primero hace referencia al nivel de usuario, es decir, es el nivel en el que se puede aumentar la “eficacia del uso del agua local”, donde el precio actual y la tecnología son dos componentes importantes El segundo nivel tiene como fin asignar los recursos hídricos disponibles para los bienes y servicios, este nivel determina la “eficiencia de asignación de agua”. En torno a la disposición de agua en el mundo, se dice que está misma, en algunas partes es escasa, mientras que en otras es abundante, así como en algunas partes hay poca demanda y en otras alta demanda. Es aquí donde entra el tercer nivel, “eficacia global del uso del agua”.

En síntesis los tres niveles buscan hacer eficiente el uso del agua frente a su asignación y disponibilidad (Hoekstra & Hung, 2002). México ocupa el quinto lugar en cuanto a

producción de fresa con un total de 458,972 ton de la producción mundial, siendo el estado de Michoacán el mayor productor (FAO, 2014). Así como en la producción de zarzamora, resalta como uno de los principales países productores a nivel mundial con una producción total 118,128 ton (SAGARPA, 2012). La importancia social y económica que tienen actualmente las frutillas, representa uno de los pilares que soportan la economía de estas regiones, pues se generan miles de empleos directos e indirectos, ya que tienen una alta demanda de mano de obra, insumos para la producción y empaque (ANEBERRIES, 2014).

La producción de zarzamora en México ha tenido un importante crecimiento en los últimos quince años, ya que ha pasado de una superficie de cerca de 1,200 ha en el año 2000 a una superficie diez veces mayor en el año 2014, de la que el 96% es de riego. En consecuencia el volumen se ha incrementado de 14 mil a 153 mil toneladas en ese periodo (SHCP y FND, 2015 a).

El cultivo de fresa genera en el país el 1.1% del valor generado por el sector agrícola, cerca de 4,200 mdp, además de ser un importante producto de exportación. Se estima que a lo largo de la cadena agroindustrial de la fresa se generan 15,000 empleos directos y 4,500 indirectos (SHCP y FND, 2015 b).

El municipio de Zamora, perteneciente al DR-061 Michoacán destaca por ser uno de los principales productores de fresa a nivel estatal y nacional, con una superficie sembrada de 4,897.63 ha el cual genera una ganancia de MX\$ 465,2416.91. También tenemos al cultivo de zarzamora con una superficie sembrada de 8607.04 ha, la cual deja una ganancia de MX\$ 814,7343.57. La mayor parte del sembradío es bajo sistema de riego (SIAP, 2016). Por lo antes mencionado, la presente investigación tiene objetivo general determinar la huella hídrica azul (HHA) para el cultivo de zarzamora (*Rubus spp. L.*) y fresa (*Fragaria vesca L.*) mediante indicadores de eficiencia y productividad física, económica y social del agua usada en la producción, así como la distribución de la riqueza generada y la productividad laboral y del capital en el DR-061 de Zamora, Michoacán, México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Fuentes de información**

Para calcular la huella hídrica azul en los cultivos seleccionados de zarzamora y fresa en el Distrito de Riego 061, municipio de Zamora, Michoacán, se utilizaron diferentes índices, entre ellos el índice de eficiencia económica, eficiencia física y la eficiencia social, así también la determinación de variables como la superficie cosechada, valor bruto de la producción, producción física anual, costos por ha, precio por tonelada, la productividad, cálculo de lámina de riego para ambos cultivos, la eficiencia de conducción hídrica y número de jornales correspondientes de cada cultivo.

---

### Base de Datos y Variables

Estudios previos sobre la huella hídrica (HH), evaluada mediante indicadores de productividad física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) del agua de riego usada en la agricultura, permiten usar los modelos matemáticos si el objetivo es obtener las HHF, HHE y HHS de un cultivo en lo individual (Rios et al, 2018 ) o las HHS, HHE y HHS de un conglomerado de cultivos (Rios et al, 2015), o bien, índices de productividad social del capital las cuales se estiman mediante los cocientes señalados en el cuadro 1, en el que usan las siguientes variables macroeconómico-agrícolas señaladas a continuación:

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes de información

Para calcular la huella hídrica azul en los cultivos seleccionados de zarzamora y fresa en el Distrito de Riego 061, municipio de Zamora, Michoacán, se utilizaron diferentes índices, entre ellos el índice de eficiencia económica, eficiencia física y la eficiencia social, así también la determinación de variables como la superficie cosechada, valor bruto de la producción, producción física anual, costos por ha, precio por tonelada, la productividad, cálculo de lámina de riego para ambos cultivos, la eficiencia de conducción hídrica y número de jornales correspondientes de cada cultivo.

### Base de Datos y Variables

Estudios previos sobre la huella hídrica (HH), evaluada mediante indicadores de productividad física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) del agua de riego usada en la agricultura, permiten usar los modelos matemáticos si el objetivo es obtener las HHF, HHE y HHS de un cultivo en lo individual (Rios et al, 2018 ) o las HHS, HHE y HHS de un conglomerado de cultivos (Rios et al, 2015), o bien, índices de productividad social del capital las cuales se estiman mediante los cocientes señalados en el cuadro 1, en el que usan las siguientes variables macroeconómico-agrícolas señaladas a continuación:

### Significado de las literales en los modelos:

RF<sub>i</sub> = Rendimiento físico del i-ésimo cultivo (en ton ha<sup>-1</sup>).

LR<sub>i</sub> = Lámina de riego del i-ésimo cultivo (en m).

EC<sub>i</sub> = Eficiencia de conducción hidráulica del i-ésimo cultivo.  $0 < EC < 1$ .

S<sub>i</sub> = Superficie cosechada del i-ésimo cultivo (en ha).

Pi = Precio del producto del i-ésimo cultivo (en US\$ ton<sup>-1</sup>).

PC = Paridad cambiaria, pesos mexicanos (MX\$) por cada USD.

Ci = Coste de producción por hectárea del i-ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

gi = Ui = Ganancia por hectárea del i-ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

Ji = Número de jornales invertidos por hectárea en el i-ésimo cultivo.

i = i-ésimo cultivo bajo una forma concreta de riego (bombeo, gravedad).

288 = Número de jornadas al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana, por 48 semanas al año.

Los modelos de Rios et al (2018) para las huellas hídricas (HH) física (F), económica (E) y Social (S) fueron:

$$HHF = 10^4 LR_i (RF_i EC_i)^{-1}$$

$$HHE = 10^4 LR_i (EC_i * g_i)^{-1}$$

$$HHS = (25/72) * (J_i / (LR_i / EC_i))$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del Cuadro 1, donde se señalan las huella hídricas física (HHF), económica (HHE) y social (HHS), se observa para la HHF en su forma de índice de eficiencia en el uso del agua utilizada en la producción, que en el DR061 Zamora, Michoacán, fue de 694 L kg<sup>-1</sup>, 5.7 veces la cantidad de agua que se demandó para producir el mismo kg, pero de fresa, ya que ésta fue igual a solamente 122 L kg<sup>-1</sup>.

La HHF en su forma de índice de productividad, según se muestra en el cuadro 1, se elevó a solamente 1.44 kg m<sup>-3</sup> en el cultivo de zarzamora, equivalente a solo el 18% del nivel de productividad física determinado para la fresa, ya que en este cultivo un m<sup>3</sup> de agua usada en la producción produjo 8.17 kg de producto físico.

La HHF es un indicador que podría fácilmente encasillarse en el ámbito ecológico, pues refiere a cuánta agua se usa en uno o en otro producto, no obstante, dada la diferente naturaleza, dado el diferente valor de uso de productos diferentes, es difícil comprender o más aún, inferir acerca del mayor o menor índice de eficiencia o productividad del agua, lo

cual se zanja cuando el producto físico es multiplicado por el precio por unidad, pues de esa manera se obtiene un primer indicador de naturaleza monetaria, el *ingreso* generado por m<sup>3</sup> de agua, no obstante, el ingreso monetario no deviene en una “buena” variable económica del producto monetario, toda vez que no han sido descontados los costos incurridos en la producción, para de esa manera saber si se generó o no un remanente arriba de los costos, por lo que, al descontársele al ingreso el correspondiente costo incurrido, se obtiene la *ganancia*, variable monetaria de mayor significado y relevancia que el ingreso. Así, el cuadro 1 muestra la HHE medida como un índice de *productividad* del agua usada en la producción (medida como la cantidad de ganancia generada (en USD) por m<sup>3</sup> de agua usado en la producción) o bien, medida como un índice de *eficiencia* con que se usó el agua en la producción (mediante la cantidad de m<sup>3</sup> de agua usada en la producción necesarios para producir un dólar norteamericano de ganancia).

Cuadro 1: Indicadores de las huellas hídricas física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) mediante indicadores de eficiencia y productividad del agua usada en la producción en los cultivos de zarzamora (*Rubus spp. L.*) y fresa (*Fragaria vesca L.*) en el DR061 Zamora, Michoacán, México, 2016.

Tipo de huella	Tipo de indicador	Expresado en:	Zarzamora	Fresa	Zarzamora/fresa
HHF	Eficiencia	L kg <sup>-1</sup>	694	122	5.7
HHE	Productividad	Kg m <sup>-3</sup>	1.44	8.17	0.18
	Eficiencia	m <sup>3</sup> por cada USD de ganancia	0.460	0.279	1.65
HHS	Productividad	Ganancia (USD) m <sup>-3</sup>	\$2.17	\$3.59	0.61
	Productividad	Salarios (USD) m <sup>-3</sup>	0.34	0.24	
	Eficiencia	m <sup>3</sup> por empleo generado	8,972	12,917	0.69
	Productividad	empleo hm <sup>-3</sup>	111.46	77.42	1.44

Con base en lo anterior, es fácil denotar que en el cuadro 1 se observa que el cultivo de zarzamora fue *menos eficiente* en términos económicos al usar el agua en la producción, ya que, producir la misma cantidad de producto monetario, un dólar norteamericano de ganancia, implicó utilizar 460 L (=0.460 m<sup>3</sup>) de agua, mientras que la fresa requirió de solamente 279 L (=0.279 m<sup>3</sup>), es decir, el cultivo de zarzamora demandó 65% (el indicador fue 1.65) *más* agua que la fresa para producir la misma masa

monetaria de ganancia. Lo anterior permite inferir que la HHE en su forma de eficiencia, fue 65% mayor que la correspondiente HHE de la zarzamora.

De la misma manera, la HHE, visualizada ahora mediante el índice de productividad, según se colige del cuadro 1, fue 39% ( $= 0.61 - 1 = - 0.39$ ) menos productivo el uso del agua en zarzamora que en fresa, toda vez al utilizar el mismo volumen de agua, un  $m^3$ , en ambos cultivos se obtuvieron diferentes indicadores, en el primero de los cultivos, la HHE fue igual a 2.17 USD de ganancia por  $m^3$ , mientras que la fresa, con el mismo  $m^3$  de agua produjo 3.59 USD de ganancia. Lo anterior permite inferir que la productividad económica del agua en zarzamora fue igual a solamente el 61% del nivel alcanzado por el cultivo de fresa.

## CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo general planteado al inicio de este trabajo, ya que se generaron números índice para la huella hídrica azul en ambos cultivos, tanto en términos físicos (Metros cúbicos de agua usada en la producción por kilogramo de producto), como económicos (ganancia generada por metro cúbico de agua usada en la producción) y sociales (empleo generado por hectómetro cúbico de agua usada en la producción).

El uso del agua dulce en la agricultura, así como en cualquier otra actividad como la ganadería, la industria o los servicios, debe de ser usado de la manera más eficiente (es decir, usar la menor cantidad de agua para producir una unidad de producto) y productiva (es decir, generar la mayor cantidad de producto por unidad de volumen de agua usada en la producción), ya que, contrario a lo que el sentido común le sugiere a la gente, el agua es un recurso escaso en extremo, por un lado, y por otro, la población, que crece en flecha exponencial y con ello sus demanda de productos agrícolas y de todo tipo, está ejerciendo una enorme presión sobre el recurso hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANEBERRIES, 2014. [En línea]. *Importancia de las Berries*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: [http://www.promexicoglobal.com/work/models/promex\\_global/Resource/162/1/images/pmgmich\\_bpartida.pdf](http://www.promexicoglobal.com/work/models/promex_global/Resource/162/1/images/pmgmich_bpartida.pdf)
- FAO, 2002. *Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Roma, Italia. P. 2
- FAO, 2014. [En línea]. *The world's largest database of food and agriculture statistics (FAOSTAT)*. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- García, E., 1998. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto De Geografía, Universidad Nacional Autónoma De México. México, D.F.
- Hepworth, N. D.; Postigo, J. C.; Güemes, D. B.; Kjell, P. 2010. Drop by drop, Understanding the Impacts of the UK's Water Footprint through a Case Study of Peruvian Asparagus. Progressio, CEPES and Water Witness International London. 99p.
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). *Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Value of water research report series, 11, 166.



- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2009). *Water footprint manual: State of the art 2009*. Enschede, The Netherlands. P.8.
- INEGI. (2016). *Anuario estadístico y geográfico del estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía., México, D.F. Pág.20
- INIFAP-CENID-RASPA. (2006). *Programa Riego*. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2017]. Disponible en: [https://cenidraspa.org/serg/serg\\_v1.php](https://cenidraspa.org/serg/serg_v1.php)
- Kijne, J.W., R. Barker and D. Molden, 2003. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunity for Improvement*. CABI, Cambridge, UK., ISBN: 0 85199 669 8.
- MAG. (2007). *Agrocadena de fresa. Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Alajuela, Grecia. PAG.-4
- Mazari, M. (2003). *¿Cómo vez?* Universidad Nacional Autónoma de México: México, D.F., PAG. 16-20.
- OMM. (1997). [en línea]. *¿Hay suficiente agua en el mundo?* Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [Fecha de consulta: 19 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hidrologia/Capitulo\\_1/aguamundo.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/aguamundo.pdf)
- Rios –Flores, J. L., Torres-Moreno, M., Castro-Franco, R., Torres-Moreno, M. A. Ruiz-Torres, J. (2015 a). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera. *Rev. FCA UNCUYO*. 2015. 47(1); 93-107, ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.
- Ríos Flores, José Luis, Rios Arredondo, Becky Elizabeth, Cantú Brito, Jesús Enrique, Rios Arredondo, Hebrían Efraín, Armendáriz Erives, Sigifredo, Chávez Rivero, José Antonio, Navarrete Molina, Cayetano & Castro Franco, Rafael. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis L.*) y uva (*Vitis vinífera*) mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2018. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(2). ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.
- SAGARPA. (2012). [En línea] *Fortalece México la producción de berries, generador de empleos y nuevos mercados*. [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/2012/octubre/Documents/B0402012.PDF>
- SAGARPA. (2007). *Factores De Producción Nacional De Zazamora*. Comité Estatal De Evaluación., México, D.F.
- SHCP y FND. (2015 a). [en línea]. *Panorama de la fresa*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>
- SHCP y FND. (2015 b). [En línea]. *Panorama de la zarzamora*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Zazamora.pdf>
- SIAP. (2016). [En línea]. *Anuario estadístico de producción agrícola*. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb /icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb /icultivo/index.jsp)

---

## DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN EL CULTIVO DE ESPARRAGO (*Asparagus officinalis* L.) DEL DR-066 COMONDÚ, VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR.

Ríos Flores José Luis<sup>1</sup>, Chávez Rivero José Antonio<sup>2</sup> y Hernández Nava Angélica<sup>2</sup>.

1. Profesor Investigador, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez Km. 40, Bermejillo estado de Durango. Email: yukov1234@hotmail.com
2. Profesor de Asignatura, Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera el Vergel-La Torreña Km 0.820, El Vergel, Gómez Palacio Estado de Durango.
3. Alumna de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Gómez Palacio.

### INTRODUCCIÓN

El agua es recurso más maravilloso de nuestro planeta. Se encuentra en constante movimiento, gobierna el clima y forma el contorno de la tierra. El agua es la fuente primaria de la vida, una tierra sin agua es una tierra muerta (Gorsky, 1962).

El agua es un componente esencial de las economías nacionales y es necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía.(WWAP, 2016), por ello se considera que su uso debe tener un componente social. Toda la producción y utilización de alimentos depende del agua. La agricultura de regadío representa aproximadamente el 70% de las captaciones totales de agua del mundo, con cuotas más altas en algunas economías en desarrollo. Se estima que el 38% de las tierras de regadío utiliza agua subterránea (WWAP, 2016).

El agua es el factor limitante para el asentamiento de nuevas superficies agrícolas bajo riego en el país y en el mundo. Por lo tanto limita la obtención de alimentos, además existen dos agravantes de esta situación: la amenaza natural de reducción al suministro y el contraste crecimiento de las áreas urbanas, que demandan cada vez más agua de la que hay (Guzmán. et al., 2008).

El espárrago debe tener suelos de textura franca, con inclinación a franco arenosa o limosa, El pH óptimo está comprendido entre 7,5 y 8, aunque admite suelos de pH 6,5, y tener resistencia a la salinidad del suelo y agua (InfoAgro, 2010), el óptimo de desarrollo vegetativo está comprendido entre 18 y 25°C. Por debajo de 15°C por el día y 10°C por la noche se paraliza su desarrollo y por encima de 40°C encuentra dificultades para desarrollarse. El espárrago ha sido clasificado como una planta tolerante a la sequía. Sin embargo el mejor crecimiento ocurre cuando los suelos se mantienen cercanos a capacidad de campo (Wilox-Lee, 1987), en los climas templados, generalmente no se requiere de riego

durante la cosecha, debido a que el uso del agua es bajo (Roth y Gardner, 1990). Agregar agua durante la cosecha puede enfriar los suelos dando un crecimiento lento de los turiones, disminuyendo la calidad y el rendimiento (Takatori y Cannell, 1970).

Por lo antes mencionado el presente trabajo tuvo como objetivo principal el Determinar la huella hídrica azul (física, económica y social) del cultivo de esparrago irrigado por sistema de goteo, en el DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, mediante el uso de la metodología matemática determinada por Rios *et al* (2015), para así generar indicadores de eficiencia y productividad del agua usada en la producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes de información

Para lograr la determinación de la huella hídrica de los cultivos de esparrago en la región de Santo Domingo Baja California, se emplearon fuentes de información secundaria, proveniente del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Los datos correspondientes al ciclo agrícola 2016 de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada de cada cultivo de esparrago en riego.

### Base de Datos y Variables

Estudios previos sobre la huella hídrica (HH), evaluada mediante indicadores de productividad física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) del agua de riego usada en la agricultura, permiten usar los modelos matemáticos si el objetivo es obtener las HHF, HHE y HHS de un cultivo en lo individual (Rios *et al*, 2018 ) o las HHS, HHE y HHS de un conglomerado de cultivos (Rios *et al*, 2015), o bien, índices de productividad social del capital las cuales se estiman mediante los cocientes señalados en el cuadro 1, en el que usan las siguientes variables macroeconómico-agrícolas señaladas a continuación:

### Significado de las literales en los modelos:

$RF_i$  = Rendimiento físico del  $i$ -ésimo cultivo (en  $\text{ton ha}^{-1}$ ).

$LR_i$  = Lámina de riego del  $i$ -ésimo cultivo (en m).

$EC_i$  = Eficiencia de conducción hidráulica del  $i$ -ésimo cultivo.  $0 < EC < 1$ .

$S_i$  = Superficie cosechada del  $i$ -ésimo cultivo (en ha).

$P_i$  = Precio del producto del  $i$ -ésimo cultivo (en  $\text{US\$ ton}^{-1}$ ).

PC = Paridad cambiaria, pesos mexicanos (MX\$) por cada USD.

$C_i$  = Coste de producción por hectárea del  $i$ -ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

$g_i = U_i$  = Ganancia por hectárea del  $i$ -ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

$J_i$  = Número de jornales invertidos por hectárea en el  $i$ -ésimo cultivo.

$i$  =  $i$ -ésimo cultivo bajo una forma concreta de riego (bombeo, gravedad).

288 = Número de jornadas al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana, por 48 semanas al año.

Los modelos de Rios et al (2018) para las huellas hídricas (HH) física (F), económica (E) y Social (S) fueron:

$$HHF = 10^4 LR_i (RF_i EC_i)^{-1}$$

$$HHE = 10^4 LR_i (EC_i * g_i)^{-1}$$

$$HHS = (25/72) * (J_i / (LR_i / EC_i))$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el 2016, en el Estado de Baja California Sur, se sembraron 3,009 ha en donde solo se cosecharon 2,719 ha, de las cuales, 2,684 hectáreas fueron del DR-066 Comondú lo que es el 89.19% del total de la superficie sembrada en todo el Estado de Baja California Sur y de ellas se cosecharon 2,429, pertenecientes a Comondú que representa un 89.33% de toda la superficie cosechada en el Estado de Baja California Sur. En cuanto a la producción física en el Estado de Baja California Sur, produjeron las siguientes cantidades de esparrago: 21,633.25 ton en total, mientras que en el DR-066 Comondú fue de 20,282.15 ton, aportando así un 93.75% con respecto a la producción total del estado.

En el cuadro 1, se observa que se necesitaron 2.4 m<sup>3</sup> de agua para producir un kilogramo de esparrago en Comondú mientras que en todo el estado se utiliza 2.51 m<sup>3</sup> de agua para producir el mismo kg de esparrago lo que indica que la huella hídrica del esparrago en Comondú es inferior a la del promedio del estado.

Cuadro 1. Huella Hídrica (HH) del cultivo de Esparrago en DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, 2016. Producción bajo riego (sistema por goteo)

Variable/unidad de medida		DR-066 Comondú	Estado de Baja California Sur
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Física (HHF):</b>			
	Unidad		
Metros cúbicos por kilogramo de Esparrago	$m^3 Kg^{-1}$	2.4	2.513
Kg de Esparrago por $m^{-3}$	$Kg m^{-3}$	0.42	0.40
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Económica (HHE):</b>			
US\$ de ganancia por cada $m^3$	$US\$ m^{-3}$	0.14	0.09
$m^3$ por cada 1 US\$ de ganancia	$m^3 US\$^{-1}$	7.189	10.658
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Social (HHS):</b>			
Empleos por $hm^{-3}$	$E hm^{-3}$	28.3	28.3
$m^{-3}$ por Empleo	$m^3 E^{-1}$	35,330.9	35,330.9

Fuente: Elaboración propia con base en cifras del SIA

De igual manera en el país de Perú se determinó la huella hídrica física para el cultivo de esparrago y según Fonseca, Mariluz & Verano (2012), determinaron que el promedio de consumo de agua de espárrago fue de 3.4  $m^3$  por kg. Esto nos dice que en el caso del municipio de Comondú es usado con mayor eficiencia el sistema de riego de agua que el promedio de Perú, esto puede ser por diferentes causas, sin embargo Conza, Rony & Dyer (2015) en la investigación realizada en la empresa Camposol mencionan que obtuvieron una huella hídrica física de 1.307  $m^3$  de agua por 1 kg de espárrago producido, siendo más eficiente en la empresa Camposol que en el municipio de Comondú teniendo una relación de 1.83, el cual nos dice que en el municipio de Comondú se utiliza un 83% más de agua que en la empresa Camposol, por lo que se puede deducir que es posible encontrar una mayor tecnificación en los sectores productivos de dicha empresa teniendo un mejor aprovechamiento en el uso del agua.

La huella hídrica del esparrago medida en términos de productividad, como la cantidad de kilogramos producidos por  $m^3$  de agua, de acuerdo al cuadro 3, fue de 0.42 kilogramos por  $m^3$  en esparrago de Comondú, en cuanto al estado se producen 0.40 kilogramos con el mismo volumen de agua, lo que sugiere que el esparrago es más productivo en el municipio de Comondú, ya que produce un 5% más que lo que se genera en promedio en todo el estado (cuadro 1).

Cuadro 2. Indicadores de Productividad del Capital y de Fuerza de Trabajo del cultivo de Esparrago en DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, 2016. Producción bajo riego (sistema por goteo).

Variable/unidad de medida	DR-066 Comondú	Estado de Baja California Sur
<b>Indicadores de Productividad del Capital</b>		
	Unidad	
Rentabilidad	RB/C	1.20
Productividad Social del Capital	Empleo/ Millón de US\$	41.4
	Invertidos	
Inversión del Capital en Millones de US\$	Millones de US\$	33.20
Punto de Equilibrio	Ton Ha <sup>-1</sup>	6.94
Tasa de Ganancia	US\$ Ha <sup>-1</sup>	2,784.66
Vulnerabilidad Crediticia		1.20
		1.14
<b>Indicadores de Productividad Laboral</b>		
VBP Generado (US\$) por Trabajador	VBP Trabajador <sup>-1</sup>	29,064
Ganancia (US\$) por Trabajador	G Trabajador <sup>-1</sup>	4,919
Kg Producidos por Hora de Trabajo	Kg / Hora de Trabajo	6.4
Empleos Generados por Hectárea	E Ha <sup>-1</sup>	1,375
		27,460
		3,315
		6.10
		1,539

Fuente: Elaboración propia con base en cifras del SIA

El indicador Relación Beneficio/Costo (R B/C) se obtuvo al dividir la ganancia/ha entre los costos/ha, en el Estado de Baja California Sur fue de 1.14 lo que indica que por cada dólar invertido en la producción de esparrago se recuperó ese dólar y US\$ 0.14 adicionales, mientras que en el caso del DR-066 Comondú el indicador fue de 1.20, lo que indica que por cada dólar invertido en la producción de esparrago se obtuvo ese US\$ 1 y además US\$ 0.20 adicionales, por lo tanto la ganancia por hectárea obtenida en el DR-066 Comondú respecto al Estado de Baja California Sur fue mayor (cuadro 2)

En cuanto a productividad social del capital se tiene que en el DR-066 Comondú y en el total del estado fue de 41.4 empleos generados por millón de dólares invertidos, aunque la productividad sea la misma, esto no significa que los empleos generados y la inversión del capital sean iguales, es solo que coincide el resultado al hacer el cálculo de la división de los empleos generados entre la inversión del capital en millones de dólares (cuadro 2).

La inversión del capital para la producción de esparrago en el DR-066 Comondú fue de 32.20 millones de dólares, a diferencia del promedio del estado que es 37.16 millones de dólares (cuadro 2).

Un indicador muy importante de la productividad del capital en cualquier rubro de la producción es el punto de equilibrio, el cual sirve para marcar el punto más preciso en el

que la producción se encuentra estable en su costo por ha y su precio por tonelada, mejor dicho “donde no se gana ni se pierde”, así el cuadro 4 muestra que para el DR-066 Comondú el punto de equilibrio se encuentra al producir 6.94 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que en el promedio del estado de Baja California Sur se encuentra al producir 7 ton ha<sup>-1</sup> (cuadro 2) esto nos dice que el municipio de Comondú es más rentable ya que necesita producir menos para cubrir sus costos.

Así mismo se generó el indicador de tasa de ganancia para ambos casos, donde el estado de Baja California Sur obtuvo una ganancia de US\$ 1,876.59 por ha, esto menor al del DR-066 que fue de US\$ 2,784.66 por ha (ver cuadro 2), lo cual indica que en Comondú se tiene una menor inversión del capital y mayores rendimientos generando más ganancias, a diferencia del promedio del estado que obtiene menos rendimientos, menos ganancias e invierte más capital (cuadro 2).

El rendimiento físico por ha dividido entre el punto de equilibrio es un indicador económico referente al grado de vulnerabilidad crediticia, ya que si una inversión del capital se da en el marco de un rendimiento físico más bajo que el punto de equilibrio, esto recalca que el productor tendrá una pérdida y por lo contrario si se produce cierta cantidad física mayor al punto de equilibrio se tendrá una ganancia vulnerable para el productor. Por lo cual se determinó el indicador de vulnerabilidad que para Comondú es 1.20 y para el estado en promedio es de 1.14, esto nos dice que tanto en Comondú como en el estado el rendimiento físico por ha en ambos casos es superior, en Comondú con un 20% más y en el estado con un 14% más, estos superiores al de equilibrio que es un 100% o la unidad (cuadro 2). La huella hídrica física del DR-066 Comondú es menor a la del promedio del estado ya que producir un kg de espárrago en Comondú ocupa un 5% menos de agua utilizada para el riego, que el agua que se utiliza en promedio para producir el mismo kg de espárrago en el estado de Baja California Sur.

El indicador de la huella hídrica económica, fue de US\$ 0.14 obtenidos por cada m<sup>3</sup> utilizado para la producción del cultivo, a diferencia del promedio del estado que fue de US\$ 0.09 por la misma cantidad de agua usada; por lo tanto se obtiene que, para producir US\$ 1 de ganancia en Comondú se necesitan 7.18 m<sup>3</sup> de agua en el riego, mientras que en el promedio del estado para producir el mismo US\$ 1 de ganancia se requieren 10.65 m<sup>3</sup> de agua.

La huella hídrica social muestra que se utiliza la misma cantidad de agua utilizada para generar un empleo en el estado de Baja California Sur y en el DR-066 Comondú, esto debido a que los jornales requeridos para la producción del cultivo de espárrago son los mismos casos para ambos casos.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

Conza A., Rony L. & Dyer S. 2015. Análisis de huella hídrica en los campos de cultivo de espárrago de camposol acorde a la norma iso-14046, Suiza Agua Andina Perú, Perú.

FIRA. 2017. Agrocostos FIRA. México. Consultado el 17 de marzo del 2017. Del sitio web: <http://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/TemasUsuario.jsp>

Fonseca S., Mariluz J. & Verano C. 2012 Huella hídrica del cultivo del espárrago, autoridad nacional del agua, Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos hídricos, Perú.

Gorsky, N. N. 1962. El agua un milagro de la naturaleza, Ed. Academia de ciencias de la U.R.S.S., Moscú.

Guzmán, S.C. Valenzuela, C. Félix, P. Jiménez, A. y Ruiz., S. 2008. Necesidades Hídricas de los Principales Cultivos en el Estado de Baja California. Ed. INIFAP y SAGARPA. México.

INEGI. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Baja California Sur 2016, México.

InfoAgro .2010. Copyright InfoAgro Systems, S.L., México.

Mauleón, C. 2015. ¿Cómo está distribuida el agua del planeta? Consultado el día: 18 de marzo de 2017. Disponible en: [www.laenergíadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta](http://www.laenergíadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta)

Ríos –Flores, J. L., Torres-Moreno, M., Castro-Franco, R., Torres-Moreno, M. A. Ruiz-Torres, J. (2015 a). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera. Rev. FCA UNCUYO. 2015. 47(1); 93-107, ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.

Ríos-Flores, José Luis, Torres-Moreno, Miriam, Ruiz-Torres, José, Torres-Moreno, Marco Antonio y Cantú-Brito Jesús Enrique. (2015b). Evaluación productiva, económica y social del agua de riego de durazno (*Pruus pèrsica* L. Batsh) en Zacatecas (México). Avances de Investigación Agropecuaria, 2015, 19(2):97-109. ISSN 0188789-0, Colima, México.

Ríos-Flores, José Luis, Torres-Moreno, Miriam, Ruiz-Torres, José, Torres-Moreno, Marco A. (2015 c). Huella hídrica azul del tomate rojo en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera. En el libro: Ramón Rivera Espinosa (Coordinador). Málaga, España. 2015 ISBN-13: 978-84-16399-67-3 I. Título - 1. 1ª edición. Alternativas sustentables de participación comunitaria para el cuidado del medio ambiente. ISBN 13-978-84-16399-67-3. Universidad Autónoma Chapingo . pag.138-149.

Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1990. Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering.

SIAP (2016) Cultivos Agrícolas, DR-066 Baja California Sur, México. Consultados el día 17 de marzo del 2017. Sitio web:

[infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp) Takatori, F.H., Cannell, G.W. and Asbell, C.W. 1970. Effect of soil moisture condition on asparagus at two nitrogen levels.



---

## TENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL CALIBRE DE BULBO Y RENDIMIENTO DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIEGO EN CELAYA, GTO.

Alejandro Rodríguez Guillén<sup>1</sup>, Salvador Villalobos Reyes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Investigador de Uso y Manejo de Agua y Suelo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ),

<sup>2</sup>Investigador de Horticultura Protegida en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ),

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

### INTRODUCCIÓN

A medida que avanza el nuevo milenio muchos países están ingresando en una fase de severa escasez de agua, lo que tiene un impacto profundo en las personas más pobres del mundo y la competencia por ella está ocasionando frecuentes conflictos en todos los sectores y niveles de la sociedad. El riego representa dos tercios del agua dulce consumida a nivel mundial, más del 80% en los países en desarrollo y el 83% en México. Mediante el análisis a nivel mundial, es importante explorar con más detalle las restricciones y oportunidades identificadas en el caso de México, ya que este país afronta el mismo grado y variación regional de escasez de agua que muchos otros países, incluyendo a China y la India. Esto se debe a que con la expansión de las presas y el riego con pozos profundos aumentó la superficie regada: En el mundo pasó de 149.9 millones de ha a 260.6 millones de ha y, en nuestro país, pasó de 3.2 millones de ha a 6.1 millones de ha en solo 50 años, representando un incremento de 71% y 91%, respectivamente (Barker *et al.*, 2000).

Hasta hace poco, la mayoría de las personas pensaban que siempre tendríamos agua suficiente para producir alimentos, para beber y para sostener la industria. Sin embargo, a medida que nos adentramos en el nuevo milenio, muchos países están ingresando en una era de severa escasez de agua. Esta escasez podría tener un impacto profundo en las personas más pobres del mundo e, incluso, llevar a conflictos regionales e internacionales, particularmente del agua subterránea en las regiones transfronterizas (Hatch, 2011 y 2016), como está ocurriendo actualmente en múltiples escenarios (Oswald, 2011, Costa *et al.*, 2013; Peña, 2016).

La agricultura productiva del Norte y Centro de México depende del riego y la mayoría de los cultivos hortícolas utiliza las reservas de agua del subsuelo, las cuales se encuentran severamente agotadas. En 1960 se sembraban en el Bajío solamente 2,700 ha con hortalizas y hoy en día alcanzan más de 75,000 ha, mientras que los pozos profundos de uso agrícola se incrementaron en más de 17,000 (30% de los pozos registrados por la Comisión Nacional de Agua), lo que ha convertido a esta región la más sobreexplotada del país. Esto representa alrededor del 12% de todos los pozos del país y se estima que más de 15,600 de sus pozos registrados se emplean para la agricultura, lo que equivale del 75 a 85% del agua freática bombeada en Guanajuato. En Guanajuato, con apenas el 1.6% del territorio nacional, existe un alarmante déficit entre la extracción y reposición del agua freática de alrededor de 839 millones de metros cúbicos por año (Wester *et al.*, 2000).

En años recientes se ha reportado que la demanda mundial de cebolla ha aumentado un 16%, sobre todo en los mercados de Norteamérica, Europa y Asia. México es el primer productor mundial de cebolla en fresco con más de 1.4 millones de t año<sup>-1</sup>, pero China es el principal productor de cebolla deshidratada con una producción de 18 millones de t año<sup>-1</sup>. En México, la cebolla es la tercera hortaliza más importante, superada solo por tomate y chile. Cada año se siembran en el país cerca de 50,000 ha, con un volumen de producción promedio de 1.4 millones toneladas de cebolla en fresco. Los estados que más la cultivan son Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Durango y Guanajuato, donde se concentra 70% de la superficie nacional sembrada y 74% de la producción nacional (<http://www.sicde.gob.mx/>).

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo (Financiera Rural, 2008). Además, la producción de hortalizas mexicanas es de las pocas actividades que mantienen una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen de hortalizas exportado fue 4.5 veces mayor que el importado desde 1961 a 2008 (FAO-FAOSTAT, 2011), por las ventajas comparativas que se tienen, sobre todo de clima, en relación a otros países. México ha ocupado el tercer lugar mundial en la exportación de cebolla con \$ 428.3 millones de dólares y cerca de 2 millones t año<sup>-1</sup>, lo que representa el 12.7% del total del mundo (<http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/>). Del total de cebollas producidas,

México exporta alrededor del 19.5%, de las cuales casi el 90% se envía hacia los EUA, lo que lo convierte en el principal mercado de cebolla mexicana (INEGI, 2018).

En Guanajuato durante todo el año se siembran más de 4,000 ha de cebolla, ocupando el quinto lugar nacional y el tercero estatal en superficie sembrada bajo condiciones de riego (solo después de brócoli y chile verde), con un rendimiento medio de 28.3 t ha<sup>-1</sup>. El volumen de agua aplicado a la superficie de cebolla en el estado es de 47.6 millones de m<sup>3</sup>, con una lámina total de riego de 86 cm en promedio (Marañón-Pimentel y Wester, 2000). Guanajuato exporta más de la mitad de la superficie sembrada con hortalizas, lo cual genera un ingreso superior a los 50 millones de dólares anuales, produciendo un ingreso importante de divisas para el estado, además de los empleos que se generan directa e indirectamente en el sector rural, pues se requieren entre 80 y 120 jornales ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>. Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la respuesta en el calibre del bulbo y el rendimiento de cebolla bajo diferentes niveles de humedad en el suelo en condiciones de fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla, con el propósito de generar estrategias de uso y manejo del agua que hagan más eficiente el aprovechamiento de este recurso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el Campo Experimental Bajío (INIFAP), localizado en Celaya, Gto., se estableció un experimento bajo condiciones de fertirrigación empleando riego por goteo en la modalidad de cintilla, en el cual se varió el nivel de humedad en el suelo expresado como tensión hídrica en kilopascal (Cuadro 1).

El suelo donde se realizó el estudio es característico del Bajío: de tipo vertisol éutrico, con alto contenido de arcilla, con 2.1% de materia orgánica, un pH de 7.1, 15 ppm de P-Olsen, 850 ppm de

K extraíble con Acetato de Amonio y 55 kg de N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> en la profundidad de 0-90 cm, el cual se muestreó y analizó físico-químicamente antes de que se estableciera el experimento de cebolla.

Previo al trasplante se produjeron las plántulas de cebolla bajo condiciones de invernadero, las cuales se desarrollaron durante un período de 35 a 40 días y, posteriormente, se transplantaron al terreno del sitio experimental. Una semana antes de la siembra se realizó un control químico de malezas, mediante la aplicación de Glifosato a una dosis de 5 L ha<sup>-1</sup> y, durante el ciclo del cultivo, el control de las mismas fue manual. El manejo del cultivo en cuanto a fertilización se hizo a través del sistema de riego presurizado. Las fuentes de nutrimentos utilizadas fueron las formas más accesibles al productor y que llenaron los requisitos técnicos de solubilidad y pureza (nitrato de amonio, urea, ácido fosfórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato ferroso, sulfato de magnesio).

Cuadro 1. Niveles de humedad (tensión hídrica, en kPa) evaluados en el cultivo de cebolla bajo fertirrigación, empleando riego por goteo.

No. Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Tensión (kPa)
Normal	200	80	200	50	25
Húmedo	200	80	200	50	15
Seco	200	80	200	50	45
Normal, 3 hileras	200	80	200	50	25

Los tratamientos de tensiones hídrica se evaluaron bajo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, en unidades experimentales formadas por cuatro camas de 1 m de ancho por 12 m de longitud.

El manejo de riegos para los experimentos fue mediante el sistema por goteo, empleando cintilla de 8 milésimas de pulgada de espesor, la cual proporciona un caudal de 3.4 L h<sup>-1</sup> por metro lineal. Se utilizó este tipo de cintilla porque el uso de menor calibre ocasiona serios problemas de ruptura por daños mecánicos y biológicos; en cambio, el empleo de cintilla de pared más gruesa encarece los costos del sistema de riego y de producción del cultivo. Tomando en cuenta el área cubierta por el cultivo, el caudal de la cintilla y la evaporación de agua medida en un evaporímetro tipo "A", se calcularon las láminas de agua por aplicar a cada tratamiento (comúnmente cada tercer día), manejando diferentes tiempos de riego para proporcionar cada lámina. Para rastrear y controlar el nivel de humedad del suelo se instalaron tensiómetros a 15 y 30 cm de profundidad en las parcelas cada tratamiento.

Se realizaron muestreos de biomasa en varias etapas fenológicas claves del cultivo, de acuerdo a la escala fenológica propuesta por Huerres y Caraballo (1988): a) 4-5 hojas; b) 7-8 hojas; c) Inicio

de formación del falso tallo; d) Inicio de formación del bulbo; e) Crecimiento del bulbo y f) Pre-cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales etapas fenológicas del cultivo de cebolla bajo condiciones de riego por goteo en el Bajío.

Número	Etapas fenológica*	Días después del trasplante*
1	4-5 hojas	30
2	7-8 hojas	50
3	Inicio de formación del falso tallo	70
4	Inicio de formación del bulbo	90
5	Crecimiento del bulbo	110
6	Pre-cosecha	140

\* Estos valores difieren en función del ciclo de cultivo, híbrido o variedad y fecha de trasplante.

El muestreo de biomasa consistió en que, en varias etapas de muestreo durante el ciclo del cultivo, se tomó una sección de un metro lineal con cuatro repeticiones, en los cuales se incluyó por separado la porción aérea y los bulbos. Estas fracciones de la planta se secaron y se pesaron para obtener la biomasa seca y su respectivo contenido nutrimental para obtener la curva de acumulación de materia seca. Adicionalmente, en la cosecha se tomaron otros datos de rendimiento comercial y calidad del bulbo para verificar el efecto de los diferentes nutrientes evaluados. El conocimiento detallado de estas variables permitió realizar un óptimo manejo del agua de riego para este cultivo, así como para controlar y manejar las variables deseadas, de tal forma que los productores tengan mejores oportunidades de precio y venta del producto, así como de comercialización con fines de exportación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio se muestran en el Cuadro 3, donde se puede destacar el alto potencial que tiene el sistema de riego por goteo en la producción de cebolla, pues durante este primer ciclo de evaluación se obtuvieron rendimientos de cebolla comercial cercanos a las 80 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que con el tratamiento de 25 kPa (Normal tres hileras) se alcanzaron 102 ton ha<sup>-1</sup>. Este tratamiento fue superior en rendimiento ( $P \leq 0.01$ ) a los demás tratamientos.

Por otra parte, en este estudio también sobresale la baja lámina de riego consumida en los tratamientos de humedad, la cual fue de 32, 38 y 44 cm, con rendimientos de 85, 78, y 89 ton ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos seco (45 kPa), normal (25 kPa) y húmedo (15 kPa), respectivamente (Cuadro 3). La baja lámina de agua consumida por los tratamientos de humedad fue menor de 45 cm durante todo el ciclo, lo que significa alrededor de un 50% menos que la utilizada con riego por gravedad.

Cuadro 3. Rendimiento comercial de cebolla distribuido por calibre, rendimiento total y rezaga.

Tratamiento	Rendimiento por calibre de bulbo (cm)				Rendimiento	Rezaga
	> 12.7	(7.6 – 10.2)	(5.1 – 7.6)	< 5.1		
----- ton ha <sup>-1</sup> -----						
25 kPa (Normal)	22	50	5	0	78 c	6
15 kPa (Húmedo)	17	60	10	2	89 b	4
45 kPa (Seco)	15	60	10	1	86 b	5
25 kPa (Normal 3 hileras)	13	58	27	4	102 a	5

Respecto al calibre del bulbo, hubo tratamientos donde del 67 al 50.5% del rendimiento total consistió en bulbos con diámetros de 7.6 a 10.1 cm (3 a 4 pulg), el cual es el de mayor demanda en el mercado. Incluso otro tratamiento obtuvo un 36% de su rendimiento con bulbos de 12.7 cm o mayor diámetro (> 5 pulg). Llama la atención los diámetros tan grandes que se produjeron en los tratamientos de 25 kPa (Normal), 15 kPa (Húmedo) y 45 kPa (Seco), pues alcanzaron rendimientos de 58 a 60 ton ha<sup>-1</sup>, con bulbos de diámetros 7.6 a 10.2 cm (3 a 4 pulg) (Cuadro 3).

El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento total fue el 25 kPa (Normal tres hileras) con 102 ton ha<sup>-1</sup>, lo cual se atribuye a que dicho tratamiento poseía un 50% más de población, por lo que su incremento en rendimiento se reflejó en las cebollas de calibre 5.1 a 7.6 cm, donde se produjeron 27 ton ha<sup>-1</sup> de esta categoría. Los restantes tratamientos que se evaluaron fueron de dos hileras de plantas por cama (población de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>).

Además, el tratamiento 25 kPa (Normal) obtuvo el menor rendimiento de todos los que se evaluaron, con 78 ton ha<sup>-1</sup>, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas ( $P \geq 0.05$ ) con el resto de los tratamientos. Sin embargo, existen diferencias en la calidad, expresada como diámetro de bulbo, pues este tratamiento fue el que produjo la mayor cantidad de cebolla grande (diámetro mayor de 12.7 cm) y 0 ton ha<sup>-1</sup> de cebolla chica (menor de 5.1 cm). La cantidad de cebolla de rezaga fue prácticamente igual para todos los tratamientos (entre 4 y 6 ton ha<sup>-1</sup>).

---

## CONCLUSIONES

Bajo el sistema de producción por fertirrigación se mejora significativamente el diámetro de bulbo, lo cual amplía las oportunidades para que el productor pueda comercializar el producto y, si es para exportación, que obtenga mejor precio de venta.

El cultivo de cebolla tiene un gran potencial de producción bajo condiciones de fertirrigación, ya que se duplica el rendimiento que se obtiene con el sistema tradicional de riego superficial y, además, se ahorra alrededor del 50% de la lámina de agua con respecto al riego por gravedad. En caso de adoptarse esta tecnología extensivamente por los productores, lo anterior repercutiría en el ahorro de 28.8 millones de m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Con fertirriego por goteo + alta densidad de población se obtuvo mayor productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla al duplicar el rendimiento y, al mismo tiempo, reducir costos de producción por aplicación de agua y nutrientes.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el tratamiento de 25 kPa (Normal, tres hileras) se visualiza el gran potencial que existe si se explora la producción de cebolla manejando diversos arreglos topológicos en condiciones de fertirrigación. Lo anterior se atribuye a que se realiza una cosecha más eficiente de la energía solar al aprovechar mejor el espacio y optimizar el aprovechamiento del agua y los nutrimentos. Además, se tiene la factibilidad de manipular el calibre del bulbo que se desee producir.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barker, R.; C. A. Scott; P. Wester; C. De Fraiture, y U. Amasaringhe. 2000. Escasez mundial de agua y el reto que afronta México En: Scott, C. A.; P. Wester, y B. Maraón-Pimenterl (eds). Asignación, productividad y manejo de recursos hídricos en cuencas. IWMI, Serie Latinoamericana No. 20. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Costa R., W.; P. Carolina V.; F. Mello S. 2013. Desafíos para a cooperação internacional nas águas transfronteiriças na América do Sul, en Wagner Costa Ribeiro, comp., Conflitos e cooperação pela água na América Latina, São Paulo, PPGH/Annablume, pp. 77-100.
- FAO-FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Trade). 2013. FAO Statistical Yearbook. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e.pdf>, (ref. 12 febrero 2016).
- Financiera Rural. 2008. La producción de hortalizas en México. Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y Productos.
- Hatch K., G. 2011. La producción espacial de San Jerónimo-Santa Teresa: conflictos y tensiones de poder en la región de Paso del Norte, tesis de maestría en Geografía, México, UNAM.
- Hatch K., G. 2016. Conflictos jurídico-políticos por apropiación de aguas subterráneas en la región de Paso del Norte, tesis de doctorado en Geografía, México, UNAM. <http://www.sicde.gob.mx/> (ref. 18 junio 2016) <http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/> (ref. 25 junio 2016)
- Huerres P., C. y N. Caraballo L. 1988. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. P. imprenta La Habana, Cuba. 193 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2018. Anuario estadístico del Estado de Guanajuato. Pp. 382-83.
- Maraón-Pimenterl, B., y P. Wester. 2000. Respuesta institucional para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 17. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Peña, H. 2016. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe, Santiago, CEPAL-ONU. Oswald S., Ú. 2011. Seguridad del agua, conflictos e hidrodiplomacia, en Úrsula Oswald Spring ed., Retos de la investigación del agua en México, Cuernavaca, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM)-UNAM, pp. 441-454.

---

## NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIEGO EN CELAYA, GTO.

Alejandro Rodríguez Guillén<sup>1</sup>, Salvador Villalobos Reyes<sup>2</sup>, Mario Martín González Chavira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigador de Uso y Manejo de Agua y Suelo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ),

<sup>2</sup>Investigador de Horticultura Protegida en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ),

<sup>3</sup>Investigador de Biotecnología en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

### INTRODUCCIÓN

En años recientes se reporta que la demanda mundial de cebolla ha aumentado un 16%, sobre todo en los mercados de Norteamérica, Europa y Asia. México es el primer productor mundial de cebolla en fresco con más de 1.4 millones de t año<sup>-1</sup>, pero China es el principal productor de cebolla deshidratada con una producción de 18 millones de t año<sup>-1</sup> (<http://www.sicde.gob.mx/>).

En México, la cebolla es la tercera hortaliza más importante, superada solo por el tomate y el chile. Cada año se siembran cerca de 50,000 ha, con un volumen de producción promedio de 1.4 millones toneladas de cebolla en fresco. Los estados que más la cultivan son Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Durango y Guanajuato, donde se concentra 70% de la superficie nacional sembrada y 74% de la producción nacional (<http://www.sicde.gob.mx/>).

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo (Financiera Rural, 2008). Además, la producción de hortalizas mexicanas es de las pocas actividades que mantienen una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen de hortalizas exportado fue 4.5 veces mayor que el importado desde 1961 a 2008 (FAO-FAOSTAT, 2011), por las ventajas comparativas que se tienen, sobre todo de clima, en relación a otros países. Nuestro país es uno de los principales países exportadores de hortalizas, llegando a ocupar el tercer lugar mundial con \$ 428.3 millones de dólares y cerca de 2 millones t año<sup>-1</sup>, lo que representa el 12.7% del total del mundo (<http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/>). Tomate, chile, cebolla, pimienta, pepino y calabacita se han colocado entre los primeros diez lugares de las exportaciones mexicanas, rebasando los 500 millones de dólares al año. Del total de cebollas producidas, México exporta alrededor del 19.5%, de las cuales casi el 90% se envía hacia los EUA, lo que lo convierte en el principal mercado de cebolla mexicana (INEGI, 2018).

En Guanajuato durante todo el año se siembran más de 4,000 ha de cebolla, ocupando el quinto lugar nacional y el tercero estatal en superficie sembrada bajo condiciones de riego (solo después de brócoli y chile verde), con un rendimiento medio de 28.3 t ha<sup>-1</sup>. El volumen de agua aplicado a la superficie de cebolla en el estado es de 47.6 millones de m<sup>3</sup>, con una lámina total de riego de 86 cm en promedio (Marañón-Pimentel y Wester, 2000). Guanajuato exporta más de la

mitad de la superficie sembrada con hortalizas, lo cual genera un ingreso superior a los 50 millones de dólares anuales, produciendo un ingreso importante de divisas para el estado, además de los empleos que se generan directa e indirectamente en el sector rural, pues se requieren entre 80 y 120 jornales ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>.

Por otra parte, los productores de hortalizas tienden a fertilizar excesivamente con nitrógeno con la finalidad de obtener altos rendimientos y, debido a ello, existe un riesgo constante de contaminación del agua subterránea por nitratos (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2011). Colateralmente, los productores de hortalizas tienden a fertilizar excesivamente con nitrógeno con la finalidad de obtener altos rendimientos. La contaminación del agua subterránea por NO<sub>3</sub><sup>-</sup> está en constante aumento no solo en México, sino también en los Estados Unidos de Norteamérica, y estas situaciones están forzando a los horticultores a mejorar la eficiencia en el uso de agua y N. Una solución alternativa para disminuir los problemas de abatimiento del nivel freático y de contaminación del agua del subsuelo por NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es el uso de sistemas de riego más eficientes y la aplicación de fertilizantes solubles a través de soluciones nutritivas. El uso de la fertirrigación en las hortalizas ofrece la posibilidad de incrementar el rendimiento, calidad y rentabilidad de estos cultivos, al mismo tiempo que se reduce la utilización de agua y las pérdidas de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> hacia el agua subterránea, con la consiguiente contaminación de los acuíferos.

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de cebolla a diferentes niveles de fertilización nitrogenada bajo condiciones de fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se estableció en el Campo Experimental Bajío (INIFAP), localizado en Celaya, Gto. El suelo donde se realizó el estudio es característico del Bajío: de tipo vertisol éutrico, con alto contenido de arcilla, con 2.1% de materia orgánica, un pH de 7.1, 15 ppm de P-Olsen, 850 ppm de K extraíble con Acetato de Amonio y 55 kg de N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> en la profundidad de 0-90 cm antes de que se estableciera el experimento de cebolla.

Los tratamientos de nitrógeno evaluados en cebolla durante el estudio fueron 0, 120, 200 y 280 kg ha<sup>-1</sup> y las dosis y fuentes de P y K fueron 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y de 200 de kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, manteniendo constantes dichos niveles. Los diversos tratamientos se regaron mediante goteo por cintilla a un promedio de 15 kPa de tensión hídrica, medidos en tensiómetros de Bourdon. El diseño experimental utilizado fue de Bloques al Azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. En todos los casos, el tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 1 m de ancho x 12 m de largo y el tamaño de la parcela útil fue de 10 m lineales de los dos surcos centrales.

El diseño experimental fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones, empleando cuatro camas o surcos de 1 m de ancho y 12 m de largo en todos los experimentos. En todos los casos, las semillas de cebolla (*Allium cepa* L.), se plantaron en agosto y se trasplantaron en el mes de septiembre.



Entre las variables evaluadas en planta, la biomasa aérea seca total se determinó en un área de 2 m<sup>2</sup>, durante seis veces a lo largo del ciclo vegetativo y posteriormente que se molieron, las muestras se analizaron para determinar el contenido de N total, P, K, Ca y Mg con la finalidad de obtener la curva de acumulación para cada nutrimento a lo largo del ciclo vegetativo.

Se muestreó la hoja más recientemente madura durante seis veces a través del ciclo vegetativo de la cebolla, se secaron en horno a 65 °C, se molieron y mediante la técnica de digestión se analizaron para determinar el contenido de macro y micronutrientes. Las raíces de la cebolla se muestrearon durante varias veces a lo largo de ciclo del cultivo para analizar la concentración de NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P y K en pecíolo y raíces y también en el extracto celular de raíz de dichas muestras.

El rendimiento de bulbo de las cebollas se determinó para cada tratamiento en cada una de las clases comerciales, de acuerdo a la clasificación convencional de mercado. Al final del ciclo vegetativo, también se tomaron muestras de residuo vegetal para analizar los macronutrientes con la finalidad obtener la curva de acumulación nutrimental.

Se tomaron muestras de solución de suelo para los tratamientos de N, utilizando tubos de acceso a la solución del suelo, los que se colocaron a 16.8 y 36.9 cm de profundidad. Estas muestras se realizaron cada semana, 24 horas después del riego y antes de la aplicación de fertilizante. La concentración de N (N-NO<sub>3</sub> y total N) en tejido vegetal y extracto celular de raíz se relacionó con el rendimiento del cultivo para determinar los valores de requerimiento nutrimental de N en planta.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La conductividad eléctrica, concentración de nitratos y de potasio se obtuvieron en muestras de un tubo de acceso a la solución del suelo (Cuadro 1). El contenido de nitratos fue muy variable entre fechas de muestreo, pero en un promedio general, el mejor rendimiento se alcanzó cuando la concentración de NO<sub>3</sub>-N estuvo en el rango de 25 a 33 mg L<sup>-1</sup> a los 15 y 30 cm de profundidad. La concentración de K en la solución del suelo presentó un rango entre 18 y 20 mg L<sup>-1</sup>, lo cual significa que los suelos con este valor o superior no presentan respuesta a potasio por parte de este cultivo. La nula respuesta a la aplicación de fósforo ni de potasio se atribuye a los altos niveles de estos nutrimentos encontrados en el suelo del sitio experimental.

Cuadro 1. Conductividad eléctrica promedio, concentración de NO<sub>3</sub>-N y K en el suelo desde los tubos de acceso a la solución del suelo (TASS) para las diez fechas de muestro.

Tratamiento de nitrógeno (N)	CE, dS m <sup>-1</sup>		NO <sub>3</sub> -N, mg L <sup>-1</sup>		K, mg L <sup>-1</sup>	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
1. 0	0.85	0.90	14.8	21.8	20.9	20.3
2. 120	0.87	1.08	24.9	33.0	18.3	19.3
3. 200	1.24	1.30	50.1	61.1	20.8	20.0
4. 280	1.14	1.21	40.0	42.9	17.7	18.9

El rendimiento de cebolla, de acuerdo a su clasificación por tamaño o calibre, así como el diámetro del bulbo, varió significativamente en función de las dosis de nitrógeno evaluadas en el estudio (Cuadro 2). El mayor rendimiento se obtuvo con 280 kg N ha<sup>-1</sup>, pero no fue significativamente diferente al tratamiento con 120 kg N ha<sup>-1</sup> y, por lo tanto, este último se considera como el nivel de N más adecuado. Esto concuerda a lo encontrado por Sathya *et al.* (2008), quienes indican que la fertirrigación de nutrientes aumentó significativamente el ahorro de los nutrientes contenidos en los fertilizantes por encima de 40%, sin afectar el rendimiento de los cultivos comparado al método convencional de aplicación de nutrientes.

En el presente estudio, la mayor parte de los bulbos se clasificaron en el rango de 7.6 a 10.2 cm (3 a 4 pulg). La fertilización con nitrógeno adicional tuvo efectos limitados sobre el rendimiento de los calibres más chicos (5.1 a 7.6 y <5.1 cm); el genotipo evaluado tuvo rendimiento reducido de bulbos grandes en las mayores dosis de fertilizante (200 y 280 kg ha<sup>-1</sup>).

Esto en general parece concordar con los efectos de la dosis de nitrógeno reportados para cebollas seeded and bareroot (Díaz-Pérez *et al.*, 2003; Shock *et al.*, 2004; Boyhan *et al.*, 2007). Además, no se observó respuesta a P ni a K debido a los altos niveles de estos nutrientes encontrados en el suelo del sitio experimental.

Cuadro 2. Datos del efecto de dosis de N sobre el rendimiento y diámetro de bulbo en cebolla.

Tratamiento	Diámetro de bulbo (cm)				Rendimiento	Rezaga
	>12.7	7.6-10.2	5.1-7.6	<5.1		
	----- t ha <sup>-1</sup> -----					
1. 0	7	30	15	2	54	3
2. 120	22	41	10	1	74	11
3. 200	19	45	6	0	71	6
4. 280	27	53	6	0	87	5
DMS	12	13	7	1	14	NS

La extracción de nutrientes por parte del cultivo varió a lo largo del ciclo para cada uno de ellos (Cuadro 3). Para obtener un rendimiento de 71 ton ha<sup>-1</sup>, las extracciones de N, K y Ca fueron muy similares a las encontradas por Ciampitti y García (2008), pero los niveles de extracción de P fueron mucho menores.

Cuadro 3. Acumulación nutrimental en el cultivo de cebolla.

DDP	N	K	P	Mg	Ca
	----- kg N ha <sup>-1</sup> -----				
49	7.5	6.0	0.9	0.6	3.8
70	29.2	30	3.0	2.1	19.8
97	69.0	75.9	8.3	8.6	50.4
124	105.2	85.4	13.3	16.4	104.5
167	175.9	80.1	26.2	29.9	140.5

De acuerdo a estos datos de concentración de N total, la concentración en la HMRM y rendimiento mercadeable, las concentraciones adecuadas de N en la HMRM son 2.5-3.0% para los muestreos de 77 DDT, 2.5-3.0% para 96 DDT, 2.0-2.5% para 117 DDT y 1.75-2.0% para 136 DDT, valores que son similares en cebollas españolas a los reportados por Maier *et al.* (1992).

## CONCLUSIONES

La concentración de nitrógeno y fósforo se incrementó en el extracto de solución de la hoja (savia) a medida que aumentó la dosis de nitrógeno desde 0 hasta 280 unidades de N ha<sup>-1</sup>.

El incremento en los niveles de nitrógeno aumentó el rendimiento de materia fresca de los bulbos, pero redujo el rendimiento de bulbos no comercializables (rezaga), principalmente en las dosis nitrogenadas más altas (200 y 280 kg N ha<sup>-1</sup>).

Sobresale la ausencia de respuesta en rendimiento del cultivo de cebolla a la aplicación de fósforo y potasio, lo que se atribuye a que ambos nutrimentos estaban en un nivel alto en el suelo y a que inciden más sobre el enraizamiento de la planta y la calidad del bulbo, respectivamente. La mayor demanda de potasio ocurrió en todos los tratamientos hacia el final del ciclo vegetativo, lo que indica la importancia de este nutrimento en la calidad del bulbo.

El cultivo de cebolla tiene un gran potencial de producción bajo condiciones de fertirrigación, ya que duplica el rendimiento obtenido con el sistema tradicional de riego superficial; además, de ahorrar alrededor del 50% de la lámina de agua total.

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A.; M. D'Elía; M. Paris; G. Fasciolo, y C. Barbazza. 2011. Evaluación de la contaminación de acuíferos producida por actividades de saneamiento y re-uso de efluentes en el norte de la provincia de Mendoza. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Vol. 43, núm. 1. Pp. 19-39.

Boyhan, G.E.; R. L. Torrence; R. HillC. .2007. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. HortScience: (42): 653-660.

Ciampitti A., I., y F. O. García. 2008. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: II. Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico # 12. IPNI Cono Sur. Pp. 1-4.

Díaz-Pérez, J. C.; A. C. Purvis; J. T. Paulk. 2003. Bolting, yield, and bulb decay of sweet onion as affected by nitrogen nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (128): 144-149.

FAO-FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Trade). 2013. FAO Statistical Yearbook. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e.pdf>, (ref. 12 febrero 2016).

Financiera Rural. 2008. La producción de hortalizas en México. Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y Productos.

Grageda-Cabrera, O. A.; T. Medina-Cázares; J. L. Aguilar-Acuña; M. Hernández-Martínez; E. Solís-Moya; G. A. AGuado-Santacruz, y J. J. Peña-Cabriales. 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. Agrocienza. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Méx. Vol. 38, núm. 6, pp. 625-633

<http://www.sicde.gob.mx/> (ref. 18 junio 2016)

<http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/> (ref. 25 junio 2016)

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2018. Anuario estadístico del Estado de Guanajuato. Pp. 382-83.

Maier, N. A., Dahlenburg, A. P., and T. K. Twigden. 1992. The use of total nitrogen in youngest fully expanded blades for assessing the nitrogen status of onions (*Allium cepa* L.) crops. Aust. J. Exp. Agric. 32:245-249.

Marañón-Pimentel, B., y P. Wester. 2010. Respuesta institucional para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 17. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

Shock C. C.; E. B. G. Feibert; L. D. Saunders. 2004. Plant population and nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated onion. HortScience: (39): 1722-1727.

---

## PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO INOCULADO CON *BACILLUS* SP.

Martha Georgina Rodríguez Hernández<sup>1</sup>, Miguel Ángel Gallegos Robles<sup>1\*</sup>, Lucio Rodríguez Sifuentes<sup>2</sup>, Cirilo Vázquez Vázquez<sup>1</sup>, Manuel Fortis Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Km 32 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo.35000 Venecia, Gómez Palacio, Durango. México.

\*Autor de correspondencia (garoma64@hotmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Km 7.5 Carretera Torreón-Matamoros. Ejido el Águila. 27275 Torreón, Coahuila. México.

<sup>3</sup>Instituto tecnológico de Torreón. Km 7.5 Carretera Torreón-San Pedro. Ejido Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México.

### INTRODUCCIÓN

El maíz es una planta originaria de México, la cual ha sido utilizada como forraje para la alimentación de ganado en diferentes formas, tales como rastrojo, grano y ensilaje. En México la superficie sembrada de maíz forrajero de riego se ha incrementado de 23,586 ha en el periodo primavera-verano en 2017 hasta 35,395 ha en 2018 (SIAP, 2018). La producción de maíz para forraje es la base de la alimentación de ganado lechero en algunas regiones del estado de Coahuila, principalmente en la Comarca Lagunera ya que ocupa un lugar importante dentro del patrón de cultivos por la aportación energética a las raciones para el ganado bovino lechero, además de que tiene como ventaja que mediante el proceso de ensilado, se puede disponer de ensilaje de buena calidad durante la época crítica de escasez de forraje. Debido a la limitada disponibilidad de elementos nutritivos para la producción de los cultivos se ha conllevado a un exceso en la aplicación de fertilizantes sintéticos, lo que a su vez ha generado un deterioro progresivo de los suelos agrícolas (Pimentel *et al.*, 2005). En la actualidad se plantean alternativas de manejo que permitan mantener o incrementar los rendimientos y reducir la contaminación por el uso excesivo de los agroquímicos, entre estas alternativas están las denominadas rizobacterias conocidas como PGPR (*Plantgrowth-promoting rhizobacteria*) (Cook, 2002). Son bacterias libres del suelo que pueden directa o indirectamente facilitar el enraizamiento (Mayak *et al.*, 1999) y crecimiento de las plantas (Glick, 1995). Géneros bacterianos como *Agrobacterium*, *Arthrobacte*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* y *Serratia* pertenecen al grupo PGPR (Gray y Smith,

2005). Entre los géneros más estudiados se encuentra el género *Bacillus* ya que algunas especies de este género promueven el crecimiento vegetal; además la capacidad de *Bacillus* para esporular, le permite sobrevivir por largos periodos hasta encontrar las condiciones óptimas en el ambiente. Todo este conjunto hace de las diferentes especies de *Bacillus* candidatos oportunos para producir bioinoculantes que permitan eliminar y/o disminuir el uso de pesticidas químicos que dañan el ambiente (Santoyo *et al.*, 2012), y que no se aproveche eficientemente en el cultivo, ocasionando la contaminación del suelo, y la lixiviación llegando a los mantos freáticos, es por eso que se buscan alternativas como el uso de bacterias promotoras de crecimiento que reduzcan la dosis de

fertilización química, manteniendo el rendimiento del cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar bacterias del género *Bacillus* en la producción y calidad de maíz forrajero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de los aislados en el campo, se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. 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 (Trejo *et al.*, 2013). Las cepas aisladas se obtuvieron de zacate Johnson (*Bacillus amyloliquefaciens*), maíz 1 (*Bacillus* sp.), maíz 2 (*Bacillus* sp.), sorgo 1 (*Bacillus subtilis*) y sorgo 2 (*Bacillus amyloliquefaciens*) y se seleccionaron de acuerdo a su capacidad de fijar nitrógeno, se activaron en medio YGP líquido y se ajustó a una concentración de  $10^7$  células mL<sup>-1</sup>. A partir de este medio se inoculó la semilla de maíz en bolsas de plástico con 15 mL de la suspensión bacteriana de cada tratamiento, se mezcló con la semilla en forma homogénea, se dejó hora y media, para posteriormente sembrar en campo. La siembra se realizó en seco el día 26 de marzo de 2018, cada tratamiento fue de cuatro surcos de 4 m de largo y una distancia entre surcos de 0.75 m, la distancia entre plantas fue de 0.15 m. La dosis de fertilización utilizada en el tratamiento químico fue 180-90-00. Se usó urea (70%) y MAP (30%) como fuente de nitrógeno y fósforo respectivamente. La aplicación se hizo 50% al momento de la siembra y la otra mitad previo a la floración. En los tratamientos donde se aplicó *Bacillus* solo se aplicó la mitad de la dosis de la fertilización química. Terminando la siembra se aplicó el primer riego con un sistema de riego por cintilla; los siguientes riegos se aplicaron cada tercer día. Los tratamientos estuvieron formados por la combinación de los aislados de *Bacillus* y los híbridos de maíz. La distribución de los tratamientos en campo se realizó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x6 con tres repeticiones. Los niveles del factor A (cepas) evaluados fueron: BZJ=*Bacillus* de zacate Johnson, B1M=*Bacillus*1 de maíz, B2M=*Bacillus*2 de maíz, B1S=*Bacillus*1 de sorgo, B2S=*Bacillus*2 de sorgo y el control SB=Sin *Bacillus*; los niveles del factor B fueron dos híbridos de maíz forrajero: H1= Galáctico, H2 = AG 614, lo que dio un total de 12 tratamientos. De cada tratamiento se midió un metro lineal para las variables evaluadas, que fueron: peso fresco (PF), peso seco (PS), número de elotes (NE), área foliar (AF) y proteína cruda (PC). Los datos se analizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 1988). Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos con la prueba de DMS ( $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se puede observar que se encontraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ), en peso fresco, siendo el tratamiento B2S mayor a todos los tratamientos con una media 35.46 t ha<sup>-1</sup>, y el tratamiento B1S, fue el más bajo con 26.48 t ha<sup>-1</sup>. El tratamiento químico obtuvo un valor de 27.92 t ha<sup>-1</sup>. Para el peso seco hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ), ya que el tratamiento B2S presentó la media mayor con 18.06 t ha<sup>-1</sup>, con relación a los otros tratamientos, el tratamiento más bajo fue B2M con 12.08 t ha<sup>-1</sup>. Respecto al número de elotes, también hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ) en donde el tratamiento B2S tuvo mejor resultado con 1.39, en comparación con los tratamientos B1S y SB que fueron los más bajos con una media de 1.06. En el área foliar y proteína cruda, no hubo diferencias significativas ( $p>0.5$ ) entre los tratamientos.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables de estudio en dos híbridos de maíz, al inocular con *Bacillus*, inoculados de diferentes plantas gramíneas (zacate Johnson, maíz y sorgo).

Tratamientos <sup>†</sup>	Variables de estudio				
	PF	PS	NE	AF	PC
	----- t ha <sup>-1</sup> -----			cm <sup>2</sup>	%
BZJ	30.26 <sup>ab*</sup>	16.28 <sup>ab</sup>	1.11 <sup>b</sup>	4844.6 <sup>a</sup>	8.66 <sup>a</sup>
B1M	32.06 <sup>ab</sup>	13.97 <sup>ab</sup>	1.28 <sup>ab</sup>	4050.5 <sup>a</sup>	8.34 <sup>a</sup>
B2M	28.36 <sup>ab</sup>	12.08 <sup>b</sup>	1.11 <sup>b</sup>	4382.7 <sup>a</sup>	8.25 <sup>a</sup>
B1S	26.48 <sup>b</sup>	15.26 <sup>ab</sup>	1.06 <sup>b</sup>	4393.6 <sup>a</sup>	8.34 <sup>a</sup>
B2S	35.46 <sup>a</sup>	18.06 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>	4893.6 <sup>a</sup>	8.17 <sup>a</sup>
SB	27.92 <sup>ab</sup>	14.74 <sup>ab</sup>	1.06 <sup>b</sup>	4475.9 <sup>a</sup>	8.90 <sup>a</sup>
DMS <sup>§</sup>	2.6874	0.947	0.2284	1722.8	1.1616

<sup>†</sup>Clave: BZJ= *Bacillus* zacate Johnson, B1M= *Bacillus*1 maíz, B2M=*Bacillus*2 maíz, B1S= *Bacillus*1 sorgo, B2S= *Bacillus*2 sorgo, SB= Sin *Bacillus*, <sup>§</sup>Diferencia mínima significativa ( $\alpha=0.05$ ). \*Promedio de las medias con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (DMS,  $\alpha=0.05$ ). PF= Peso fresco, PS= Peso seco, NE= Número de elote, Área foliar (AF), PC= Proteína cruda.

En el cuadro 2, en la comparación de medias de los híbridos de maíz, se puede observar que el híbrido Galáctico resultó ser mejor en PF ( $p<0.01$ ), PS ( $p<0.01$ ) y AF ( $p<0.01$ ); en la variable de PC no hubo diferencias significativas entre los híbridos.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables de estudio, de los dos híbridos de maíz.

Híbridos <sup>†</sup>	Variables de estudio				
	PF	PS	NE	AF	PC
	----- t ha <sup>-1</sup> -----			cm <sup>2</sup>	%
Galáctico	32.50 <sup>a*</sup>	16.59 <sup>a</sup>	1.24 <sup>a</sup>	5231.3 <sup>a</sup>	4.30 <sup>a</sup>
AG 614	27.66 <sup>b</sup>	13.48 <sup>b</sup>	1.09 <sup>b</sup>	3782.3 <sup>b</sup>	4.14 <sup>a</sup>
DMS <sup>§</sup>	1.5516	0.5467	0.1319	994.66	0.6707

<sup>†</sup>Clave: Híbridos de maíz forraje, <sup>§</sup>Diferencia mínima significativa ( $\alpha=0.05$ ). \*Promedio de las medias con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (DMS,  $\alpha=0.05$ ). PF= Peso fresco, PS= Peso seco, NE= Número de elotes, AF= Área foliar, PC= Proteína cruda.

Si bien estos dos híbridos representan una buena opción en la producción de maíz forrajero, existe información que sustenta la existencia de interacciones específicas entre cepas de PGPR y material vegetal lo cual determina que las asociaciones sean o no exitosas (Turner *et al.*, 2013; Chaparro *et al.*, 2014; Lebeis, 2014; Bulgarelli *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2015), por lo que la evaluación y selección de cepas de PGPR en su interacción por especie vegetal y/o cultivar es importante para definir el uso de las cepas más eficientes. Otro aspecto importante en la producción agrícola mediante el uso de PGPR es el uso de cepas nativas adaptadas a la región agroecológica



donde se aplicarán, ya que esto garantizará una alta probabilidad del establecimiento de la interacción entre la cepa inoculada y el cultivar (Abraham *et al.*, 2018). Las inoculaciones con *Bacillus amyloliquefaciens* tuvo mejores resultados en peso fresco y peso seco; con *Bacillus subtilis* produjeron mayor número de elotes comparados con el testigo químico. Con lo que respecta al área foliar y proteína cruda, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos inoculados obteniéndose resultados semejantes al químico. Diversos estudios muestran que los organismos diazotróficos (fijadores de nitrógeno), colonizan sus hospederos contribuyendo con cantidades sustanciales de nitrógeno fijado biológicamente. Hay estudios que demuestran que *Bacillus amyloliquefaciens* tiene la capacidad de fijar nitrógeno, producir fitohormonas y solubilizar fosfatos (Zexun y Wei, 2000). Se reporta que el crecimiento de *Bacillus subtilis*, se encuentra condicionado por la cantidad de sustratos esenciales como fuentes de carbono y nitrógeno, cuando se limitan estos requerimientos nutricionales los bacilos se estresan y esporulan siendo definitivos como fuentes de carbono la glucosa, sacarosa, harina de maíz y almidón; fuentes de nitrógeno, la peptona, polvo de levadura y las sales minerales (Akpa *et al.*, 2001; Mizumoto *et al.*, 2007).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, las cepas inoculadas mostraron capacidad para fijar nitrógeno y estimularon el crecimiento de las plantas en campo de los híbridos utilizados. Desde un punto de vista sustentable, con los aislados evaluados y bajando la dosis de fertilización química a la mitad de la dosis recomendada, se alcanzaron rendimientos similares al tratamiento químico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham J. Ma. del Rosario, Espitia V. Isidro, Guzmán M. Rafael, Olralde P. Víctor, Ruíz A. Graciela M. de la I., García H. José L., Herrera I. Lisset and Núñez P. Héctor G. 2018. Development, yield, and quality of melon fruit (*Cucumis melo* L.) inoculated with Mexican native strains of *Bacillus subtilis* (EHRENBERG). *Agrociencia*. 52: 91-102. ISSN 2521-9766
- Akpa E., Jacques P., Wathelet B., Paquot M., Fuchs R., Budzikiewicz H and Thonart P. 2001. Influence of culture conditions on lipopeptide production by *Bacillus subtilis*. *Appl. Biochem and Biotechnol*. 91–93:551–61.  
DOI: <https://doi.org/10.1385/ABAB:91-93:1-9:551>
- Bulgarelli, D., Garrido-Oter, R., Munch, P. C., Weiman, A., Dröge, J., Pan, Y., McHardy A. C. and Shulze P. 2015. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley. *Cell Host & Microbe*. 17: 392–403.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2015.01.011>
- Chaparro, J. M., Badri, D. V., and Vivanco, J. M. 2014. Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. *The ISME Journal*. 8:790-803.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.196>
- Cook R.J. 2002. Advances in plant health management in the twentieth century. *Annu. Rev. Phytopathol*. 38: 95–116.  
DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.95>

- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Series Libros. Instituto de Geografía Instituto Nacional Autónoma de México. México, D. F.; Libro 6, pp. 20-24. ISBN 970-32-10-10-4
- Glick B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41: 109-117.  
DOI: <https://doi.org/10.1139/m95-015>
- Gray E. J., Smith D. L. 2005. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* 37: 395–412.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
- Lebeis, S. L. 2014. The potential for give and take in plant-microbiome relationships. *Front. Plant Sci.* 5: 287.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00287>
- Mayak S., Tirosh T., Glick B. R. 1999. Effect of wild-type and mutant plant growth promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cuttings. *J. Plant Growth Regul.* 18: 49–53.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00007047>
- Mizumoto S., Shoda M. 2007. Medium optimization of antifungal lipopeptide, iturin A, production by *Bacillus subtilis* in solid-state fermentation by response surface methodology. *Appl Microbiol Biotechnol.* 76: 101–108.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-007-0994-9>
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. y Seidel, R. 2005. Environmental, Energetic and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience.* 55: 573-582.  
DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0573:EEAECO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2)
- Santoyo G., Orozco Mosqueda M., Govindappa M. 2012. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. *Biocontrol Sci. Technol.* 22: 855-872.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.694413>
- Smith, D. L., Subramanian, S., Lamont, J. R., and Bywater-Ekegård, M. 2015. Signaling in the phytomicrobiome: breadth and potential. *Front. Plant Sci.* 6: 709.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00709>
- Trejo Escareño H. I., Salazar Sosa E., López Martínez J. D. y Vázquez Vázquez C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4: 727-738.  
ISSN 2007-0934, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263127573006>
- Turner, T. R., James, E. K. and Poole, P. S. 2013. The plant microbiome. *Genome Biol.* 14: 209.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-209>

---

## CRECIMIENTO DE *Quercus sideroxylo* HUMB. EN DIFERENTES CONTENEDORES Y CONDICIONES DE PODA

Jonathan Emanuel-Rosales Mata<sup>1</sup>, José Ángel Prieto Ruíz<sup>1</sup>, José Leonardo García Rodríguez<sup>2</sup>, Sergio Rosales Mata<sup>2</sup>, María Gabriela Ramírez Valadez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales UJED, Río Papaloapan, Valle del Sur, 34120 Durango, Dgo.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Carretera El Mezquital, Durango 4, Camino Real, 34170 Durango, Dgo.  
Correo electrónico:Jonathan\_rosalesm@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Durante más de 10 años el estado de Durango ha ocupado el primer lugar en producción forestal maderable. De esta producción maderable solo 16% corresponde al género *Quercus* (SEMARNAT, 2016). Los bosques de *Quercus* son comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y sumihúmedo (Rzedowski, 1981). Sin embargo, existen deficiencias en la ejecución de programas que permitan planificar su manejo, aprovechamiento y producción en forma ordenada (Arizaga *et al.* 2009). La supervivencia inicial de plantaciones en el género *Quercus* y otras especies forestales dependen altamente de las labores culturales de producción llevadas a cabo en vivero, entre ellas destaca el uso adecuado de contenedores, fertilización y diferentes tipos de poda (Sigala *et al.*, 2016), por ejemplo, la altura del contenedor influye de manera importante en el desarrollo radical de plantas del género *Quercus*, siendo los contenedores más profundos los que producen la planta de mayor calidad y en consecuencia tienen mayores porcentajes de supervivencia en los sitios de plantación (Domínguez-Lerena, 2000). Otra práctica cultural para ciertas especies forestales son las podas apicales que pueden reducir la producción de plántulas de baja calidad, ayudando al incrementó y formación de más ramas laterales aumentando la producción de biomasa, que a su vez favorece el valor del cultivo y aumenta la posibilidad de supervivencia en campo (Zaczek 1997).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones del vivero forestal “General Francisco Villa” ubicado en el Ejido 15 de septiembre, en Durango, Dgo, sus coordenadas geográficas son 50°20.33' N y 104°35'56.25" W, con 1,874 m de altitud. Se utilizó un invernadero con estructura metálicas cubierto de plástico blanco lechoso tratado contra rayos UV y malla sombra al 50%, cuenta con sistema de riego automatizado.

Se utilizaron plantas de *Quercus* de seis meses de edad producidas en envases de poliestireno expandido de 77 cavidades con 170 mL de capacidad por cavidad y se trasplantaron a bolsas de polietileno negro y tubetes de polietileno rígido. El sustrato de cultivo fue una mezcla de corteza de pino compostada (50%) y peat moss (50%).

El ensayo se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2, con cuatro repeticiones de 80 plantas de cuatro tratamientos, consistentes en dos tipos de contenedores (tubete individual de polietileno rígido de 350 mL y bolsa de polietileno negro de 1000 mL) con poda apical (CPA) y sin poda apical (SPA) (Cuadro 1), la poda se realizó a 22 cm de altura de las plantas. En total se evaluaron 320 plantas de *Quercus sideroxylla*.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados a plantas de *Quercus sideroxylla* de seis meses de edad.

Tratamiento	Tipo de envase	Poda
1	Tubete individual 350 mL (25 cm de altura y 5.5 cm diámetro superior).	Sin poda
2	Tubete individual 350 mL (25 cm de altura y 5.5 cm diámetro superior).	Con poda
3	Bolsa de plástico de 1000 mL	Sin poda
4	Bolsa de plástico de 1000 mL	Con poda

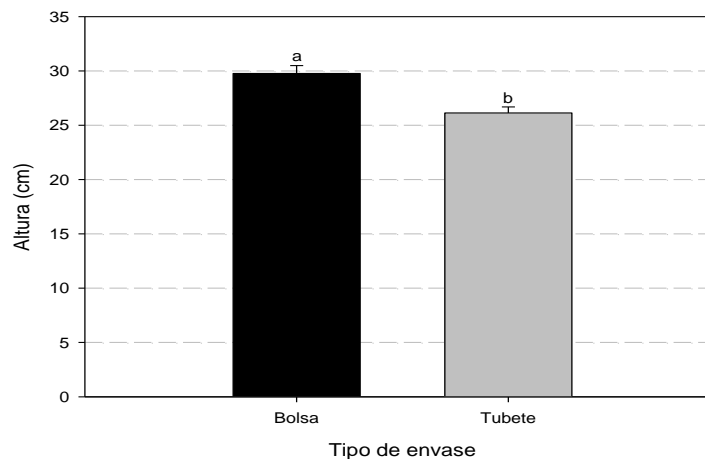
Nota: En lo sucesivo tratamientos CPA=con poda apical y SPA=sin poda apical.

Las variables evaluadas a los seis meses posteriores al trasplante y a la aplicación de los tratamientos fueron: el diámetro al cuello de la raíz (DAC) (mm) medidos con vernier digital; la altura total (ALT) de las plantas SPA y la longitud del brote principal en las plantas CPA; biomasa seca de la parte aérea (BSA) y radical (BSR) de las plantas SPA y CPA. Adicionalmente, con los datos de biomasa e información anterior se determinaron, índice de lignificación (IL), relación parte aérea-raíz (RPAR) e índice de calidad de Dickson (ICD). A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza al 95% de confiabilidad, en los casos donde existieron diferencias significativas se realizó también una prueba de separación de medias de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios de las variables evaluadas con respecto al tipo de envase (bolsas y tubetes), mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Las plantas de encino en bolsas de polietileno negro presentaron los mayores valores medio en altura (29.8 cm de altura) en contraste con las plantas trasplantadas a tubete tuvieron en promedio alturas de 26.1 cm ( $p < 0.05$ ) (Figura 1). Al evaluar el efecto de dos capacidades de contenedor (80 y 170 cm<sup>3</sup>), Prieto (2004) encontró que los mayores promedios en altura de plantas de *P. cooperi* Blanco producido en vivero se logra al utilizar el envase de mayor volumen.

Figura 1. Altura de la planta de *Quercus sideroxylya* a los seis meses posteriores al trasplante a dos tipos de envase.



Plevich y Miguel (2008) estudiaron la relación entre tamaño del envase y calidad de la planta obtenidos en vivero en seis especies de *Quercus*; utilizaron macetas de polietileno de 12 cm de diámetro y 25 cm de altura y dos tamaños de tubetes (6.4 x 18 cm y 6.4 x 25 cm). Encontraron que las plantas de mayor altura y diámetro (*Quercus laurina* Bonpl.) fueron las producidas en el envase de mayor tamaño. El DAC presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) siendo la planta trasplantada a bolsa de polietileno la que presentó el mayor valor promedio para este parámetro (4.57 mm), por su parte, la planta en tubete presentó un diámetro promedio de 3.75 mm (Figura 2).

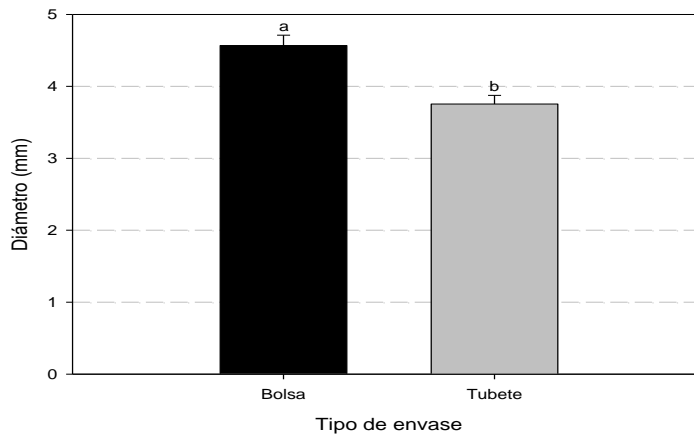


Figura 2. Diámetro al cuello de la raíz de plantas de *Quercus sideroxyla* a los seis meses posteriores a su trasplante a dos tipos de envase.

De igual manera Prieto *et al.* (2007), en un trabajo similar en vivero, evaluaron el efecto sobre la calidad de planta de *P. cooperi* Blanco producida en envases de 80 cm<sup>3</sup> y 170 cm<sup>3</sup> de volumen y con diferentes fases de riego, observaron que la planta en envases de 170 cm<sup>3</sup> logró un mayor promedio en diámetro (9.26 mm). En el caso de los encinos los envases más grandes ayudan al mejor desarrollo en altura y diámetro de la planta.

La poda con respecto a la mayoría de las variables evaluadas provocó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Los mayores valores medios de BSR se obtuvieron en plantas SPA (6.40 g), mientras la BSR de plantas CPA fue de 5.52 g. Lo mismo ocurrió para la BSA en plantas SPA (5.44 g) y plantas de encino CPA (4.62 g). Los mejores promedios de biomasa total se produjeron en plantas SPA (11.80 g), mientras que en plantas CPA (10.14 g) (Figura 3).

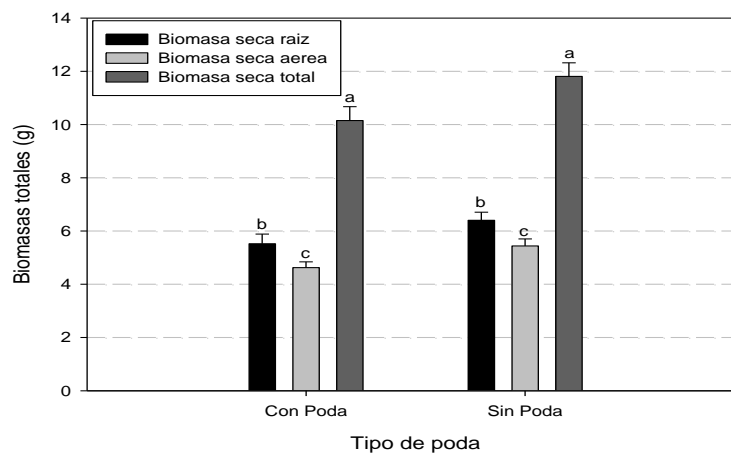


Figura 3. Biomasa seca total promedio de plantas de *Quercus sideroxyla* con poda apical (CPA) y sin poda apical (SPA) evaluada seis meses después de su trasplante a dos tipos de envase.

Cetina *et al.* (1999) en un estudio sobre el manejo y calidad de planta en vivero de *Pinus greggii* Engelm. encontraron que en plantas podadas las variables biomasa aérea y radical presentan aumentos significativos, asumiendo que la poda provoca la formación de abundantes ramas laterales con el consecuente aumento en la producción de biomasa. En contraste con los resultados del presente trabajo, donde la BSA y BSR presentan mejores resultados SPA debido que esta especie la formación de ramas laterales posteriores a la poda, fue poco abundante. En SIRE (2019) recomiendan bolsas de polietileno negro con dimensiones no menores a 15 x 25 cm para la producción de *Quercus rugosa* Neé y en general utilizar envases de dimensiones grandes para favorecer el desarrollo del sistema de raíces.

## CONCLUSIONES

El tamaño y capacidad del envase tiene un efecto en el crecimiento de *Quercus sideroxyla*, en general, los contenedores de mayor volumen generan mejor desarrollo de las variables altura y diámetro, mientras que para el factor poda las plantas con mejores resultados de biomasa se presentaron en plantas sin poda apical.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arizaga, S; Martínez-Cruz, J; Salcedo-Cabrales, M; Bello-Gonzales, MA. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos Michoacanos. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/95477119/ENCINOS-DE-MICHOACAN#>
- Cetina-Alcala, VM, Gonzales-Hernández, VA; Vargas-Hernández, JJ. 1999. El manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelm. y la calidad de planta. *Agrociencia* 33: 423-430.
- Domínguez-Lerena, S. 2000. Influencia de distintos tipos de contenedor en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Reunión de Coordinación I + D Fundación CEAM. Guadalajara. España, 3p.
- García, E; 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática koepen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Editorial. Offset Larios. México
- Plevich, O. J. y B. O. Miguel. 2008. Introducción de especies y procedencias de robles (*Quercus* sp.) en la región ecológica de Sierras del S-O de la Provincia de Córdoba. PIA 32/98. BLOQUE 5. Resultados y avances para la región centro. Investigación forestal al servicio de la producción II. [http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/forestacion/biblos/bloque05\\_2.pdf](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/forestacion/biblos/bloque05_2.pdf). (11 de julio del 2009).
- Prieto-Ruíz, JA. 2004. Factores que influyen en la producción de *Pinus* spp en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, 110 p.

Prieto-Ruíz, JA; García-Soto, M; Hernández-Díaz, JC. 2007. Efecto del tamaño de envase en crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr. En vivero. *Ciencia Forestal en México*, 24-25 p.

Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2016. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016*.

Sigala-Rodríguez, JÁ; González-Tagle, MA y Prieto-Ruíz, JÁ. 2016. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6: 20-31 p.

SIRE, 2019. SIRE: CONABIO-PRONARE. Paquetes tecnológicos. *Quercus rugosa* Neé. recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/995Quercus%20rugosa.pdf>

Zaczek-James, J; Steiner-Kim, C.; Bowersox, -Todd, W. 1997. Northern red oak planting stock: 6-year results. *New Forests*. 13: 177-191.



---

## REGISTROS DE PINOS EN CATEGORÍA DE RIESGO DE ACURDO A LA NOM-059-SEMARNAT-2010, EN HERBARIOS DEL NORTE DE MEXICO

Sergio Rosales Mata <sup>a</sup>, Ramiro Pérez Miranda <sup>b</sup>, José Leonardo García Rodríguez <sup>a</sup>,  
Jonathan Emanuel Rosales Mata <sup>c</sup>, Alejandra Rosales Lerma <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigación Regional Norte-Centro-INIFAP. Durango, Durango, México

<sup>b</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales-INIFAP. Ciudad de México

<sup>c</sup> Prestador de Servicios Profesionales. Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango

rosales.sergio@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El ser humano ha sido un elemento que ha modificado de forma importante la biodiversidad en el último milenio. Las comunidades y las especies presentes en los bosques, selvas y otros ecosistemas, son destruidos por actividades humanas con distintos fines: explotación maderera, deforestación para fines agrícolas y ganaderas, extracción minera y petrolera, urbanización, contaminación, entre otros (Badii *et al*, 2007). Las acciones anteriores, de acuerdo a Turner (1996) conducen a seis tipos de mecanismos de extinción de especies: (1) eliminación total de hábitats dentro del paisaje; (2) reducción del tamaño de la población; (3) aislamiento de la población; (4) efectos de borde; (5) efectos de nivel de interacciones con otras especies; y (6) inmigración de especies exóticas. El mismo autor menciona que la intervención del proceso de extinción está relacionada con su cinética, la cual depende de la historia natural de la especie y a procesos que operan a dos escalas espaciales: de paisaje y local.

El cambio del clima a nivel global también está alterando la biodiversidad por las modificaciones en los regímenes de temperatura y precipitación, lo que conduce a alteraciones en la evolución natural de las especies. Muchos organismos no podrán adaptarse a las condiciones del cambio climático y probablemente desaparecerán de la Tierra (IPCC, 2002). Los eventos naturales ocasionados por fenómenos internos como los meteorológicos (huracanes, sequías), incendios, vulcanismo pueden cambiar la evolución de los organismos (Badii y Abreu, 2008).

Diversas causas han perturbado el hábitat de las especies, lo cual ha originado que exista en la actualidad 22 mil 413 especies en peligro de extinción, de las 76 mil 199 especies evaluadas (Prensa Latina, 2014). La extinción de especies aumenta la alarma para toda la cadena evolutiva, puesto que afecta a la red de sistemas naturales dispuestos en múltiples niveles jerárquicos. La desaparición de un elemento de un subsistema implica la pérdida de la posición de un componente de su estructura de la cual forma parte. Lo anterior conduce a la pérdida de bienes y servicios ecosistémicos que se requiere para la sobrevivencia de las sociedades humanas (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010).

México lo ubican en el quinto lugar del mundo en cuanto a especies en riesgo (en peligro crítico, en peligro y vulnerables) con 896 especies, por debajo de Ecuador, Estados Unidos, Malasia

e Indonesia. Es el segundo lugar en especies en riesgo con 1,203, y sería el primer lugar si se considera a las especies en categoría de protección especial que indica la NOM-059-2010 por las categorías de: peligro y amenazada (CEMDA, 2011). En México, hay 49 especies extintas, 475 en peligro de extinción, 896 amenazadas y 1185 sujetas a protección especial, de estas 20 especies del género *Pinus* se encuentran en riesgo de las cuales la mitad están en la categoría en peligro de extinción y la otra en sujetas a protección especial (Diario Oficial de la Federación, 2010). De las especies amenazadas el 80% sufren de pérdida del hábitat, 70% sobre explotación o uso no sustentable y casi 30% son afectadas por especies invasivas. Se menciona también que al menos 20% de las especies son afectadas por cambio climático, y 10% de las especies amenazadas son afectadas por la contaminación (CEMDA, 2011).; citando lo anterior, se realizó una búsqueda en los principales herbarios del norte del país de las especies de pinos en categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y ver su distribución en base a las colectas registradas.

### MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se elaboró con información de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, dirigido sobre 20 especies de pino en alguna categoría de riesgo aquí enlistados, las cuales son: (*Pinus attenuate*, *P. caribaea*, *P. strobus*, *P. contorta*, *P. coulteri*, *P. culminicola*, *P. jaliscana*, *P. jeffreyi*, *P. johannis*, *P. lagunae*, *P. martinezii*, *P. maximartinezii*, *P. monophylla*, *P. muricata*, *P. nelsonii*, *P. pinceana*, *P. quadrifolia*, *P. remota*, *P. rzedowskii* y *P. strobiformis*).

Se realizaron visitas a tres herbarios del norte del País, el herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional, en la ciudad de Durango, Dgo. Al herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CFNL), en la ciudad de Linares, Nuevo León y por último en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (ANSM), en la Saltillo, Coahuila. Los datos obtenidos en los herbarios fueron capturados en el programa Excel 2016™ para crear una base de datos con información de especie, coordenadas geográficas, altitud, estado, año de colecta y fuente de información. Estos datos fueron depurados y analizados en el mismo software.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En los tres herbarios consultados, se encontraron 624 colectas botánicas de 17 especies de las 20 descritas en la NOM-059 del género *Pinus*, la especie con más número de registros es *Pinus strobiformis* con 319 colectas registradas, la cual representa más del 50% del total de colectas consultadas, seguido de *P. pinceana* con 83 registros, *P. remota* con 44. Mientras que del *P. cembroides lagunae* y *P. strobus* solo se tiene un registro para cada especie (Figura 1).

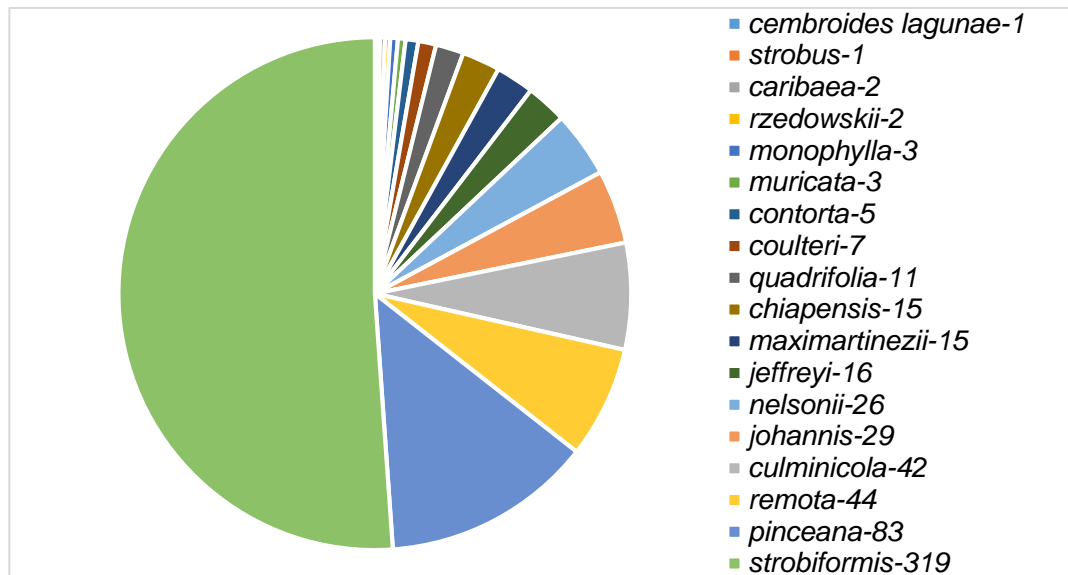


Figura 1. Especies del género *Pinus* registradas en herbarios del norte de México.

En cuanto a los Estados con mayor número de colectas botánicas se encuentra Durango, con 274, seguido de Coahuila con 96 registros y Nuevo León con 8. Mientras que con un solo registro se encuentra Baja California Sur, Guerrero y Quintana Roo (Figura 2).

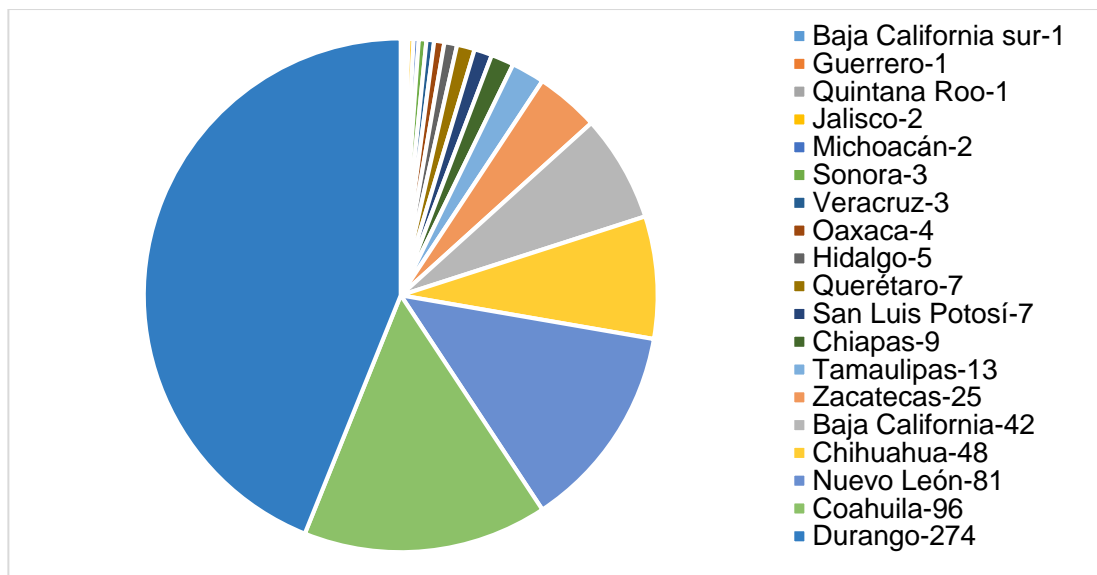


Figura 2. Número de especies por Estado registradas en los herbarios del Norte de México.

Los registros más antiguos de colectas son de 1955 para *Pinus strobiformis*, dos para el municipio de Pueblo Nuevo y una más en el Municipio de Durango, Dgo, y se extienden sus colectas hasta el año 2017 por lo que se considera al tener gran distribución en un lapso de tiempo largo, que la especie sigue con presencia. Sin embargo *Pinus strobus* únicamente cuenta con un registro para el año de 1977 para el estado de Guerrero, por lo que su distribución se encuentra más limitada y desactualizada. Lo mismo pasa para *Pinus cembroides lagunae*, con únicamente un registro en

Baja California Sur para el año de 1978, por lo que su distribución es limitada y desactualizada (Figura 3).

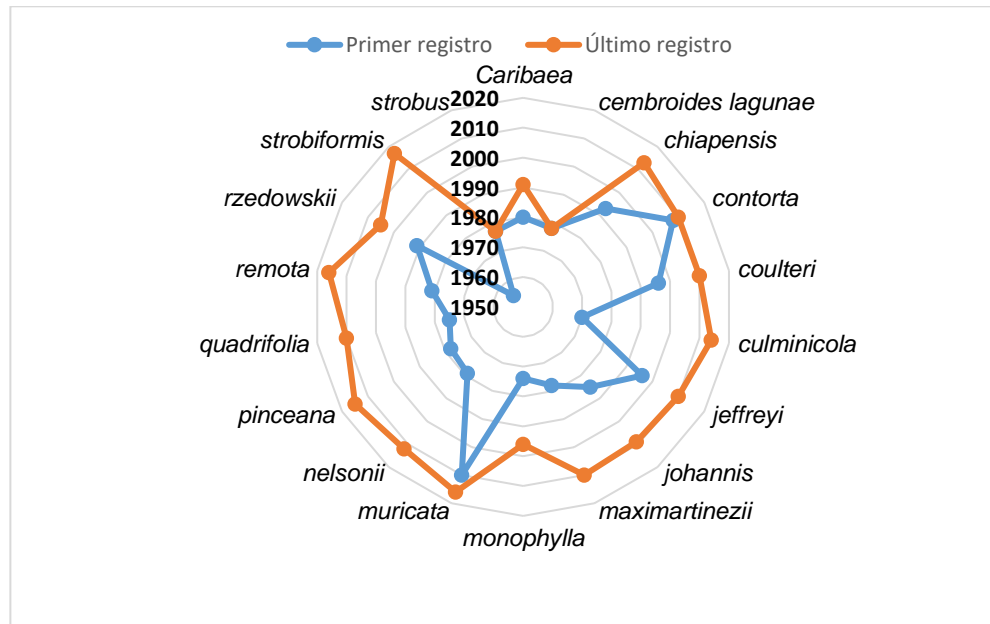


Figura 3. Número de especies por Estado registradas en los herbarios del Norte de México.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para este trabajo, hay especies con pocos registros de colectas botánicas y con más de 40 años de antigüedad por lo que se concluye que se encuentran en un estatus crítico de conservación. Siendo necesario comprobar esta información con más herbarios del país.

## BIBLIOGRAFIA

- Badii, M. H., J. Landeros, R. Foughbakhch y J.L. Abreu. 2007. Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*. 2(2): 229-247.
- Badii, M. H. y J. L. Abreu. 2008. Los efectos de la extinción de las especies. *International Journal of Good Conscience*. 3(1): 623-631.
- Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA). 2011. México Segundo Lugar del Mundo en Cantidad de Especies en Peligro. <http://www.cemda.org.mx/01/mexico-segundo-lugar-del-mundo-en-cantidad-de-especies-en-peligro/>.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 30 de diciembre de 2010. <http://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/NOM-059-ECOL-2001.pdf>.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. Geneva, Suiza. 84 p.

- Prensa Latina. 2014. UICN declara dos especies extintas y otras peor conservadas. [http://prensa-latina.cu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=3280901&Itemid=1](http://prensa-latina.cu/index.php?option=com_content&task=view&id=3280901&Itemid=1).
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). 2010. Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. Malta. 36p.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of applied Ecology*, 200-209.

---

## EVALUACIÓN EX POST DE LA TECNOLOGÍA “SISTEMA DE SIEMBRA EN SURCOS DOBLE HILERA Y PILETEO” EN ZACATECAS, MÉXICO

Blanca Isabel Sánchez Toledano<sup>1</sup>, José de Jesús Espinoza Arellano<sup>2</sup>, Agustín Rumayor Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Email: [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx); <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna

### INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limita el crecimiento del sector agropecuario Zacatecano, es la falta de generación y, particularmente, la adopción de nuevas tecnologías de producción. Es imprescindible promover acciones para la generación y adopción de innovaciones tecnológicas que contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la población.

En Zacatecas, en comparación con los promedios nacionales, los rendimientos que se obtienen en los cultivos que se desarrollan bajo condiciones de temporal son bajos. La cebada maltera es un cultivo de gran importancia económica y social para el Estado, no solo por la derrama económica que aporta y la generación de empleos, sino por la seguridad en el abastecimiento de materia prima a la industria maltera instalada, la cual contribuye a su vez a la generación de empleos en el área urbana. Sin embargo, la producción de cebada debe ser una actividad competitiva para que el Estado se mantenga como proveedor de esta importante industria, de ahí que el desarrollo de nuevas tecnologías sea una actividad relevante. En este documento se analiza el impacto económico de una tecnología generada por el INIFAP Zacatecas denominada “siembra en surcos en doble hilera y pileteo”.

La superficie sembrada con cebada maltera en el estado de Zacatecas es de alrededor de 16,501 ha (SAGARPA, 2008). De esta superficie, se estima que en aproximadamente el 37% se utiliza la tecnología de producción “siembra en surcos en doble hilera y pileteo” (SDHP). El rendimiento de cebada en el Estado varía año con año de acuerdo a las condiciones climáticas, sin embargo, en los últimos años se ha registrado un promedio de 1.98 ton/ha. Con la tecnología mencionada el rendimiento se incrementa en más del 26% por lo que se logran obtener 2.5 toneladas por hectárea (Cabañas *et al.*, 2004). El costo de producción con el uso de esta tecnología se incrementa en un 16.16% en comparación con la tecnología convencional (al voleo) debido a algunos costos adicionales como el surcado y otras labores culturales propias de la nueva tecnología.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron visitas periódicas a las comunidades donde se siembra cebada maltera con el objetivo de obtener la información, a través de encuesta, sobre la adopción de la tecnología en estudio y sus costos de producción. La metodología de evaluación del impacto económico se basó en la comparación de los costos y beneficios que la tecnología SDHP, generada y transferida por el INIFAP, provoca en el excedente económico de los productores que la adoptan. La evaluación del impacto se realizó a través del cálculo del Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación B/C. El cálculo de los beneficios se realizó con la ayuda del software denominado DREAM (Dynamic Research Evaluation for Management). Este sistema simula la generación y adopción de la nueva tecnología, así como la evaluación del subsecuente impacto que ésta tiene en los mercados y el bienestar social. El excedente de los productores se define como el diferencial entre los ingresos brutos y los costos de producción, como se describe en la siguiente ecuación:

$$EP = IB - CT = P * Q - CH * S = P * R * S - CH * S = (P * R - CH) * S$$

En donde: EP= Excedente económico de los productores, IB= Ingreso Bruto, CT= Costo Total de producción, P= Precio de venta del productor, Q= Cantidad total producida, CH= Costo de producción por hectárea, S= Superficie en producción, R= Rendimiento del productor por unidad de superficie.

Esta ecuación permite identificar las vías por las que la incorporación del cambio tecnológico puede introducir modificaciones en el excedente: precio (asociado a calidad o tipo de producto); rendimiento por unidad de superficie; costo por hectárea y superficie sembrada. Por ello, al analizar el impacto de la adopción de la tecnología, ésta debe dar a conocer los cambios que la adopción de las innovaciones o paquete tecnológico introduce en el nivel de cada una de las variables antes mencionadas (Wood y Baitx, 1998).

La información básica necesaria para poder estimar el impacto de la tecnología en el cambio del excedente económico de los productores consistió en:

- Identificar la (o las) tecnología(s) que el proyecto puso a disposición de los productores (en el periodo de referencia).
- Establecer el grado en que el INIFAP contribuyó al desarrollo tecnológico, o sea la participación del Instituto en la generación de tecnología (%INIFAP).
- Determinar el impacto que cada técnica tiene en las siguientes variables: precio, rendimiento, costo, superficie (% $\Delta$ P, % $\Delta$ R, % $\Delta$ CH, % $\Delta$ S).
- Estimar el nivel de adopción de las innovaciones en el periodo determinado (% $\Delta$ D)
- Identificar el año de inicio del desarrollo de la innovación y de los costos de generación de la misma.
- Identificar el año en el que la innovación se puso a disposición de los productores y, por tanto, pudieron generarse modificaciones en los excedentes.
- Obtener información sobre áreas en producción, costos por hectárea, precio a los productores y rendimientos promedios por unidad de superficie (nacional, regional), para cada año del periodo de estudio.
-

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de cuantificar los beneficios económicos inducidos por la tecnología de SDHP en cebada maltera, generada por el INIFAP, fue necesario describir sus diferencias productivas, con respecto a la tecnología convencional utilizada en la región, conocida como al voleo, la cual se tomó como la testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1: Características económicas de las tecnologías “siembra en surcos en doble hilera y pileteo” y siembra al voleo (testigo) en el cultivo de la cebada maltera en el estado de Zacatecas

Atributos o Características	Siembra convencional: al voleo	Tecnología SDHP
Rendimiento medio regional a nivel parcela de productor (Ton/ha)	1.98	2.5
Costo medio de producción (\$/ha)	4857.66	5,642.92

Generalmente, los impactos potenciales de nuevas técnicas de producción se presentan como un desplazamiento hacia la derecha de la curva de oferta, o bien, como una disminución de los costos unitarios. Ese desplazamiento corresponde a un aumento en la producción que surge del incremento en los rendimientos inducidos por la innovación técnica en cuestión. Este cambio en la producción se debe transformar en un desplazamiento vertical equivalente que represente el efecto de ese cambio en la reducción del costo unitario (González *et al.*, 2004).

Con el fin de estimar los beneficios económicos que el sistema de siembra de cebada evaluado tiene en la economía regional, se asume que el proceso de adopción es estocástico y que tiene forma funcional sigmoideal (Rogers, 1986). El proceso de investigación y validación duró catorce años, el proceso propiamente dicho de la adopción se inició en 2007. El costo de la investigación consideró los aportes de la Fundación Produce Zacatecas al proyecto, aunado a la inversión del INIFAP a través de los costos por los sueldos de los investigadores, personal técnico, administrativo, así como el costo de los insumos utilizados en los experimentos; este costo ascendió a \$4'188,084. Por otro lado, se tienen los costos de la transferencia de la tecnología, los cuales incluyen gastos en parcelas demostrativas y otros eventos lo cual ascendió a \$106,882. La suma de ambos costos nos da un total de \$4'294,966.

En general, no es correcto asumir la adopción con certidumbre, sin embargo, se tomará un nivel de adopción de 37%, de acuerdo con Sánchez y Rumayor (2010). La probabilidad de éxito de la tecnología SDHP es de 85%, considerando que la tecnología no funcionará cuando haya muy poca lluvia, pudiendo ser el 15% de los años.



En la presente evaluación se usó el modelo de economías abiertas, pequeñas y con distorsiones, porque es la estructura más adecuada a las condiciones actuales de México. Se asumió que el mercado de cebada en México es competitivo, y que, para los productores agrícolas, los precios del cultivo son considerados como parámetros dados.

En el proceso de modelación del funcionamiento del mercado, las distintas clases de elasticidades son un componente esencial. La elasticidad precio de la oferta de cebada en México en esta evaluación es igual a 0.2, la cual indica que un aumento en el precio en una unidad

porcentual hace aumentar la oferta de cebada en 0.2%. La elasticidad precio de la demanda que se usó en esta evaluación fue de -0.54 (Campos y Berattol, 2001). Este número indica que la demanda por cebada es inelástica. Se consideró un precio internacional equivalente sin distorsiones de \$ 2,168 por tonelada. Este precio está definido por el precio mundial, pero realmente es algún precio determinado fuera de la región de interés, que se aplica en la región y que no produce cambios en el mercado interno.

Al igual que para la actualización del recurso económico invertido en el proyecto, a través del tiempo, la tasa real de descuento utilizada para la actualización de los beneficios económicos fue de 5%, que corresponde a la tasa real para proyectos sociales.

Una vez parametrizado el modelo, de acuerdo con la información de producción, costos, mercado y precios previamente descrita; se obtuvo, mediante el paquete DREAM 3.2 (Wood y

Baitx, 1998), la secuencia temporal de beneficios económicos atribuidos a la tecnología SDHP en cebada maltera y los indicadores evaluativos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de impacto de la tecnología “siembra en surcos en doble hilera y pileteo” en cebada maltera en el estado de Zacatecas

	BENEFICIOS				COSTO Total	RETORNO		
	Productor	Consumidor	Gobierno	Total		(B-C)	(B/C)	IRR
<b>Zacatecas</b>	52'326,980	0.00	0.00	52'326,980	3'123,967	49'203,013	15.75	21.18
<b>TOTAL</b>	52'326,980			52'326,980	3'123,967	49'203,013	15.75	21.18

Por tanto, se invirtió en investigación y transferencia \$ 3'123,967 a valor presente de los cuales los productores obtuvieron un beneficio de \$ 52'326,980; este beneficio fue por el aumento de los rendimientos. Descontando los costos de los beneficios al productor nos da un beneficio del proyecto de \$ 49'203,013, esto implica una Tasa Interna de Retorno de 21.18, la cual supera la tasa real social de 5%, y una Relación Beneficio/Costo de 16.75, esto significa que por cada peso invertido en la generación y/o difusión de esta tecnología, el país obtuvo 16.75 pesos en beneficios económicos netos para los agricultores de la región. Estos parámetros sugieren que la inversión hecha por diferentes instancias en el desarrollo del proyecto es rentable y benéfica para México,

como se ha demostrado en otras tecnologías como el mejoramiento genético de la cebada en México (González *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

- La inversión realizada en la tecnología de la siembra en surcos doble hilera y pileteo para cebada tiene una Tasa Interna de Retorno de 21.18%, lo cual justifica el asignar fondos públicos para la investigación y transferencia de tecnología.
- Los productores son los principales beneficiarios de la investigación.
- Los productores ajenos al sistema de producción están perdiendo por no incorporar la tecnología propuesta y por la apertura comercial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cabañas, B., G. Galindo, J. Mena y G. Medina. 2004. La siembra en surcos y corrugaciones con pileteo en cebada maltera de temporal en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 4, pp. 17-31
- Campos, A. y Berattol E. 2001. Análisis del impacto económico del contrato INIA – CCU para el mejoramiento genético de la cebada cervecera en Chile. Agricultura técnica 61. Núm. 3: 352-366.
- González, A., J. Mena, R. Martínez, S. Wood. 2004. Impacto económico del control de la araña roja en México en plantaciones de durazno. Publicación técnica Núm. 9. México.
- González, A., S. Solano, F. Ramírez, M. Díaz, L. Márquez, A. Ibáñez, J. Islas y S. Wood. 2006. Impacto económico del mejoramiento genético de la cebada en México: Variedad esperanza. Publicación técnica Núm. 20. México.
- Rogers, M. 1986. Communication technology: The new media in society, Free Press, New York.
- SAGARPA Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2006. Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://siap.gob.mx> (Consultado el 18 de agosto de 2010).
- Sánchez, B. y Rumayor, A. 2010. Estudio sobre la innovación tecnológica en el sistema de producción de cebada de temporal en Zacatecas. Resúmenes. XXIII Congreso Nacional y III Internacional de fitogenética. pp. 470.
- Wood, S. y W. Baitx. 1998. DREAM: Manual para el usuario. IFPRI-IICA. San José, Costa Rica. 55 p.

---

## ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS DE LOS AGRICULTORES DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

**Blanca Isabel Sánchez<sup>1\*</sup>, Zein Kallas<sup>2</sup>, José María Gil<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo. 98500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. E-mail: [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario, (CREDA)-UPC-IRTA. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

### INTRODUCCION

El maíz es un cultivo de importancia económica y social para México. Actualmente se cosechan 22.6 millones de toneladas con rendimientos que varían en los diferentes Estados productores (SIAP, 2015). 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 ( $2 \text{ tha}^{-1}$ ) debido, entre otras razones al uso de semillas criollas que, a pesar de estar adaptadas a condiciones ambientales desfavorables, tienen un bajo potencial productivo y son más sensibles a padecer enfermedades que reducen su calidad y productividad. 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, en primer lugar, segmentar y caracterizar a los agricultores teniendo en cuenta, no sólo sus características socioeconómicas y de la explotación, sino también sus actitudes y riesgos percibidos hacia las semillas mejoradas, así como la orientación productiva de su explotación. Estos son, precisamente, los objetivos de este trabajo con el fin de proporcionar información técnica, socioeconómica y tipológica que sirva para impulsar estrategias diferenciadas de adopción para este cultivo tan importante en el Estado.

### MATERIALES Y METODOS

La información utilizada proviene de una encuesta directa realizada entre enero y marzo de 2015 a una muestra de 200 agricultores localizados en zonas potencial de producción de maíz en el estado de Chiapas: Villaflores, Chiapas-Corzo, Villacorazo y La Concordia. El cuestionario se estructuró en tres bloques. El primer bloque del cuestionario incluía aspectos relacionados con el manejo agronómico; el segundo se dedicaba a obtener datos del productor, precios, costos; y el tercero recogía información sobre actitudes, opiniones y objetivos de los agricultores.

Las variables actitudinales y de percepción hacia el riesgo se redujeron mediante un Análisis de Componentes Principales confirmatorio (ACP). Los factores resultantes del ACP se utilizaron como variables de segmentación en un Análisis de Conglomerados (AC). Asimismo, se ha utilizado el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) con el fin de estudiar los principales objetivos y estrategias productivas de los agricultores de cada segmento.

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACP se llevó a cabo para analizar las actitudes, opiniones y percepciones de riesgo de los agricultores hacia las semillas mejoradas. Las variables que analizan sus actitudes han sido evaluadas mediante un constructo que incluía 6 variables medidas a través de una escala Likert entre 0 y 10, donde 0 indicaba que el agricultor no estaba nada de acuerdo con la frase y 10, totalmente de acuerdo:

- los precios de venta del maíz mejorado permiten cubrir los mayores costes de producción ( $a_1$ ),
- la siembra con semillas mejoradas de maíz puede asegurar el futuro de las explotaciones ( $a_2$ ),
- la siembra con semillas mejoradas de maíz contribuye a dar una imagen positiva para la explotación ( $a_3$ ),
- la siembra con semillas mejoradas incrementa los ingresos del hogar ( $a_4$ ),
- las semillas mejoradas de maíz tienen mejor aceptación en el mercado ( $a_5$ ),
- la relación masa-tortilla es mayor con las semillas mejoradas ( $a_6$ ).

Los resultados del ACP confirmatorio indicaron que un único factor (denominado “potencial de aceptación de semillas mejoradas de maíz”), contribuía a explicar el 68% de la variabilidad de las variables originales (con indicadores de ajuste satisfactorios).

En relación a la percepción del riesgo, el constructo utilizado estaba formado por las siguientes variables (medidas, asimismo, con una escala de Likert entre 0 y 10):

- el riesgo procedente con la sequía es menor con las semillas mejoradas ( $b_1$ ),
- el riesgo procedente de la fluctuación de los rendimientos es menor con las semillas mejoradas ( $b_2$ ),
- el riesgo de pérdidas por heladas es menor con semillas mejoradas ( $b_3$ ),
- los riesgos procedentes de la proliferación de plagas y enfermedades son menores con semillas mejoradas ( $b_4$ ),
- el riesgo procedente de la comercialización es menor con las semillas mejoradas ( $b_5$ ),
- existe menor riesgo para la concesión de créditos a los agricultores con semillas mejoradas ( $b_6$ ).

Al igual que en el caso anterior, un único factor (denominado “poca aversión al riesgo”) era capaz de recoger el 56% de variabilidad de las 6 variables consideradas.

A partir de las dos variables latentes calculadas se procedió a segmentar a los agricultores. El resultado de la aplicación del AC fue la segmentación de la muestra en tres bloques (Cuadro 1). El primer segmento, denominado “agricultores de transición”, es el de mayor tamaño con un 52.5% de la muestra. Este grupo no aprecian completamente el potencial de las semillas mejoradas, a pesar de que una gran parte de ellos las utiliza (54.7%). En general, se trata de agricultores que asumen riesgos en su gestión y que se encuentran en la etapa de análisis de los aspectos técnicos y económicos de la innovación (Rigby et al. 2001). El segundo segmento, identificado como “conservadores”, representa el 18.2% de la muestra. En general, muestran una actitud negativa hacia las semillas mejoradas. Mencionan que existen factores que restringen el uso de las mismas y se caracterizan por la escasez de recursos económicos y muy limitada disponibilidad de maquinaria y asistencia técnica. Son agricultores aversos al riesgo y que no aplican de inmediato la tecnología que se le transfiere, sino que esperan a que algún otro productor lo haga primero

(adoptantes tardíos). En general, desconfían de las prácticas agrícolas diferentes a las que han aplicado tradicionalmente en el pasado (Rivera y Romero, 2003). El tercer segmento, denominado 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 y el mejor rendimiento en el cultivo. La adopción se asocia positivamente con mayores niveles de educación, mayor tamaño de las parcelas y mayores ingresos (Chirwa, 2005).

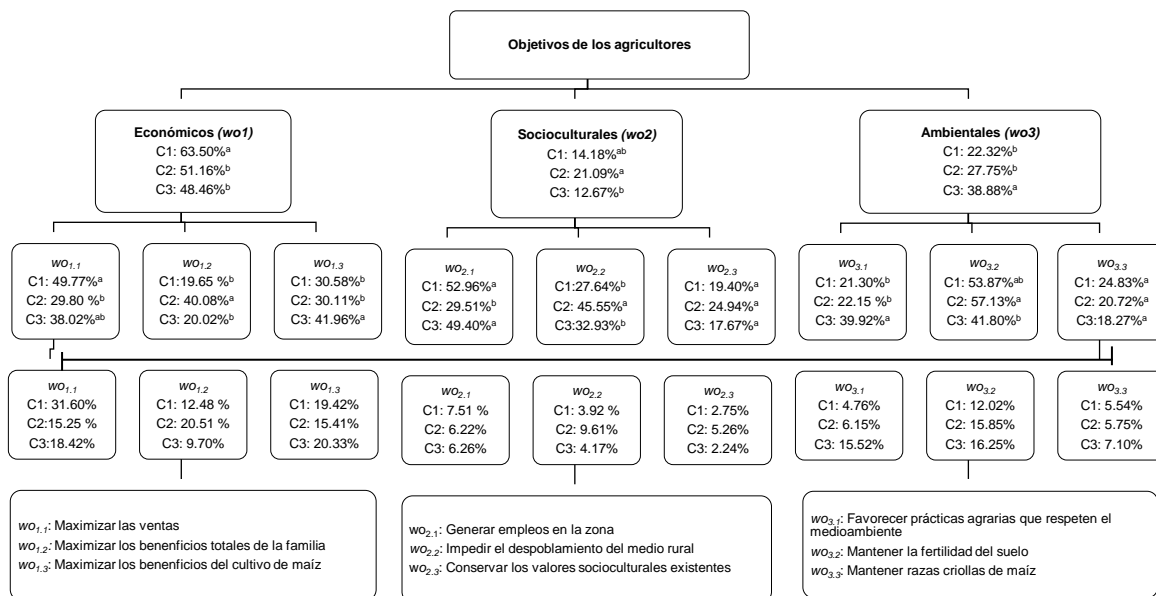
Cuadro 1. Valores promedio de variables clave para los diferentes tipos de agricultores de maíz en Chiapas, México

Grupos	Agricultores semilla criolla (%)	Agricultores semilla mejorada (%)	Ha	Th <sup>-1</sup>	Ventas de maíz (%)	Ingreso procedente de maíz (%)	El factor Riesgo	Edad (años)
<b>De transición</b>	43.9	54.7	4.7 <sup>a,b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	89.6 <sup>a</sup>	89.7 <sup>a,b</sup>	Asumen riesgos	58 <sup>ab</sup>
<b>Conservadores</b>	46.3	11.3	3.4 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>	82.5 <sup>b</sup>	92.8 <sup>a</sup>	Aversos al riesgo	60 <sup>a</sup>
<b>Innovadores</b>	9.8	34.9	5.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	93.5 <sup>a</sup>	86.03 <sup>b</sup>	Cautelosos respecto al riesgo	52 <sup>b</sup>

*Fuente: elaboración propia*

En la segunda parte del Trabajo, y para cada segmento, se trató de identificar los principales objetivos que los agricultores tomaban como referencia para orientar su explotación, para lo que se utilizó la metodología AHP, mencionada anteriormente. Como se puede apreciar en el Mapa 1, las orientaciones de negocio de los tres segmentos son muy diferentes. Es cierto que la importancia relativa de los diferentes tipos de objetivos es similar. En efecto, los objetivos económicos son los más importantes (63.50%, 51.16%, 48.46% para los agricultores de transición, conservadores e innovadores, respectivamente), seguido por los ambientales (22.32%, 27.75%, 38.88%) y socioculturales (14.18%, 21.09%, 12.67%). Sin embargo, se aprecia que los agricultores de transición tienen mayor interés por los objetivos económicos, los conservadores por los socioculturales y los innovadores por los objetivos ambientales.

Si profundizamos en el segundo nivel de objetivos, observamos que los agricultores de transición muestran una mayor orientación por maximizar las ventas, generar empleos en la zona y mantener la fertilidad del suelo. Los agricultores conservadores conceden mayor prioridad a maximizar los beneficios totales de la familia, impedir el despoblamiento del medio rural y mantener la fertilidad del suelo. A los innovadores les interesa maximizar los beneficios del cultivo de maíz, generar empleos en la zona y favorecer prácticas agrarias que respeten el medio ambiente. En general, no se aprecian diferencias entre los tres segmentos en relación a los objetivos de conservar los valores socioculturales existentes y mantener las razas criollas. El objetivo menos importante para los segmentos es conservar los valores socioculturales existentes.



C1:De transición; C2:Conservadores; C3:Innovadores

Mapa 1. Estructura jerárquica utilizada para valorar los objetivos de los agricultores con semilla criolla y mejorada de maíz

Fuente: elaboración propia

### CONCLUSIONES

Los agricultores de maíz del estado de Chiapas se pueden agrupar en 3 segmentos diferenciados a base de sus actitudes y percepción hacia 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.
- 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 Mexican*, 25(1):17-23.
- Rigby, D., Young, Y., Burton, M. (2001). The development of and prospects for organic farming in the UK. *Food Policy*, 26:599-613.
- Rivera, A. y Romero, H. (2003). Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, México. *Avances en la Investigación Agropecuaria*, 21(2):20-40.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). <http://siap.gob.mx>. (abril 2015).

---

## POBLACIÓN INVERNAL DE INSECTOS EN LOTES CULTIVADOS CON ESPECIES DE INTERES INDUSTRIAL Y AGROPECUARIO EN DURANGO

Saúl Santana Espinoza<sup>1</sup>, Rigoberto Rosales Serna<sup>1\*</sup>, Julio César Ríos Saucedo<sup>1</sup>, Maihualy Fernández Martínez<sup>1</sup> y Pablo Alfredo Domínguez Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [santana.saul@inifap.gob.mx](mailto:santana.saul@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se buscan fuentes alternativas de biomasa para la elaboración de abonos orgánicos y biocombustibles sólidos, con la finalidad de reducir costos, incrementar la eficiencia productiva y contribuir a la sostenibilidad de la producción agropecuaria y forestal en Durango. Las especies vegetales utilizadas para la producción intensiva de biomasa son higuera (*Ricinus communis*), maralfalfa (*Pennisetum* sp.), acacia (*Acacia retinoides*), álamo blanco (*Populus alba*) y sauce (*Salix* sp.) (Rosales *et al.*, 2018). Otras especies cultivadas en el invierno son la pradera irrigada (*Lolium multiflorum* y *L. perenne*) y lechuga (*Lactuca sativa* var. *capitata*). La diversificación de especies cultivadas en Durango, influyó sobre las poblaciones locales de insectos, especialmente en el invierno, cuando existen necesidades de refugio y alimentación.

Los insectos muestran beneficios como la polinización vegetal y la producción directa de alimentos, como miel, además de contribuir al control de otras especies insectiles consideradas como plagas en plantas y animales (Khadijah *et al.*, 2013). El mosaico formado por las plantaciones forestales, praderas irrigadas y cultivos invernales (avena, trigo, alfalfa y lechuga), representan espacios aislados en los cuales se favorece la diversidad de insectos. Se ha demostrado que, los lotes de cultivo pequeños y aislados mantienen un número bajo de especies, vegetales y animales, en comparación con fragmentos de vegetación grandes y continuos (Chima *et al.*, 2013).

Las especies vegetales muestran diferencias morfo-fenológicas y tolerancia de la planta a las temperaturas invernales. Lo anterior, favoreció la diferenciación en su utilidad para diferentes especies de insectos que pueden utilizarlas como refugio y fuentes de alimento. Con base en lo anterior, se consideró necesario avanzar en el entendimiento de las relaciones ecológicas que se establecen entre insectos y plantaciones de interés en la producción intensiva de biomasa y alimentos. El objetivo fue establecer el número de órdenes y especies de insectos presentes cultivos de invierno en Durango, México.



---

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Especies Utilizadas.** Se evaluaron cinco especies con crecimiento rápido en el Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP, en Durango, Dgo. México. Las especies incluidas fueron: higuerilla, maralfalfa, acacia, álamo blanco y sauce. Además, se muestreo un lote plantado con pradera irrigada y otro con lechuga.

**Descripción del Sitio de Plantación.** El sitio experimental está ubicado en el municipio de Durango, a los 23° 59' 14" N, 104° 37' 19" O y una altitud de 1,880 m. El suelo predominante es franco (arenoso y arcilloso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 % y pH de 7.9. El clima predominante en la región es templado semiárido [BS<sub>1</sub> kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y la media anual para dicha variable es de 17.1 °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).

**Manejo Agronómico.** En la plantación de especies bioenergéticas de crecimiento rápido y para el trasplante de lechuga se utilizaron franjas apareadas de 620 m<sup>2</sup>. La plantación se efectuó el 6 de junio de 2018; mientras que el trasplante de lechuga se realizó en el ciclo otoño-invierno 2018-2019. La preparación del suelo, previa al trasplante, consistió en un subsoleo cruzado, un paso de rastra, surcado, riego y un segundo paso de rastra. Después, se efectuó el trazo de la plantación y se inició el trasplante en hoyos realizados con palas poceras. En el caso de lechuga se usaron plantines, cultivados en vivero, los cuales se trasplantaron en surcos acolchados con hilera doble y riego presurizado por goteo. Las praderas irrigadas fueron establecidas desde hace más de 10 años, resemebradas en 2016 con una mezcla de especies y se encontraban en pastoreo durante el desarrollo de los muestreos.

En la plantación de especies bioenergéticas se instaló el sistema de riego presurizado por goteo con cintilla de 16 mm, dispersores cada 20 cm y un gasto de 1 L h<sup>-1</sup>. Se fertilizó 35 días después del trasplante (DDT) con la dosis 35-50-00 para nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O). Después del crecimiento de verano, se dejaron las plantas en campo, expuestas a los factores ambientales que causaron heladas. Después, se realizaron los muestreos invernales para determinar la dinámica de las poblaciones de insectos.

**Variables Evaluadas.** Durante el ciclo otoño-invierno 2018-19 se evaluó semanalmente el número de insectos, clasificados con base en el orden y familia. Además, se analizaron los registros diarios de las temperaturas máximas y mínimas (INIFAP, 2019); así como, la lluvia ocurrida durante el periodo de muestreo (noviembre 2018- febrero de 2019).

**Análisis Estadístico.** El análisis de varianza de los datos obtenidos se realizó con estadística descriptiva.

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condiciones Meteorológicas.** En el ciclo otoño-invierno (noviembre 2018 - febrero 2019), el valor para la lluvia acumulada fue bajo en Durango y se registraron únicamente 14.9 mm (INIFAP, 2018). Además, la distribución de la lluvia fue irregular y se hizo necesaria la aplicación de riegos de auxilio, para evitar estrés hídrico en las plantas que sobrevivieron las temperaturas bajas registradas durante la estación de invierno. El promedio de temperatura fue 2.3 °C, mientras que la máxima alcanzó 22.8 °C. El valor más bajo de la temperatura mínima fue de -7.0 °C (15 de noviembre), lo que afectó drásticamente el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (helada). Lo anterior, influyó directamente sobre la supervivencia de las plantas especialmente en maralfalfa, higuera y acacia.

**Especies vegetales y familias de insectos.** El álamo blanco fue la especie vegetal que atrajo una cantidad mayor de familias de insectos con 28 y fue seguida por las poblaciones de acacia y sauce con 22 familias, cada una. En el caso del álamo blanco y sauce, la presencia de hojas verdes favoreció la visita de los insectos que buscaron fuentes de alimentación, mientras que acacia y maralfalfa fueron utilizadas preferentemente para resguardarse de las temperaturas bajas, humedad y radiación solar incidente durante el día (Abidin *et al.*, 2013). Lo anterior, debido a que dichas especies mostraron múltiples hojas secas adheridas a los tallos y ramas y dobladas hacia abajo, lo que proporcionó protección a los insectos. Los lotes cultivados con lechuga (13) e higuera (14) presentaron los niveles más bajos para el número de familias de insectos.

Las especies cultivadas que mostraron población alta de individuos para diferentes familias de insectos fueron maralfalfa (253), sauce (158) y lechuga 139; mientras que el número más bajo se registró en higuera (49) y pradera irrigada (91). Lo anterior, se debió a la preferencia de algunas familias de insectos por gramíneas y acumulación de hojas secas en maralfalfa. Además, se observó la presencia de hojas verdes durante la estación de invierno, en álamo blanco y sauce, lo que favoreció el uso de estas especies como posible fuente de alimentos.

**Órdenes y familias de insectos.** Se observaron siete órdenes de insectos (Cuadro 1), entre los cuales predominó Diptera (15), seguido de Hymenoptera (12), Hemiptera (9) y Coleoptera (8). En contraste, los órdenes con el número más bajo de familias fueron Lepidoptera (3), Orthoptera (1) y Dermaptera (1). La familia Chloropidae (Diptera) predominó en la mayoría de las especies vegetales (6) y mostró un número alto para el total de individuos (315), con nivel alto de especificidad en el cultivo de maralfalfa. Se encontraron individuos de la familia Muscidae en todos los lotes de vegetación, aunque el número de individuos colectados fue bajo (67), con un nivel de preferencia mayor por praderas irrigadas (21) y lechuga (18). Otra familia sobresaliente fue Miridae (Hemiptera), la cual estuvo presente en seis lotes y se registró un total de 91 individuos.

Cuadro 1. Orden, familia y número de insectos capturados en diferentes fragmentos de vegetación.

Orden	Familia	<sup>1</sup> AC	HI	AB	SA	MA	PI	LE	Total	EV
Coleoptera	Chrysomelidae	1	0	4	5	2	20	17	49	6
Coleoptera	Coccinellidae	1	0	2	0	1	0	18	22	4
Dermaptera	Labiduridae	2	8	6	0	2	0	0	18	4
Diptera	Chloropidae	30	12	26	63	175	9	0	315	6
Diptera	Muscidae	11	3	10	3	1	21	18	67	7
Hemiptera	Miridae	6	8	11	9	11	0	46	91	6
Hemiptera	Cicadellidae	12	3	12	20	1	4	0	52	6
Hymenoptera	Braconidae	3	0	2	8	5	5	1	24	6
Hymenoptera	Formicidae	4	0	1	8	4	0	0	17	4
Lepidoptera	Gelechiidae	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Lepidoptera	Geometridae	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Orthoptera	Acrididae	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	<b>Total</b>	115	49	117	158	253	91	139	922	
	Familias	22	14	28	22	20	17	13	49	

AC= acacia, HI = higuera, AB = álamo blanco, SA = sauce, MA = maralfalfa, PI = praderas irrigadas, LE = lechuga, EV = especies vegetales visitadas.

En la estación invernal se observó predominancia de las familias de dípteros en Durango, las cuales revisten interés especial desde el punto de vista económico por su importancia agrícola, veterinaria y médica. En el plano agronómico, algunas familias de dípteros son importantes debido a que se consideran como plagas de los cultivos (Chloropidae, Tipulidae, Tephritidae, Agromyzidae, Sciaridae), son fauna auxiliar que controla otros insectos plaga y otros fueron clasificados como parasitoides (Bombilidae, Cecidomyiidae y Syrphidae) (Barranco, 2003). En otros estudios con gramíneas se determinó la importancia de la familia Chloropidae en caña de azúcar, en la cual se pudieron diferenciar 10 especies (Nikpay *et al.*, 2017).

Los hábitats de estos insectos son diversos y algunos de ellos son fitófagos en los órganos vegetativos y reproductivos de los cereales y otras monocotiledóneas, otros en estado larvario producen agallas y existen grupos de saprófagos, predadores y carnívoros que pueden servir en el control biológico (Nikpay *et al.*, 2017). Lo anterior, se relacionó con el cultivo de maralfalfa, que, a pesar del daño por helada, la mayoría de las plantas mantienen vivos los rizomas. También, influyó

la cercanía de las praderas irrigadas cuyos pastos (*Lolium* spp.) muestran tolerancia a las temperaturas bajas del invierno. Los otros órdenes (Hymenoptera, Hemiptera y Coleoptera) mostraron respuesta variable debido principalmente a los hábitos de consumo de los insectos, parámetros climáticos (Yilangai *et al.*, 2015) y estado fenológico de las plantas durante el periodo de muestreo.

## CONCLUSIONES

La diversificación de especies cultivadas en Durango favoreció la presencia de un número alto de órdenes y familias de insectos, especialmente en el caso de álamo blanco y maralfalfa. En la estación de invierno se observó predominancia del orden Diptera y familia Chloropidae, seguida de Muscidae y Miridae (Hemiptera). La diversificación y manejo de los hábitats utilizados por diferentes familias favoreció el mantenimiento de la diversidad de insectos, a pesar de las temperaturas bajas registradas durante el invierno. La diversidad de especies vegetales cultivadas en Durango favorecerá la diversidad en las comunidades de insectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abidin, Z., A. S. Leksono and Z. Kusuma. 2013. The effect of refuge block on the insect visitor to Apple crop in Batu, East Java. *Journal of Biodiversity and Environmental Science* 3(12): 20-24.
- Barranco V., P. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromicidas plaga de cultivos hortícolas intensivos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 33: 203-307.
- Chima, U. D., G. E. Omokhua and E. Iganibo-Beresibo. 2013. Insect species diversity in fragmented habitats of the University of Port Harcourt, Nigeria. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 8(2): 160-168.
- 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). 2018. Consultado en línea 15/11/2018. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>.
- Khadijah, A. R., A. A. Azidah and S. R. Meor. 2013. Diversity and abundance of insect species at Kota Damansara community forest reserve, Sengalor. *Scientific Research and Essays* 8(9): 359-374.

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.

Nickpay, A., E. P. Nartshuk, and F. R. Goebel. 2017. New record species complex of Chloropidae (Insecta: Diptera) from sugarcane fields in Iran. *Faunistic Entomology* 70: 89-94.

Rosales S., R., J. C. Ríos S., R. Jiménez O., A. Carrillo P., C. A. Nava B., y P. A. Domínguez M. 2018. Rendimiento y calidad de biomasa en especies cultivadas para obtención de energía y abonos en Durango. *AGROFAZ-Volumen Especial CELALA*: 139-153.

Yilangai, R. M., A. A. Chaskda, O. Akwashiki, and G. S. Mwansat. 2015. Effect of time of day, weather parameters and fruit stage on insect visitor of *Carissa edulis* Vahl and *Jasminum dichotomum* Vahl in a protected Nigerian habitat. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 9(2): 23-27.

---

## PREFERENCIA DE ESPECIES FLORALES DE CORTE Y SU IMPORTANCIA EN LA ADAPTACIÓN LOCAL DE ABEJAS

Saúl Santana Espinoza<sup>1\*</sup>, Alma Lizbeth Duarte Gutiérrez<sup>1</sup>, Jaquelin Uribe García<sup>1</sup>, Rigoberto Rosales Serna<sup>1</sup> y Jorge Luis Becerra López<sup>3\*</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Méx. C. P. 34170.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana km 159.4, Rodeo Durango. Méx. C. P. 35760. <sup>3</sup>Laboratorio de Cambio Climático y Conservación de Recursos Naturales-Facultad de Ciencias Biológicas UJED. Av. Universidad S/N Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Dgo. Méx. C. P. 35010. \*santana.saul@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

El 75 % de los cultivos alimenticios más importantes en el mundo y 35 % de la producción de alimentos depende de los insectos polinizadores (Klein *et al.*, 2007; Morandin y Kremen, 2013). Las abejas (*Apis mellifera*) son consideradas como los polinizadores más importantes (Morandin y Kremen, 2013) y estos insectos muestran dificultades para su manejo debido a la amplitud del periodo de estiaje, temperaturas invernales extremas y perturbación constante de los ecosistemas en Durango. En el área rural de la capital de Durango existen lotes de riego para la producción de flores de corte, las cuales contribuyen a la disponibilidad constante de néctar y polen en la época seca del año. Con ello, se satisfacen parcialmente los requerimientos alimenticios y nutrimentales de las abejas, lo cual contribuye a la supervivencia de las poblaciones locales de la especie.

Se considera importante entender los requerimientos ecológicos y preferencias que tienen las abejas, con base en la disponibilidad de fuentes locales de alimento. Con ello, se podrá incrementar la supervivencia y eficiencia productiva de esta especie de importancia ecológica, social y económica en Durango. Además, se establecerá la influencia de la morfología floral y color de los pétalos sobre la preferencia y otras relaciones que se establecen entre las abejas y las especies de plantas. Dichas relaciones, influyen directamente sobre la persistencia de la población de abejas, así como con el tipo y calidad de la miel obtenida. En el caso del polen, se ha observado que el proveniente de especies diferentes muestra variación en morfología, contenido nutricional y ambos factores direccionan la visita de las abejas a una especie particular de plantas (Roswell *et al.*, 2019). Por ello, se considera que las diferencias en el uso de las flores, realizado por las abejas presentes en un mismo sitio y periodo de tiempo, demuestra las variaciones en la preferencia entre especies e individuos. Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar la preferencia de especies florales de corte y su importancia en la adaptación local de abejas en Durango.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Especies utilizadas.** El estudio se realizó en un lote establecido en Durango, Dgo., para el cultivo de varias especies de flores de corte. Las especies son conocidas localmente como cepillo (*Limonium sinuatum*), esterginia (*Helichrysum bracteatum*; *Zinnia violacea*), esterres (*Aster* spp.) y caléndula (*Calendula officinalis*). Adicionalmente, en cada especie se observaron diferentes colores de pétalos en cepillo (amarillo, morado y rosa), esterginia (morado, rosa claro y rosa fuerte), esterres (blanco, morado y rosa) y caléndula (amarillo y naranja). Con ello, se tuvo un total de 11 combinaciones para las especies de planta y colores de flor.

**Obtención de datos.** Se registró información durante tres días, cuando las plantas estaban en floración, la longitud del fotoperiodo era alta (13 a 14 h), los días eran soleados y había acceso al terreno de cultivo (sin riego). El observador caminó en transectos paralelos de 5 m en los surcos de cada especie, cuya superficie fluctuó entre 0.3 y 0.6 ha (3,000 a 6,000 m<sup>2</sup>). Se observaron las flores abiertas durante un periodo de 5 min, se contaron las abejas que realizaban actividades de recolección de polen o néctar, con un tiempo mínimo de estancia de 5 segundos. La recolección de polen se evaluó como el contacto que fue establecido entre las abejas y las anteras de la flor; mientras que, en el caso del néctar, se observó el uso de la probóscide y glosa en las flores tubulares. Las observaciones se realizaron a las 11:00 h, en dentro del periodo de actividad máxima registrada anteriormente (8 a 12 h).

**Pruebas de Laboratorio.** Se realizaron evaluaciones de color de los pétalos florales e inflorescencias (cepillo), mediante el uso del colorímetro portátil (NH310 Shenzhen ThreeNH Technology Co., LTD). Se utilizaron cinco repeticiones de cada especie y las determinaciones se realizaron atendiendo las recomendaciones del fabricante del colorímetro.

**Análisis Estadístico.** Se utilizó estadística descriptiva para analizar las diferencias entre especies y colores de flor en cuanto a la presencia de las abejas. Se determinó el valor promedio

y el error estándar de la media, para el número de abejas que recolectaron polen y néctar en las flores de cada especie vegetal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron variaciones en la preferencia de las abejas por determinadas especies de plantas en forma independiente de la coloración de los pétalos y corola (cepillo). Las flores de caléndula con la coloración amarilla de los pétalos fueron las más preferidas para la recolección de polen (Figura 1) y las de ambos colores (amarillo y naranja) para la extracción de néctar (Figura 2). Esta especie fue seguida por *Aster* spp. de color rosa y *Zinnia violacea* de color morado, para el caso de polen; mientras que, el néctar se obtuvo también de las flores de color rosa fuerte y rosa claro. Los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos en estudios previos, en los cuales se demostró que *C. officinalis* fue una de las especies más visitadas por diferentes especies de abejas (Campos *et al.*, 2017).

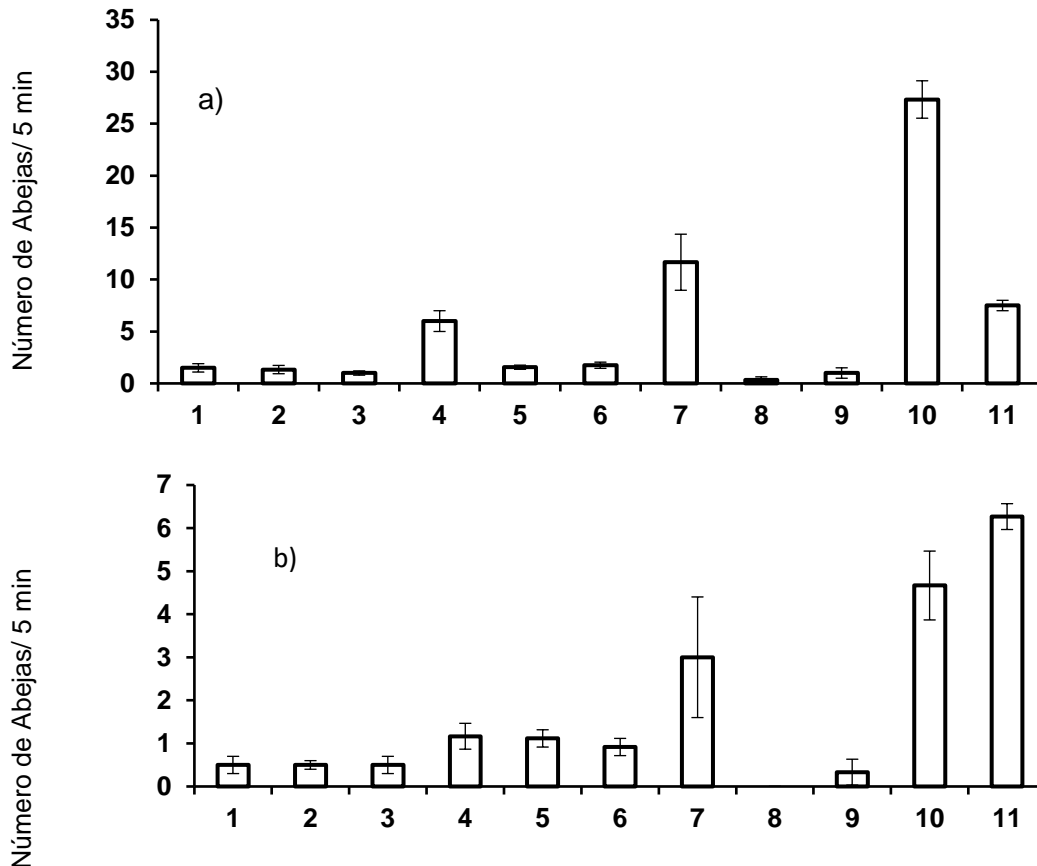


Figura 1. Número de abejas que extrajeron néctar en diferentes especies de flores de corte con diferente color. *Limonium sinuatum* (1 = rosa, 2 = morado y 3 = amarillo), *Zinnia violacea* (4 = morado, 5= rosa fuerte, 6= rosa claro), *Aster* spp. (7= rosa, 8= morado y 9= blanco) y *Calendula officinalis* (10= amarillo y 11= naranja).

Se observó influencia baja de la coloración floral en la preferencia de las abejas por una especie de planta en particular. Lo anterior, debido a que el color evaluado visualmente mostró que la preferencia observada en *Calendula officinalis* amarilla y naranja (10 y 11), se observó también en el cáliz y pétalos de la corola de *Limonium sinuatum* (3), aunque esta última especie mostró preferencia baja, debido a su morfología floral. En contraste, otras especies preferentes mostraron colores rosa (7, *Aster* spp.) y morado (4, *Z. violacea*). Se ha observado, que las decisiones de recolecta efectuadas por las abejas se relacionan con atributos visuales, olfatorios y táctiles desplegados por las plantas con variaciones en la cantidad y calidad de la recompensa ofrecida por las flores (Hempel de Ibarra *et al.*, 2014). La especie *Calendula officinalis*, por ser una especie de la familia Asteraceae ha sido reconocida por su disponibilidad constante de néctar y polen (Hicks *et al.*, 2017).

Los valores de proporción de tonos rojos fueron medianos a altos (136 a 251) en las flores evaluadas (Cuadro 1). Pudo apreciarse, que los tonos verdes (9 - 245) y azules (3 - 234), mostraron niveles contrastantes y eso pudo influir en el número de visitas recibidas en las flores de cada especie



vegetal. La especie (*Calendula officinalis*) y los colores preferidos (amarillo y naranja) mostraron niveles medios de tonalidades verdes y bajos de azules. Mientras que las otras flores preferidas mostraron niveles bajos de tonalidades verdes (23 a 51) e intermedios para azul (133-168). Lo anterior, coincide con otros estudios en los que se determinó que el azul influye considerablemente en la preferencia de las abejas, por lo que la proporción del contenido de ese color se analiza en todos los tonos observados en las flores (Horridge, 2015). El verde se considera como un color secundario, que es utilizado por las abejas como referencia en la ubicación de sitios donde es posible recolectar polen y néctar.

Adicionalmente, se obtuvo la codificación hexadecimal de los colores detectados en las flores (Cuadro 1), por el colorímetro, lo que permitirá comparaciones posteriores en la preferencia

de las abejas. Lo anterior, mostró las diferencias existentes entre los colores que son percibidos como similares por el ojo humano.

Cuadro 1. Clasificación visual y cuantitativa del color observado en especies vegetales visitadas por abejas en lotes comerciales de flor para corte en Durango.

Núm.	Especie	Color	*R	G	B	Código
1	<i>Limonum sinuatum</i>	Rosa	217 ± 6	12 ± 4	149 ± 3	D90C95
2		Morado	129 ± 8	9 ± 5	150 ± 9	810996
3		Amarillo	233 ± 3	234 ± 4	80 ± 3	E9EA50
4	<i>Zinnia violacea</i>	Morado	141 ± 3	30 ± 2	168 ± 2	8D1EA8
5		Rosa Fuerte	221 ± 2	39 ± 2	119 ± 3	DD2777
6		Rosa Claro	245 ± 2	99 ± 2	170 ± 5	F563AA
7	<i>Aster spp.</i>	Rosa	231 ± 4	51 ± 3	156 ± 6	E7339C
8		Morado	136 ± 4	23 ± 3	133 ± 3	881785
9		Blanco	247 ± 4	245 ± 4	234 ± 3	F7F5EA
10	<i>Calendula officinalis</i>	Amarillo	251 ± 2	189 ± 2	8 ± 1	FBBD08
11		Naranja	250 ± 3	151 ± 2	3 ± 3	FA9703

\*parámetros cuantitativos de color R = rojo, G = verde y B = azul, Código hexadecimal.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron la diversidad de criterios utilizados por las abejas para preferir una especie de planta en particular. Entre dichos criterios puede incluirse el color de los pétalos y corola de las flores, aunque también influye la morfología de la flor y cantidad de polen y néctar disponible. La especie *Calendula officinalis* es una especie de corte cultivada en Durango, la cual fue preferida por las abejas por la amplitud de su inflorescencia y apertura secuencial de flores tubulares, lo cual favorece la disponibilidad constante de néctar y polen. El cultivo de flores para corte en Durango favoreció la supervivencia y productividad de las abejas en la época seca del año.

## BIBLIOGRAFÍA

- Campos, M., J. D. Alche, M. Porcel, D. Paredes, R. Alcalá, M. L. Fernández. 2017. Comunidad de abejas asociadas a las cubiertas vegetales de olivar. *Revista de Fruticultura (Especial)*: 78-87.
- Córdova C., C. I., E. Ramírez A., E. Martínez H., y J. M. Zaldívar C. 2013. Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regions del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalínológicas. *Universidad y Ciencia* 29(1): 163-178.
- Hempel de Ibarra, N., M. Vorobyev, and R. Menzel. 2014. Mechanisms, functions and ecology of color vision in the honeybee. *Journal of Comparative Physiology A* 200: 411-433.
- Hicks, D. M., P. Ouvrard, K. C. R. Baldock, M. Baude, M. A. Goddard, W. E. Kunin, N. Mitschunas, J. Memmott, H. Morse, M. Nikolitsi, L. M. Osgathorpe, S. G. Potts, K. M. Roobertson, A. V. Scott, F. Sinclair, D. B. Westbury and G. N. Stone. 2016. Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. *PLoS One* 11(6): e0158117.
- Horridge, A. 2015. How bees distinguish colors. *Eye Brain* 7: 17-34.
- Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tscharntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303-313.
- Morandin, L. A., and C. Kremen. 2013. Bee preference for native versus exotic plants in restored agricultural hedgerows. *Restoration Ecology* 21(1): 26-32.
- Roswell, M., J. Dushoff, and R. Winfree. 2019. Male and female bees show large differences in floral preference. *PLOS ONE* 14(4): e0214909, 1-18.

---

**COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA VARIEDAD DE TRIGO (*Triticum durum L.*)  
CIRNO C2008, CON MANEJO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL YAQUI**

---

**<sup>1</sup>Priscilla Abigail Sañudo Loustanou, <sup>1</sup>Carlos Alberto Quiñones Ramos, <sup>2</sup>Alma Angélica Ortiz Avalos y <sup>2</sup>Juan Manuel Cortés Jiménez.**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur Col Centro CP 85000. Cd. Obregón, Sonora.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Norman E. Borlaug km. 12 A.P. 155, C.P. 85000 Cd. Obregón, Sonora. Teléfono (55)387-187-00 Ext 81210. Correo: [abisanudo@gmail.com](mailto:abisanudo@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El trigo es el segundo cereal más importante en la alimentación de la población mexicana, el cual tiene un consumo per cápita de 57.4 kg al año. En el caso de este proyecto nos enfocaremos en el trigo cristalino (*Triticum durum L.*) el cual se utiliza principalmente para la elaboración de pastas; la producción de este tipo de cereal representa un 59.79% de la producción total de trigo en México con la cual se satisface el consumo nacional y además posiciona a nuestro país en el tercer lugar como exportador de dicho cereal a nivel mundial. (SAGARPA, 2017). En el año 2018 en el estado de Sonora se registró una superficie de 223,437.05 ha, de las cuales todas fueron cosechadas obteniendo un rendimiento promedio de 6.49 ton/ha. Dicha producción representa un ingreso de 5,738,794.39 de pesos para los productores agrícolas del estado (SIAP, 2018).

Debido a la gran importancia que tiene el trigo para la producción agrícola es que se debe de tomar en cuenta los factores que tienen algún efecto, ya sea positivo o negativo, en el rendimiento de dicho cultivo, para obtener mejores resultados al momento de la cosecha.

Como ya se ha visto en estudios anteriores el rendimiento del trigo es el resultado de la relación y desarrollo de los distintos componentes a lo largo del ciclo del cultivo, y a la relación entre genotipo, manejo y factores ambientales (Hall, 1980). Dicho rendimiento se puede explicar mediante un modelo simple analizando sus componentes numéricos principales por ejemplo el número de granos por unidad de superficie, la cual normalmente es por metro cuadrado, y el peso final de los mismos. Se sabe que de estos componentes el que se relaciona más con el comportamiento del rendimiento final es el número de granos producido. (Slafer y Savin, 2006; Citados por Crisóstomo, 2016). A su vez estos dos se dividen en otros componentes más simples de la siguiente manera (Slafer y Calderini, 2003):

- Rendimiento = Número de granos/m<sup>2</sup> \* Peso medio de los granos
- Granos/m<sup>2</sup> = Número de granos/espiga \* Número de espigas/m<sup>2</sup>
- Espigas/m<sup>2</sup> = Número de espigas/planta \* Número de plantas/m<sup>2</sup>
- Granos/espiga = Número de espiguillas/espiga \* Número de granos/espiguilla

Dada estas fórmulas y basándose en el esquema de relación de componentes (figura 1) se entiende entonces que el número de granos por metro cuadrado depende principalmente del número de espigas por metro cuadrado y del número de granos por espiga, los cuales a su vez

dependen de otros componentes más simples, tal es el caso del número de espigas por metro cuadrado, el cual se obtiene multiplicando el número de las plantas que se tenga por metro cuadrado por el número de espigas.

Los componentes de rendimiento por lo general están relacionados negativamente entre sí y los parámetros de estas relaciones son muy variables entre condiciones en las que se los compara. Por lo cual no es posible hacer una predicción sobre el efecto que se tendrá la manipulación de algún componente sobre el rendimiento del cultivo, ya que podría ser que otro también lo esté modificando en sentido opuesto (Slafer y Calderini, 2003).

En la figura 1 se muestran distintas comparaciones en graficas de la interacción entre dos componentes de rendimiento, presentándose en todos los casos una relación negativa, por ejemplo conforme se va aumentando el número de granos por metro cuadrado tiende a reducir el peso medio de los mismos; otro ejemplo es que al aumentar el número de plantas por metro cuadrado disminuye el número de espigas de éstas. En cada nivel de comparación la relación entre componentes es frecuentemente negativa, por lo que la certidumbre acerca de cuál sería el impacto para el mejoramiento si seleccionáramos por uno de estos componentes del número de grano por m<sup>2</sup> sería muy baja (Slafer y Calderini, 2003)

Estas discrepancias en cuanto a la esperada relación directa y positiva, de todos los componentes con el rendimiento, son manifestaciones del fenómeno conocido como efecto compensatorio entre componentes. La explicación de estos efectos se atribuye corrientemente a escasez de fotosintatos en diferentes fases del crecimiento de la planta y desarrollo de sus componentes (Slafer *et al.*, 1996; citados por Hewstone, 2003).

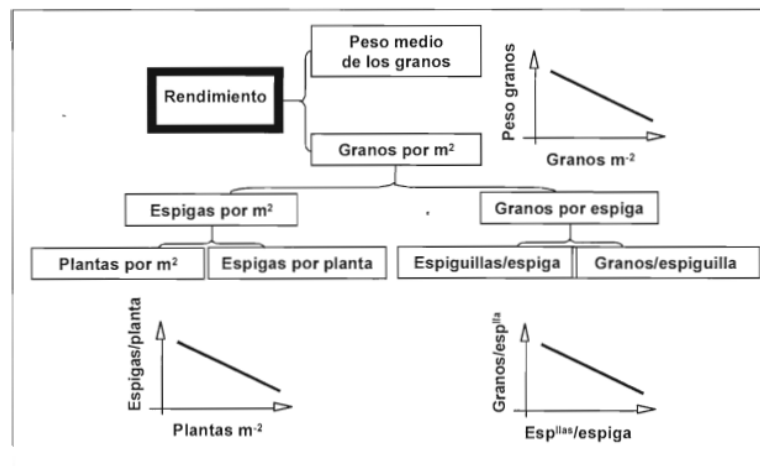


Figura 1. Esquema de determinación de los componentes del rendimiento de trigo.

La formación de cada uno de los componentes ocurre en distintos momentos en el ciclo de vida del cultivo de trigo de forma secuencial, por ello es importante conocer el momento de desarrollo de los mismos dependiendo de la etapa fenológica en la que se encuentre, para así tener conocimiento sobre el manejo cultural adecuado que se le debe dar para obtener los mejores resultados al momento de cosecharlo. Todos los componentes están relacionados entre sí y cualquier efecto adverso sobre alguno de ellos podría tener un efecto negativo sobre el rendimiento final, sin embargo, bajo ciertas condiciones la planta de trigo puede compensar el efecto negativo

sobre un componente incrementando la expresión en alguno de los otros componentes (Castillo *et al.*, Sin fecha)

El objetivo de este experimento fue evaluar la relación que tienen distintos componentes de rendimiento en el cultivo de trigo variedad CIRNO C2008 en el Valle del Yaqui para identificar cual está más relacionado con el rendimiento.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Esta evaluación se desarrolló en el Block 910 del Valle del Yaqui en el Campo Experimental Norman E. Borlaug – INIFAP durante el ciclo otoño-invierno 2018-2019. Se estableció la variedad de trigo CIRNO C2008 en un sistema de producción orgánica. Para la preparación del terreno, se realizaron tres rastreos para la reincorporación de los residuos del cultivo anterior, el cual fue cártamo. Finalmente se hizo una nivelación del terreno. La siembra se realizó el día 14 de diciembre del 2018 a dos hileras con una distancia entre hileras de 30 centímetros, en 12 surcos de 80 centímetros de ancho y una longitud de 110 metros. Se aplicó un riego de presiembra y tres riegos de auxilio durante el ciclo. La fertilización realizada fue de 10 ton/ha de composta, la cual se incorporó con un rastreo. Se realizaron dos aplicaciones para el control de pulgón con extracto de ajo y jabón de higuera. Respecto al control de maleza se realizó una escarificada entre hileras y dos deshierbes manuales.

Cuando concluyó el ciclo del cultivo se hizo la recolección de 5 muestras, haciendo un corte de un metro lineal de surco en las dos hileras de plantas. De cada corte se obtuvo un manojito, se tomó el peso de todas las muestras y posteriormente se contabilizó el número de espigas por manojito. Después se realizó la trilla de las muestras con ayuda de una trilladora estacionaria, para posteriormente pasarla a un ventilador y eliminar los residuos de paja y gluma. Seguido de esto se realizó un registro del peso del grano obtenido en cada muestra, se extrajeron 100 granos de cada una e igualmente se tomó su peso.

Una vez realizadas todas estas actividades se hicieron los cálculos para determinar los componentes de rendimiento: granos por metro cuadrado, el cual se obtuvo mediante la siguiente fórmula:  $\text{Grano/m}^2 = [(\text{peso de granos de muestra} * 100) / (\text{peso de 100 granos})] / (0.8 \text{ m})$ . Para la obtención del número de granos por espiga se utilizó la siguiente fórmula:  $\text{Granos/espiga} = (\text{número de grano/manojito}) / (\text{número de espigas})$ . La siguiente fórmula se utilizó para la obtención del número de espigas por metro cuadrado, la cual es:  $\text{Espigas/m}^2 = (\text{número de espigas por manojito}) / (0.8 \text{ m})$ . Finalmente, para la estimación del rendimiento por hectárea se tomó como dato principal el peso de grano por manojito, utilizando la siguiente fórmula:  $\text{Rendimiento/ha} = [(\text{peso de grano por manojito}) / (0.8 \text{ m})] * 10'000$ . Para obtener el rendimiento en ton/ha se realiza la división del resultado entre mil.

Ya obtenidos todos los datos de cada componente se realizó una regresión lineal con ayuda del programa Microsoft Excel para obtener el valor de relación entre dichos componentes y el rendimiento obtenido de la variedad evaluada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los datos obtenidos y las operaciones realizadas se obtuvo el rendimiento de las cinco repeticiones (cuadro 1), obteniendo un promedio de 6.97 ton ha<sup>-1</sup>. En el cuadro 1 se puede observar la diferencia de valores obtenidos entre las repeticiones uno y la quinta en los distintos componentes evaluados, por ejemplo en el caso de granos/m<sup>2</sup> existe un 83% de diferencia. Esto es debido a que existe una pendiente en el terreno de siembra, por lo que existe una mayor acumulación de agua y nutrientes conforme se ve acercando al área de la repetición uno.

Además, mediante el análisis de regresión lineal se obtuvo la relación que tienen los distintos componentes con el rendimiento obtenido de la variedad evaluada (cuadro 2).

Según los datos que se encuentran representados en el cuadro 2 se observa que de los cuatro componentes de rendimiento que se evaluaron el que tiene mayor relación con el rendimiento es el de Biomasa/m<sup>2</sup> con un valor de r igual a 0.994.

Según distintos autores como Shearman *et al.* (2005) citados por Villafaña (2013) señalan que, en ausencia de factores limitantes, existe una relación estrecha entre la producción de biomasa total y el rendimiento de grano; de igual forma, Donmez *et al.* (2001) citados por Villafaña (2013) reportaron que incrementos en el rendimiento de grano en trigo estuvieron relacionados con incrementos en la producción de biomasa total.

Cuadro 1. Resultados de estimaciones de componentes de rendimiento de la variedad CIRNO C2008. Ciclo 2018-2019.

Componente	Repeticiones				
	1	2	3	4	5
Peso de grano (kg/m <sup>2</sup> )	0.737	0.717	0.712	0.672	0.647
Peso de 100 granos (g)	5.476	5.175	5.345	5.899	5.727
Biomasa/m <sup>2</sup> (kg)	1.59	1.56	1.54	1.45	1.39
Granos/espiga	42	46	47	38	38
Granos/m <sup>2</sup>	13,468	13,865	13,330	11,400	11,306
Espigas/m <sup>2</sup>	319	304	281	301	294
Rendimiento (ton/ha)	7.375	7.175	7.125	6.725	6.475

Cuadro 2. Regresión lineal entre los componentes de rendimiento determinados y la producción de grano de trigo. Ciclo 2018-2019.

Componente	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	r
Biomasa/m <sup>2</sup>	y= 4.2644x + 0.540	0.9894	0.994
Espigas/m <sup>2</sup>	y= 0.0109x + 3.710	0.1679	0.409
Granos/espiga	y= 0.0620x + 4.352	0.5136	0.716
Granos/m <sup>2</sup>	y= 0.0005x + 0.9280	0.9320	0.965

La importancia de esta investigación, es que al igual que evaluaciones previas, la determinación de la biomasa/m<sup>2</sup>, es una práctica muy simple y se puede realizar en el mismo campo con el uso de una hoz y una báscula.

## CONCLUSIÓN

El componente que tiene mayor relación con el rendimiento de la variedad CIRNO C2008 es la biomasa por metro cuadrado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, R., Alfaro, J., Madariaga, B., Matus, R., Hirzel, I. y Vera, P. (Sin fecha). Manual de buenas prácticas para el manejo de trigo candeal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/apartado/NR40604.pdf> Consultado julio 11, 2019.
- Crisóstomo, V. (2016). Respuesta del rendimiento en cultivares de trigo de diferente largo de ciclo a través de dos fechas de siembra en el ambiente semiárido bajo riego en Santiago del Estero. Facultad de Agronomía y Agroindustrias Universidad Nacional de Santiago del Estero. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_trabajo\\_de\\_intensificacion\\_final\\_-\\_vicente\\_rolدان.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trabajo_de_intensificacion_final_-_vicente_rolدان.pdf). Consultado Julio 11, 2019.
- Villafaña, T. (2013). Producción de biomasa y rendimiento de trigo en respuesta a la fertilización nitrogenada en diferentes etapas fenológicas. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64373/MCARN%20TANIA%20LILIBETH%20VILLAFANA%20ARROYO-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Fecha de consulta 15 de julio del 2019.
- Hall, J.A. (1980). Los componentes fisiológicos del rendimiento de los cultivos. Facultad de agronomía. 1 (1) 73-86. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29262/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29262/Documento_completo.pdf?sequence=1). Fecha de consulta 11 de Julio del 2019.
- Hewstone, M. (2003). *Rediseño de componentes de rendimiento y su interacción con el manejo*. En: Seminario Internacional sobre Estrategias y Metodologías Utilizadas en el Mejoramiento de Trigo: un enfoque Multidisciplinario. M. Mohan K, M. Díaz A, M. Castro (eds). CIMMYT-INIA. La Estanzuela, Uruguay. pp. 25-26. Obtenido de: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1255/76539.pdf?sequence=1>
- SAGARPA (2018). Secretaria de agricultura y desarrollo rural. Liga: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B\\_sico-Trigo\\_Cristalino\\_y\\_Harinero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf)
- SIAP (2018). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Liga: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Slafer, G. A. y Calderini, D. (2003). Herramientas fisiológicas para el mejoramiento del rendimiento de trigo. En: Seminario Internacional sobre Estrategias y Metodologías Utilizadas en el Mejoramiento de

---

## CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EXTENSIVO CAPRINO DEL SUR DE NUEVO LEÓN.

Lorenzo Danilo Rivera-Granados<sup>1\*</sup>, Isidro Humberto Almeyda-León<sup>1</sup>, Jonathan Raúl Garay-Martínez<sup>2</sup>, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez<sup>3</sup>, Yuridia Bautista-Martínez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental General Terán, CIRNE-INIFAP. General Terán, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México.

<sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.

<sup>4</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

\*Autor de correspondencia: [dgr\\_8422@hotmail.com](mailto:dgr_8422@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El continente asiático es el principal productor de leche de cabra, allí se produce alrededor del 58 % de la leche de cabra a nivel mundial, le sigue el continente africano (25 %), europeo (14 %) y americano (3 %). En este último, México y Brasil destacan en la producción de carne y leche de cabra.

En particular, México tiene una población de cabras de alrededor de 9 millones (SIAP, 2016). Las cuales se distribuyen en 494,000 unidades de producción. La producción de carne es de alrededor de 40,000 toneladas y se producen 155 millones de litros de leche por año. De manera aproximada 250,000 familias se dedican a esta actividad de forma principal o secundaria (Aréchiga *et al.*, 2008; Orona-Castillo, *et al.*, 2014). Algo relevante desde el punto de vista social, es que la gran mayoría de las explotaciones son de pequeña escala, por lo que la caprinocultura es el principal ingreso económico de estas familias de escasos recursos económicos (Escareño *et al.*, 2013).

En las zonas áridas y semiáridas del Noreste de México (Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas) se tiene el 64 % del inventario nacional caprino (Escareño *et al.*, 2013). En estas zonas, los rebaños se integran por cabras criollas, ahora llamadas locales (Montaldo *et al.*, 2010). Allí, existe alta pobreza, escasez de agua y sequías recurrentes (González-Bulnes *et al.*, 2011). Por lo que es necesario realizar investigación dirigida a incrementar la productividad del sistema caprino, en particular del sistema extensivo, y con ello se contribuya en la mejora de la calidad de vida de las personas que dependen de este sistema de producción. Para ello, es necesario determinar las condiciones de producción, hacer caracterizaciones del sistema con los cuales se integren diagnósticos con datos actuales, y estos sirvan para la generación de políticas públicas dirigidas a apoyos a pequeños productores caprinos. Con base en estos antecedentes, el objetivo del presente estudio, fue caracterizar el sistema de producción caprino extensivo en el sur de Nuevo León.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer el estado actual de las unidades de producción se realizó un diagnóstico a través de un taller de trabajo participativo con 40 productores de cabras seleccionados por el método de “selección intencionada” o “muestreo por conveniencia” (Cassal y Matew, 2003), con el objetivo de determinar las principales limitantes y oportunidades del sistema de producción. La información de este taller se utilizó para la elaboración de una encuesta específica para caracterizar el sistema de producción. Las variables estudiadas se enfocaron en aspectos socioeconómicos, productivos, reproductivos, sanitarios y de infraestructura. La encuesta se aplicó en forma aleatoria a 140 productores. La información que se obtuvo fue analizada a través de estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínimo y máximo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caprinocultores del sistema de producción extensivo caprino del sur de Nuevo León, tienen una edad promedio de 46 años, alta experiencia en la actividad (22 años) y un bajo grado de escolaridad (Cuadro 1). Al respecto, en los sistemas extensivos de producción de caprina, la productividad está asociada a la edad del productor (Alva-Pérez *et al.*, 2019), los rebaños con productores de más edad y experiencia en la actividad producen más leche y tienen más pariciones que los de menor edad (Salinas-González *et al.*, 2016). A diferencia de otros sistemas de producción, la mayor escolaridad del productor no se refleja en una mayor producción caprina, sino que la experiencia adquirida por el productor en el tiempo, le provee de la información necesaria para incrementar la productividad de su rebaño, convirtiéndose este conocimiento, en un valor intangible de importancia para el manejo del sistema de producción.

Cuadro 1. Perfil de los caprinocultores del sistema de producción extensivo caprino del sur de Nuevo León.

Variable	Media (años)	Desviación estándar
Edad del caprinocultor	46	12.42
Experiencia en la actividad	22	11.71
Grado de escolaridad	5	4.18

En el Cuadro 2, se muestra la estructura promedio de hatos del sistema de producción extensivo caprino del sur de Nuevo León. De forma general, los hatos caprinos en Nuevo León son de tamaño menor respecto a los hatos descritos en Coahuila (81 animales) (Salinas-González *et al.*, 2016), pero similares a los hatos de Tamaulipas (62 animales) (Alva-Pérez *et al.*, 2019). Con respecto al número de sementales estos utilizan similar número que en los dos Estados antes mencionados. Sin embargo, el hecho que el número de sementales no cambiara, pero si el número de cabras, que son menores al compararlas con hatos en Coahuila, supone una ventaja para los caprinocultores de Nuevo León, y esto se refleja en el indicador de número de reemplazos, el cual

es cercano al recomendado para mantener una población saludable y sostenible (Mellado *et al.*, 2000).

Cuadro 2. Estructura promedio de hatos del sistema de producción extensivo caprino del sur de Nuevo León.

Variable	Media	Desviación estándar
Tamaño del hato	64	21.26
Número de cabras en producción	54	43.07
Número de cabras gestantes	27	14.63
Número de cabras de primer parto	14	8.21
Número de remplazos (7 a 12 meses)	19	11.74
Número de remplazos (1 a 6 meses)	6	5.36
Número de sementales	2	1.27

En el Cuadro 3, se muestra las características respecto a la actividad de pastoreo, el manejo reproductivo e indicadores productivos del sistema de producción extensivo caprino del sur de Nuevo León. La similitud con respecto al perfil productivo del sistema caprino extensivo en la zona norte de México (Escareño *et al.*, 2011, 2013), pone de manifiesto, que el manejo de los rebaños no ha cambiado de manera sustancial a través del tiempo (Salinas-González *et al.*, 2016). Lo cual puede explicarse, por una falta de adopción de tecnología, esto lleva a bajos índices productivos, reproductivos y mortalidad (Mellado *et al.*, 2000).

Cuadro 3. Características productivas en el sistema extensivo caprino del sur de Nuevo León.

Variable	Media	Desviación estándar
Actividad de pastoreo		
Distancia del recorrido del pastoreo (km)	4	3.84
Horas de pastoreo	7	2.64
Manejo sanitario		
Número de cría por parto	1.43	0.38
Porcentaje de parición	74	25.14
Relación Macho : Hembras	1 : 28	12
Productivos		
Número de cabritos por año	13	20.18
Producción de leche* (g/cabra/día)	730	285.12

\*Promedio de la producción de leche de los primeros 30 días de la lactancia.

En el Cuadro 4, se muestra la frecuencia con la que se ofrecen suplementos en la época lluviosa y seca, así como los tipos de suplementos más utilizados en el sistema extensivo caprino

del sur de Nuevo León. La alimentación es un factor que determina la producción en los sistemas de producción pecuarios. En cabras en pastoreo la calidad nutricional de la dieta depende en forma principal de la época del año (Isidro-Requejo *et al.*, 2017), la cual tendrá variaciones en el año (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2017). Por tal motivo, es necesario ofrecer a las cabras en pastoreo alimentos complementarios (Salinas-González *et al.*, 2016; Alva-Pérez *et al.*, 2019). A este respecto, un nutriente con alto déficit en las cabras en pastoreo es la energía (Mahanta *et al.*, 2012), por lo tanto, debe ser el de prioridad mayor en los programas de complementación alimenticia.

Cuadro 4. Frecuencia con que se ofrece suplemento durante dos épocas del año y tipos de suplementos en el sistema extensivo caprino del sur de Nuevo León.

Variable	Media	Desviación estándar
	(%)	
Época lluviosa	30	19.46
Época seca	74	18.79
Tipos de suplementos		
Rastrojo de maíz	60	41.76
Alimento comercial	20	13.11
Urea + Melaza	6	2.17
Bloques minerales	78	36.71

## CONCLUSIÓN

El sistema caprino extensivo del sur del Estado de Nuevo León tiene productores de una edad promedio de 46 años y 22 años de experiencia en la actividad, pastorean a las cabras en promedio 7 horas, en la temporada de seca del año ofrecen rastrojo de maíz a las cabras como suplemento alimenticio. La dieta que consume las cabras no cubre los requerimientos de energía en ninguna época del año y los requerimientos de proteína solo son cubiertos en la temporada de lluvias. Se recomienda que en la formulación de políticas públicas que busquen el incremento la productividad del sistema caprino extensivo, se considera la investigación participativa, ello contribuirá a que la adopción de tecnologías sea más contundente por los caprinocultores del norte de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alva-Pérez, J., López-Corona, L.E., Zapata-Campos, C.C., Vázquez-Villanueva J., y Barrios-García H.B. 2019. Condiciones productivas y zoonosanitarias de la producción caprina en el altiplano de Tamaulipas, México. *Interciencia*, 44: 154 – 160.
- Aréchiga, 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.

- Casal J, Matéu E. 2003. Tipos de muestreo. *Rev. Epidemiol. Med. Prevent.* 1: 3-7.
- Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., & Meza-Herrera, C. 2013. Dairy goat production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 17–34.
- Escareño, S. L. M., Wurzinger, M., Pastor, L. F., Salinas, H., & Sölkner, J. 2011. The goat and goat production systems of small-scale producers of the Comarca Lagunera, in northern Mexico. *Revista Chapingo*, 17, 235–246.
- Gonzalez-Bulnes, A., Meza-Herrera, C. A., Rekik, M., Ben Salem, H., & Kridli, R. T. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: Degenovine. K. M (Ed.), *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation* (Chapter 2, pp. 41–60). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers Inc.
- Isidro-Requejo, L.M., Maldonado-Jáquez, J.A., Granados-Rivera, L.D., Salinas-González, H., Vélez-Monroy, L.I., Chávez-Solís, A.U., Pastor-López, F.J. 2017. Suplementación pre y postparto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México. *Nova Scientia*. 9(2):134-153.
- Mahanta SK, Pailan GH, Verma NC. 2012. Nutritional status of herbage and goats under different grazing management practices on semi-arid rangeland vegetation. *Indian J. Anim. Sci.* 82: 1046-1050.
- Maldonado-Jáquez, J.A., Granados-Rivera, L.D., Hernandez-Mendo, O., Pastor-López, F.J., Isidro-Requejo, L.M., Salinas-González, H., Torres-Hernandez, 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.
- Mellado M, Vera T, Meza-Herrera CA, Ruiz F. 2000. A note on the effect of air temperature during gestation on birth weight and neonatal mortality of kids. *J. Agric. Sci.* 135: 91-94.
- Montaldo, H. H., Torres-Hernández, G., & Valencia-Posadas, M. 2010. Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Research*, 89, 155– 163.

Orona-Castillo, I., Fortis, H. M., Gallegos, R. M., Salazar, S. E., & García, H. J. 2014. Economic projection of representative production units in goat livestock at Comarca Lagunea Region, Mexico. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Sexta Época, Año XVIII. 35.

Salinas-González H., Valle Moysen E.D., de Santiago-Miramontes M.D.L.A., Veliz-Deras F.G., Maldonado-Jáquez J.A., Vélez-Monroy L.I., Torres-Hernández D., Isidro-Requejo L.M., Figueroa-Viramontes U. 2016 Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. *Interciencia* 41: 763-768.

SIAP-SAGARPA. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (Consultado 06/2019).

## CALIDAD NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ CON NOPAL FERMENTADO CON *Saccharomyces Cerevisiae*

<sup>1</sup>Herrera T.E., <sup>2</sup>González A.A., <sup>2</sup>Murillo O.M., <sup>3</sup>Pámanes C.G., <sup>2</sup>Reveles S.F.O.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana/TecNM, <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED, <sup>3</sup>CONACYT-ISIMA.  
heto99@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

Debido a las limitaciones climatológicas existentes en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, en los agostaderos se obtienen bajas producciones de forraje particularmente en la época seca. Durante esta temporada, el ganado se mantiene gracias al suministro de algunos esquilmos agrícolas, así como a prácticas de suplementación mineral, proteica y energética (Murillo *et al.*, 2014). Bajo estas condiciones de escases de forraje, los productores conservan los cultivos como el maíz y el sorgo forrajero mediante el ensilaje. Esto les permite contar con forraje disponible de buena calidad para mantener la condición corporal de los animales durante periodos de estiaje. Tradicionalmente, para incrementar la calidad nutricional de los ensilados se han utilizado aditivos como la melaza, urea, bacterias lácticas como fuentes de energía, proteína y de microorganismos, respectivamente. Con el empleo de estos aditivos se obtienen ensilados de excelente calidad nutricional. Sin embargo, su uso como mejoradores de la calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados incrementa los costos de producción. En función de su disponibilidad en la mayor parte de las tierras de agostadero, el nopal (*Opuntia spp.*), surge como una buena alternativa para la alimentación del ganado (Herrera *et al.*, 2014). El nopal se puede considerar como fuente de carbohidratos digestibles; aunque su contenido de proteína cruda es reducido (González y Díaz 2009). Sin embargo, de algunos estudios se desprende que es posible incrementar su contenido de proteína por medio de fermentación en estado sólido con el uso de levaduras (Herrera *et al.*, 2017). Con las características nutricionales así obtenidas, surge la posibilidad de evaluar el nopal como aditivo en los ensilados. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nutricional del ensilado de maíz con la adición de nopal sin fermentar y fermentado con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. El nopal forrajero variedad AV6 fue colectado de una nopalera cultivada localizada en el km 15 carretera Durango-Mezquital, Dgo., México.

#### Fermentación en estado sólido (FES) y microsilos

Las pencas de nopal se cortaron en trozos pequeños con un cuchillo de acero inoxidable y se colocaron en contenedores de plástico, donde se inocularon con *Sacharomyces cerevisiae* (1%). El proceso de FES se llevó a cabo por 48 h a 25 °C. La formulación de los ensilados se determinó por la adición de nopal como sustituto de la fracción del forraje (Tabla 1). Los microsilos se prepararon en contenedores de plástico (30 cm diámetro x 50 cm alto), a los cuales se les extrajo el aire presionando con un pequeño pistón y finalmente fueron cerrados herméticamente por 30 d.

Tabla 1. Proporción de los ingredientes en los tratamientos experimentales

(%)	T1	T2	T3
Ingredientes			
Maíz forrajero parcialmente seco	100	75	75
Nopal sin fermentar	--	25	--
Nopal fermentado	--	--	25

#### Variables fermentativas

Una vez abiertos los microsilos se evaluó pH (Hanna HI 83142), ácido láctico según Borshchevskaya *et al.* (2016), ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) mediante los procedimientos propuestos por Galyean (2010).

#### Análisis químico

Los ensilados se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C por 72 h, posteriormente se redujo el tamaño de partícula a 1 mm en un molino Wiley mil (Arthur H Thomas, Philadelphia, PA, USA). Para determinar material seco (MS) (método 934.01) y, proteína cruda (PC) (método 920.87; AOAC 1994) . El contenido de FDN y FDA fue de acuerdo a los procedimientos de Van Soest *et al.*, (1991).

#### Parámetros de fermentación *In vitro*

Un gramo de muestra fue colocada en una bolsa filtro (F-57 ANKOM), la cual se introdujo en un módulo ANKOM con solución buffer: líquido ruminal en una relación 2:1 de acuerdo con Theodorou *et al.* (1994). El líquido ruminal se obtuvo de dos becerros Brangus (450 kg) alimentados con 70% alfalfa y 30% concentrado. Las muestras se incubaron en los módulos por 24 h a 39°C. Antes de cerrar los módulos estos fueron asperjados con CO<sub>2</sub>. Después de las 24 h los módulos se abrieron y se midió el pH. Las bolsas se sacaron de los módulos, se lavaron con agua destilada y se secaron por 48 h a 65°C. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se calculó por diferencia de peso. Posteriormente, 10 ml del líquido ruminal contenido en los módulos fueron centrifugados a 3,000xg por 5 min; de los cuales se tomaron dos submuestras de 500 µl, una de ellas se acidificó con 150 µl de ácido metafosfórico al 25% para determinar ácidos grasos volátiles y otros 150 µl fueron acidificados con ácido sulfúrico al 50% v/v para determinar N-NH<sub>3</sub> (Galyean, 2010).

#### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando los procedimientos GLM de SAS (2009). Las medias fueron comparadas con la prueba de rango múltiple de Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química

Los contenidos de MS, PC, FDN y FDA fueron diferentes entre tratamientos ( $p < 0.05$ ; Tabla 2). La adición de nopal (T2) disminuyó 12% el contenido de MS en comparación con T1. Esta reducción puede explicarse debido a un aumento en el contenido de agua como parte del proceso de fermentación (Kunkle *et al.*, 2006). Por lo contrario, los valores de MS registrados en T2 y T3 estuvieron dentro del rango propuesto como aceptable para ensilaje de buena calidad (NRC, 2001). Por su parte, Jiménez *et al.* (2016) registraron valores de MS similares a este estudio (34% y 43.4%) en el ensilaje de maíz.

La inclusión de nopal fermentado (T3) aumentó el contenido de PC 11% en comparación con T1. Estos cambios se atribuyen directamente al proceso FES de nopal y la incorporación de la proteína celular de *S. cerevisiae*. Así mismo, López (2012) registró un 6.9% de PC en ensilaje de nopal, mientras que Cürek y Ozen (2004) obtuvieron un 3.5% de PC, que son más bajos que los valores obtenidos en este estudio.

El contenido de FDN fue menor en T2 en comparación con T1 y T3 ( $p < 0.05$ ). La disminución en el contenido de FDN pudo haber ocurrido por la hidrólisis de hemicelulosa que se produce durante la fermentación del ensilaje. En esta etapa, las pentosas se liberan y pueden fermentarse en ácido láctico y ácido acético (McDonald *et al.*, 2002). No existen trabajos que reporten la concentración de FDN, sin embargo, Britos *et al.* (2007) registró concentraciones mayores en ensilados de pasto ensilado de pasto enriquecido con bacterias lácticas. Sin embargo, Mciteka (2008) registró una menor concentración de FDN en el ensilaje de nopal. Por el contrario, la concentración de la FDA aumentó un 6% en T3 en comparación con T1. A pesar de la variación en los contenidos de FDN y FDA entre los tratamientos experimentales, estos cambios no afectaron la digestibilidad ( $p > 0.05$ ).

Tabla 1. Composición química del ensilaje elaborado con nopal.

	T1	T2	T3	EEM
Materia seca (%)	42.0±0.29 <sup>a</sup>	37.2±0.11 <sup>b</sup>	36.2±0.17 <sup>c</sup>	0.14
Proteína cruda (%)	6.2±0.55 <sup>b</sup>	5.9±0.05 <sup>b</sup>	6.9±0.19 <sup>a</sup>	0.08
Fibra detergente neutra (%)	53.2±2.31 <sup>a</sup>	49.1±1.00 <sup>b</sup>	56.7±0.35 <sup>a</sup>	1.20
Fibra detergente acida (%)	23.6±0.06 <sup>b</sup>	23.7±0.31 <sup>b</sup>	25.3±0.11 <sup>a</sup>	0.16
Digestibilidad de la materia seca (%)	61.8±2.44	63.7±1.63	61.1±1.01	1.46

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ( $P < 0.05$ ). EEM=error estándar de la media, n=3.

### Parámetros de fermentación del proceso de ensilaje

Los valores de pH fueron diferentes entre tratamientos ( $p < 0.05$ , Tabla 3). Los valores de pH fueron 10.8% más bajos en T2 con respecto a T3. Los valores de pH registrados en esta investigación están dentro del rango aceptable (3.5 a 5). Estos valores sugieren que la fermentación y, en consecuencia, los procesos de conservación se llevaron a cabo adecuadamente. Según Ben Salem y Abidi (2009), el proceso de fermentación del nopal se atribuye a un mayor contenido de azúcares. Además, Gusha *et al.* (2013) obtuvieron valores similares en pH en ensilado de higo chumbo y legumbres.

Por otro lado, la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) fue diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ , Tabla 3). La inclusión de nopal en T2 aumentó 14% la concentración



de N-NH<sub>3</sub>. Cürek y Ozen (2004) registraron valores similares a los valores obtenidos en este estudio. Sin embargo, estos resultados fueron inferiores a Mokoboqui *et al.* (2016) en ensilaje de nopal (49.5 g / kg MS. Las proteínas pueden pasar por una desaminación cuando se agrega nopal al ensilaje debido a una reducción en el contenido de FDN. Presumiblemente, los microorganismos pueden favorecer la degradación de las proteínas cuando las fracciones de fibra se reducen al aumentar la adhesión de los microorganismos al sustrato (Berumen *et al.*, 2015).

Tabla 2. Parámetros de fermentación de ensilados de maíz adicionados con nopal y nopal fermentado.

	T1	T2	T3	EEM
pH	4.3±0.01 <sup>ab</sup>	4.1±0.01 <sup>b</sup>	4.6±0.09 <sup>a</sup>	0.05
N-NH <sub>3</sub> (g/kg MS)	1.4±0.01 <sup>b</sup>	1.6±0.01 <sup>a</sup>	1.1±0.01 <sup>c</sup>	0.03
Ácido láctico (g/kg MS)	27.5±1.35 <sup>c</sup>	33.7±0.36 <sup>b</sup>	41.9±0.68 <sup>a</sup>	0.73
Ácido acético (% MS)	0.7±0.26 <sup>b</sup>	0.9±0.00 <sup>a</sup>	0.8±0.02 <sup>b</sup>	0.01
Ácido propiónico (%MS)	3.5±0.01 <sup>b</sup>	4.0±0.006 <sup>a</sup>	4.0±0.02 <sup>a</sup>	0.01
Ácido butírico (% MS)	0.01±0.002 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.003 <sup>b</sup>	0.00 1

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias (P<0.05). MS= materia seca, EEM=error estándar de la media. N-NH<sub>3</sub> =nitrógeno amoniacal, n=3.

La concentración de ácido láctico (LA) fue diferente entre tratamientos (p <0.05, Tabla 3). El ácido láctico es el producto más deseable del proceso de fermentación. Se produce principalmente por el catabolismo bacteriano de los carbohidratos. Las bacterias lácticas ofrecen una alta tolerancia a valores de pH bajos y pueden crecer cómodamente con valores que van de 4.0 a 6.8. Los valores reportados en esta investigación están dentro de este rango. Por su parte Mokoboki *et al.* (2016) y Mciteka (2008) registraron 46.5 y 74 g/Kg MS de ácido lactico en ensilajes de nopal, respectivamente, los cuales son mayores a los obtenidos en este estudio.

Los ácidos grasos volátiles (AGV) presentaron diferentes valores entre los tratamientos (p <0,05). Esta investigación mostró valores más bajos de ácido acético que los reportados por Isnandar *et al.* (2010) en ensilaje con inóculo de bacterias lácticas. Este resultado sugiere una alta producción de ácido láctico a bajos valores de pH, seguido de un agotamiento constante de la fermentación debido a los clostridios que producen ácido acético y ácido butírico (Hafner *et al.*, 2013). Los ensilajes con nopal y nopal fermentado produjeron más ácido propiónico que el ensilaje de maíz únicamente. Además, los valores obtenidos en este trabajo fueron inferiores a los registrados por Mciteka (2008), pero superiores a los resultados presentados por Vendramini *et al.* (2010). Además, todos los tratamientos presentaron valores más bajos de ácido butírico, lo que sugiere una fermentación adecuada. Por su parte, Cürek y Özen (2004) obtuvieron concentraciones más altas de ácido butírico. Cabe destacar que los resultados obtenidos en esta investigación indican una buena calidad en los ensilajes experimentales, ya que ofrecen mayor contenido de ácido láctico y valores reducidos de ácido butírico.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que la inclusión de nopal fermentado en ensilados de maíz mejora su calidad nutricional, por lo tanto, pueden considerarse como un alimento alternativo en la alimentación del ganado.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1994 Official Methods of Analysis. Vol. II 16th Edition association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland. Chapter 32:24-32.
- Ben Salem, H. and Abidi, S. 2009. Recent advances of the potential use of *Opuntia* spp. In livestock feeding. *ISHS Acta Horticulturae*. 811:317-326.
- Berumen, H.L., Páez, J., Soto, N.O., Murillo, M., Herrera, E. and Muro, A. 2015. Chemical composition, in vitro gas production and energy value of prickly pear fermented with and without *Kluyveromyces marxianus*. *J. Bio Sci. Biotechnol.* 4:3:359-364
- Borshchevskaya, L.N., Gordeeva, T.L., Kalinina, A.N., and Sineokii, S.P. 2016. Spectrophotometric Determination of Lactic Acid. *Journal of Analytical Chemistry*. 71:755-758.
- Britos, A., Repetto, J., Garcíarena, D. and Cajarville, C. 2007. Efecto del suero de queso como aditivo de ensilajes de pastura sobre la conservación, los azúcares solubles y la producción de gas in vitro. *Agrociencia XI*: 2:72-77.
- Cürek, M. and Özen, N. 2004. Feed Value of cactus and cactus silage. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 28:633-638.
- Galyean, M.L. 2010. Laboratory Procedures for Animal Nutrition Research, 14th edn. Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University, Lubbock, Texas. Available at: [https://www.dpts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab\\_man.pdf](https://www.dpts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab_man.pdf).
- González, C.P., Díaz, F.M. 2009. Fermentación alcohólica del lactosuero por *Kluyveromyces marxianus* y solventes orgánicos como extractantes. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 29: 110-116.
- Gusha, J., Katsande, S., Zvinorova, P.I. and Ncube, S. 2013. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus-indica*) legume mixed silage. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 3:2:116-120.
- Hafner, S.D., Howard, C., Muck, R.E., Franco, R.B., Montes, F., Green, P.G., Mitloehner, F., Trabue, S.L. and Rotz, A.C. 2013. Emission of volatile organic compounds from silage: Compounds, sources, and implications. *Atmospheric Environment*, 77 827-839.
- Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Soto-Cruz, N.O. and Páez-Lerma, J.B. 2017. Protein Enrichment of *Opuntia Ficus-indica* using *Kluyveromyces marxianus* in solid-state fermentation. *Ciencia e Investigación Agraria*. 44:113-120.
- Herrera, T.E., Murillo, O.M., Berumen, L., Páez, J. y Villarreal, G. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y *Kluyveromices marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, UJED. Durango, Dgo, México.*
- Isnandar, Utomo, R., Chuzaemi, S., Sutariningsih. and Yusiati, L.M. 2010. The role of lactic acid bacteria on silage duration process and rumen content silage quality. *The 5th International Seminar on Tropical Animal Production Community Empowerment and Tropical Animal Industry, Yogyakarta, Indonesia*. 19-22
- Jiménez, L.D., Romo, R.J., Flores, A.L., Ortiz, L.B. y Barajas, C.R. 2016. Edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco asgrow-7573. *Abanico Veterinario*. 6:3:13-23. ISSN 2448-6132.
- Kunkle, W.E., Chambliss, C.G., Adesogan, A.T. and Adjei, M.B. 2006. Silage Harvesting, Storage, and feeding. *Florida forage handbook*. Univ of Florida.
- López, H.P. 2012. Suplementación con ensilado de nopal (*Opuntia* spp.) en caprinos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencia Animal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- McDonald, P., Edwards, R.A. and Greenhalgh, J.F. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Edition. Longman, London and New York. 543 p.

- Mciteka, H. 2008. Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus-indica* var. *fusicalis* cladode silage. Thesis Magister scientiae agriculturae.
- Mokoboki, K., Sebola, N. and Matlabe, G. 2016. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. *J. of Anim. and Plant Sci.* 3:4488-4495.
- Murillo, O.M., Herrera, E., Reyes, O. and Carrete, F. 2014. Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahuan desert rangeland. *Livestock Science.* 165:61-65.
- NRC. Nutrient Requirements of dairy cattle. 2001. The National Academic Press. Washington, D.C. 284:13-21 ISBN 0-30906997-1.
- SAS 2009. SAS Users Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S. and McAllan, A.B. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 48, 185-197
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal Dairy Science.* 74:35-83.
- Vendramini, J.M.B., Desogan, A.A., Silveira, M.L.A., Sollenberger, L.E., Queiroz, O.C.M. and Anderson, W.F. 2010. Nutritive value and fermentation parameters of warm season grass silage. *The Professional animal scientist.* 26:193-200.

---

## **LA CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CÁSCARAS DE TUNA DEPENDE DEL SUMINISTRO DE AGUA Y EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO**

**Mayra Denise Herrera, Jorge Artemio Zegbe Domínguez, Valentín Melero Meráz,  
Raquel Karina Cruz Bravo**

**INIFAP Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales,  
Zacatecas. C.P. 98500. e-mail: herrera.mayra@inifap.gob.mx**

### **INTRODUCCION**

En las últimas dos décadas, la tuna ha ganado creciente atención por sus propiedades nutricionales y nutracéuticas, y se considera como una buena fuente de minerales, proteína y fibra dietaria (Feugang et al., 2006). A nivel mundial, la popularidad de la tuna se ha incrementado notablemente, considerando conveniente diversificar los mercados y aprovechar al máximo sus propiedades funcionales. Se ha reportado que el procesamiento de esta fruta resulta en la acumulación de una gran cantidad de bioproducto (cáscara) el cual pudiera ser aprovechado como una fuente de macronutrientes (Kamel et al 2000). Por otro lado, el proceso de producción, y por tanto el suministro de agua, se ha reportado como un factor importante en la síntesis de una gran cantidad de fitoquímicos (Figuroa et al., 2014). Adicionalmente, el tratamiento o almacenamiento postcosecha se ha relacionado con alteraciones en la concentración de metabolitos, como los polifenoles y los carbohidratos no digeribles (Külen et al., 2013). En este sentido, algunos estudios realizados con la conservación de la tuna han reportado uno de los principales problemas del procesamiento pos cosecha es la pérdida de fitoquímicos y la deshidratación. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la concentración de fibra dietaria y almidón resistente de cáscaras de tuna producidas bajo el sistema de temporal y riego y posterior almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración, en comparación con el procesamiento en fresco de los frutos.

### **MATERIALES Y METODOS**

El experimento se estableció en Pinos, Zac., con productores cooperantes, en el ciclo agrícola 2018. Los tratamientos fueron árbol irrigado y árbol de temporal con cuatro repeticiones. Para el análisis se cosecharon seis frutas al azar en madurez fisiológica por cada repetición y tratamiento. El diseño experimental se estableció de la manera descrita por triplicado. El procesamiento de las frutas consistió en lo siguiente: se tomó la cáscara de frutas frescas las cuales se almacenaron a -70 °C por 24 h y posteriormente se deshidrataron por liofilización. Subsecuentemente, tunas de riego y temporal se almacenaron a temperatura ambiente y en refrigeración (4 °C) hasta el registro de pérdida de peso del 8%, después de esto, se repitió el proceso de deshidratado. Las muestras se molieron en un molino doméstico (KRUPS) y se almacenaron en bolsas con cierre hermético hasta su análisis.

El contenido de fibra dietaria total (FDT) y sus fracciones soluble (FDS) e insoluble (FDI) se determinó con el kit: Total Dietary Fiber Assay Kit (Sigma-Aldrich, Missouri, USA), que

consiste en una combinación de métodos gravimétricos y enzimáticos. A partir de la fracción insoluble de la fibra dietaria total, se realizó la cuantificación de almidón resistente usando como control una solución de glucosa (0-0.98 mg/mL); la concentración final de glucosa se determinó mediante un kit GOD-PAP (Randox Laboratories Ltd., UK). El almidón resistente se calculó como glucosa (mg) x 0.9 (Saura-Calixto et al. 1993). Los datos se reportaron como 100 mg por gramo de peso fresco de cáscara de tuna.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se puede observar que en general la concentración de fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble se puede conservar en alta concentración según el almacenamiento, en este sentido, el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración permitieron la mayor concentración de todas las variables evaluadas con respecto a los carbohidratos no digeribles (Tabla 2). A excepción de la fibra dietaria soluble (FDS), se registró la máxima concentración de fibra dietaria en la cáscara de tunas obtenidas de árboles sometidos a temporal y almacenadas bajo refrigeración, con un incremento del 6 % y 33 % de fibra total (FDT) e insoluble (FDI), respectivamente, en comparación con las cáscaras de tunas obtenidas del riego.

Diferentes estudios han relacionado la incidencia del estrés hídrico con aumentos en la concentración de fibra, particularmente insoluble, en diversos cultivos; esto pudiera estar relacionado con alteraciones en componentes de la pared celular o la acumulación de especies reactivas de oxígeno (Zheng et al., 2014). En todos los casos se encontró un efecto de interacción entre los niveles de ambos factores evaluados ( $p < 0.0001$  para FDT y FDI, y  $p = 0.0010$  para FDS).

Tabla1. Concentración de carbohidratos no digeribles (g/100 g) en cáscara de tunas cultivadas bajo diferentes condiciones de humedad en el suelo, y almacenamiento postcosecha.

Tratamiento de humedad	Almacenamiento	Fibra dietaria total	Fibra dietaria soluble	Fibra dietaria insoluble	Almidón resistente
Riego	Fresco	12.02 ± 0.61 c	4.39 ± 0.38 d	7.63 ± 0.34 d	2.47 ± 0.41 b
	TA	33.32 ± 0.83 a	16.94 ± 0.50 a	16.38 ± 0.10 bc	0.87 ± 0.17 c
	Refrigeración	31.45 ± 0.90 a	14.09 ± 1.03 b	17.36 ± 0.26 b	0.66 ± 0.12 c
Temporal	Fresco	8.34 ± 0.76 d	3.97 ± 0.52 d	4.37 ± 0.29 e	3.50 ± 0.09 a
	TA	28.80 ± 1.32 b	13.54 ± 1.06 b	15.26 ± 1.04 c	3.62 ± 0.31 a
	Refrigeración	33.43 ± 1.91 a	10.33 ± 0.84 c	23.11 ± 1.70 a	0.89 ± 0.28 c

Los datos se muestran como la media ± la DE. Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey. TA, temperatura ambiente.

En la Figura 1A se puede observar que la interacción es mayormente evidente entre el efecto de la refrigeración y el almacenamiento a temperatura ambiente, es decir, cuando las tunas del temporal están expuestas a una baja temperatura durante su almacenamiento,

se inducirá mayor concentración de FDT, mientras que menor concentración se cuantificará al ser almacenada a temperatura ambiente, contrariamente a lo que sucede cuando las tunas son colectadas de árboles producidos bajo el sistema de riego.

En cuanto a la interacción que se observó para la concentración de FDS, la Figura 1B ilustra un efecto menos evidente entre factores. Por otro lado, resulta interesante que la fracción insoluble de la fibra tiene una tendencia muy similar que la observada para la FDT (Figura 1C).

En cuanto al contenido de la porción de almidón resistente de la fibra insoluble, se observó que independientemente del tipo de almacenamiento o el análisis en fresco, la concentración de almidón resistente es mayor cuando las tunas se obtienen de árboles producidos en temporal. Se observó un efecto de interacción significativo ( $p < 0.0001$ ) entre el tipo de almacenamiento y el suministro de humedad del suelo (Figura 1D).

Tanto en cáscara de tunas del temporal, como en aquellas que pertenecían al riego, la concentración de almidón resistente fue menor por efecto del almacenamiento en refrigeración. Adicionalmente se puede mencionar que a pesar de que el efecto del almacenamiento a temperatura ambiente es ligeramente mayor (3 %) en tunas del temporal, con respecto al valor obtenido de frutas frescas, al cuantificar la concentración de almidón resistente de cáscaras de frutas del riego, el efecto es contrario, habiendo mayor almidón resistente en las cáscaras de las frutas frescas.

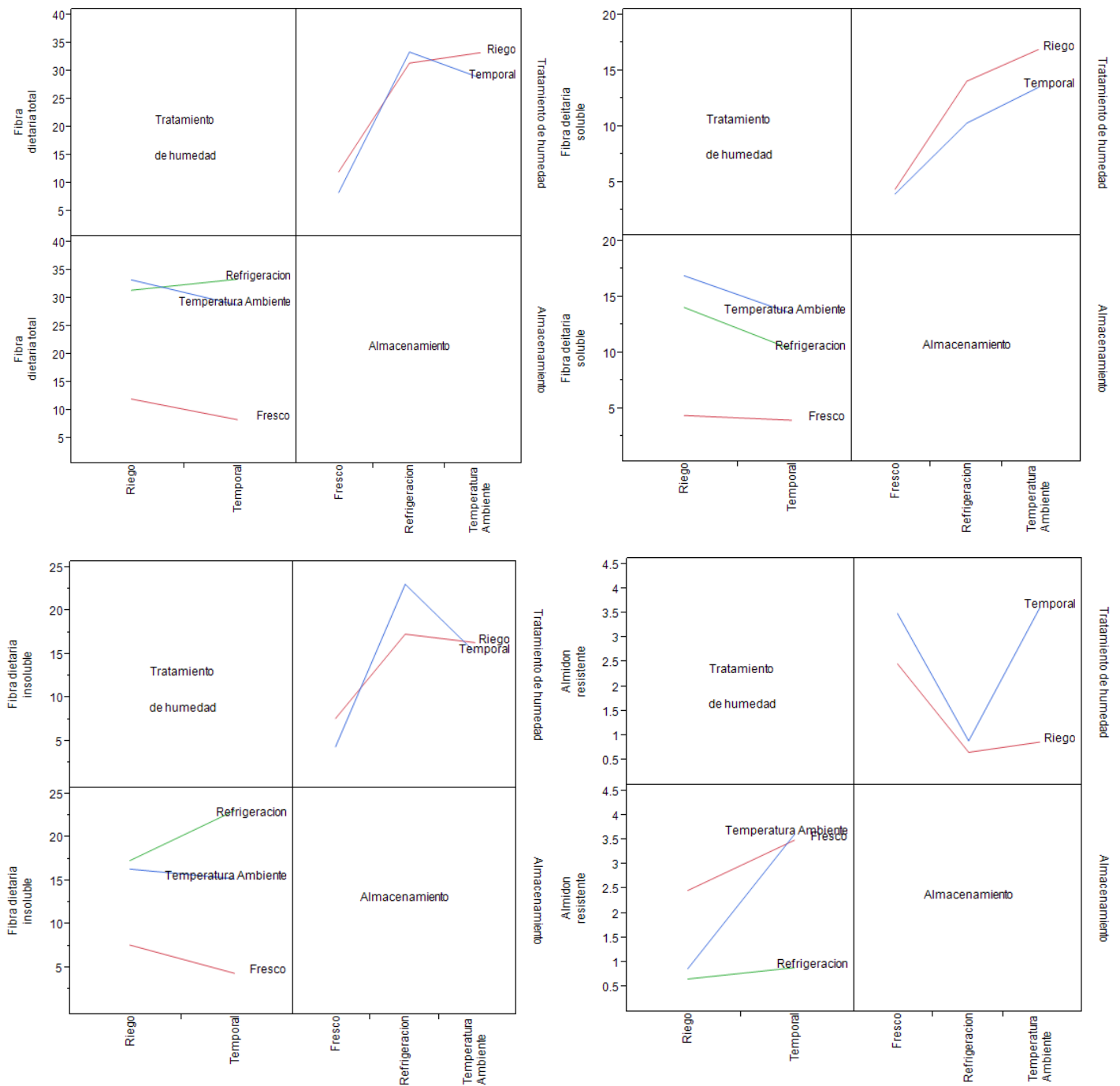


Figura 1. Gráfica de interacción entre los tratamientos de humedad y el almacenamiento, sobre la concentración de Fibra dietaria total, soluble, insoluble y almidón resistente de cáscaras de tuna.

## CONCLUSIONES

El efecto del suministro de agua y el almacenamiento postcosecha son de amplia importancia para la síntesis de carbohidratos no digeribles en la cáscara de tuna, existiendo un efecto de interacción entre ambos factores. La cantidad de agua de la que dispone el nopal tunero es de importancia para la activación de las rutas metabólicas involucradas en la síntesis de carbohidratos, cuando el suministro de agua equivale a un déficit la síntesis de almidón será mayor en comparación a la cantidad de agua suministrada bajo riego. Además, resulta importante mencionar que la síntesis de fibra dietaria y sus fracciones soluble e insoluble es ampliamente dependiente del tratamiento postcosecha, en lo que condiciones de almacenamiento respecta. En base a estos resultados resulta indispensable continuar con la evaluación de metabolitos de diferente naturaleza y llevar la evaluación de las cáscaras de tuna a modelos in vivo.

## BIBLIOGRAFIA

- Feugang, J.M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F.C., Zou, C., 2006. Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruit. *Front. BioSci.* 11, 2574–2589.
- Figuroa-Pérez, M.G., Rocha-Guzmán, N.E., Pérez-Ramírez, I.F., Mercado-Silva, E., Reynoso-Camacho, R. (2014). Metabolite profile, antioxidant capacity, and inhibition of digestive enzymes in infusions of peppermint (*Mentha piperita*) grown under drought stress. *Journal of Agricultural and Food Science*, 62: 12027-12033.
- Kamel, B. S., & Kakuda, Y. (2000). Fatty acids in fruits and fruit products. In C. K. Chow (Ed.), *Fatty acids in foods and their health implications* (2nd ed.) (pp. 239–270). New York: Marcel Dekker.
- Külen O., Stushnoff C., Holm D.G. (2013) Effect of cold storage on total phenolics content, antioxidant activity and vitamin C level of selected potato clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 2437-2444.
- Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., Mañas, E. (1993). Resistant starch in foods: modified method for dietary fiber residues. *Journal of Food Science*. 58: 642-643.
- Zheng M, Meng Y, Zhou Z, Wang Y, Chen B. 2014. Protein expression changes during cotton fiber elongation in response to drought stress and recovery. *Proteomics* 14, 1776-1995.



## CONTROL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE), POR MEDIO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN YUCATÁN, MÉXICO

Juan Jasso Argumedo<sup>1\*</sup>, Cristina Ivet Chan Jiménez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental “Mocochá”, Km 25, carretera Mérida-Motul, Mocochá, Yucatán. CP. 97454.  
[jasso.juan@inifap.gob.mx](mailto:jasso.juan@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCION

El psílido *Diaphorina citri* radica es el vector de la bacteria Gram negativo *Candidatus Liberibacter*, agente causal de una de las enfermedades más destructivas de los cítricos el huanglongbing o greening (Bové 2006) y está restringida al floema de las plantas hospederas, de la que se conocen actualmente tres especies: *C. Liberibacter asiaticus*, ampliamente distribuida en los países asiáticos, *C. Liberibacter africanus*, registrada en los países africanos y *C. Liberibacter americanus*, presente en Brasil y Asia (Bové, 2008). Esta enfermedad fue detectada por primera vez en el Cuyo municipio de Tizimín, Yucatán, en el mes de julio del 2009 (SENASICA, 2010). La dinámica de poblaciones del psílido asiático está asociada a la presencia de brotes vegetativos tiernos en los árboles de cítricos, debido a que en esos órganos es donde las hembras ovipositan y sus estados inmaduros se desarrollan. Los adultos pueden estar presentes alimentándose de brotes tanto tiernos como maduros (Robles *et al.*, 2010).

El control biológico es una estrategia que juega un papel importante en la reducción de la densidad de población de plagas agrícolas (Quereshi & Stansly 2009), además de que implementar su uso coadyuvaría a disminuir el deterioro ambiental ocasionado por las aplicaciones constantes de agroquímicos. Los hongos entomopatógenos han demostrado ser agentes potenciales en el control microbioal de artrópodos (Goettel *et al.* 2000). De los diferentes microorganismos empleados, los hongos tienen mecanismos de invasión únicos que les permiten atravesar de forma directa la cutícula o la pared del tracto digestivo de los insectos, lo que los hace excelentes agentes de control biológico actuando como insecticidas de contacto (Charnley y Collins, 2007).

Hasta el momento se han descrito más de 750 especies de hongos entomopatógenos y el aislamiento de nuevas cepas continúa. Dentro de los más utilizados a nivel mundial se encuentran *Metarhizium anisopliae* (33.9%), *Beauveria bassiana* (33.9%), *Isaria fumosorosea* (antes *Paecilomyces fumosoroseus*) (5.8%) y *Beauveria brongniartii* (4.1%) (De Faria y Wraight, 2007). El objetivo final de esta investigación fue determinar la eficiencia de dos especies de hongos entomopatógenos en diferentes formulaciones para estimar el control de *Diaphorina citri* bajo condiciones de invernadero.

### MATERIALES Y METODOS

*Ubicación del área de estudio.* El trabajo consistió en la evaluación de tres cepas de *Isaria fumosorosea* y una de *Metarhizium anisopliae*, bajo condiciones de invernadero ubicado en el campo experimental “Mocochá” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el km. 25 antigua carretera Mérida-Motul,

Mocochá, Yucatán, comprendido entre los paralelos 21° 06' 17.64" de latitud norte y 89° 26' 18.16" de longitud oeste.

*Adecuación o caracterización del invernadero.* En fechas previas al establecimiento de los trabajos se adecuó el invernadero colocando una malla sombra 80% menos luz y nebulizadores para favorecer las condiciones ambientales (incremento de la humedad relativa y la reducción de la temperatura al interior del invernadero) todo esto para favorecer la esporulación de los hongos entomopatógenos e incrementar su acción patógena sobre *Diaphorina citri*. *Aspersión de los hongos entomopatógenos sobre ninfas y adultos de Diaphorina citri.* La aplicación de los hongos entomopatógenos se realizó en un invernadero del INIFAP Mocochá, Yucatán. Se establecieron tres experimentos consecutivos con un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos incluyendo al testigo y seis repeticiones. Los tratamientos fueron la cepa de *Metarhizium anisopliae* (Ma59) y de *Isaria fumosorosea* (Pf15, Pf17, Pf21) y al testigo se le aplicó agua.

Previa a la aplicación se realizó un muestreo inicial para conocer el nivel de infestación del psílido y la incidencia de enemigos naturales. Los preparativos del experimento empezaron a las 18:30 horas midiendo el pH reduciendo con ácido sulfúrico de 7.18 a 6.0, esto se realizó con ayuda de un potenciómetro, se utilizaron bombas manuales de 5 L para la aspersión de los tratamientos, Por cada tratamiento se preparó una suspensión a una concentración  $1 \times 10^7$  conidios/ml, 5ml/por bomba de aceite mineral, 2ml/por bomba de adherente LI 700; la aplicación fue una aspersión a punto de rocío, se empezó a las 19:10 horas con la intención de proporcionar las condiciones ambientales más apropiadas para los conidios. Después de la aspersión de los tratamientos se procedió a seleccionar 30 brotes con mayor infestación, estos tenían que ser libres de hormigas y enemigos naturales y se cubrieron con bolsas de organdí para evitar alteración en los resultados. El término del experimento fue a las 20:10 horas del mismo día. Se realizó una pre-evaluación a las 48 horas después de la aplicación, esta fue el 20 de abril del 2012, se escogieron diez brotes no seleccionados de cada uno de los tratamientos aplicados para observar la mortalidad causada en este tiempo.

La evaluación de mortalidad se realizó seis días posteriores a la aplicación. Los 30 brotes seleccionados se dividieron en grupos de cinco brotes para obtener seis repeticiones en total. En la evaluación de la mortalidad se separaron las ninfas y adultos vivos y muertos en cajas petri diferentes, se les colocó papel filtro húmedo y en la población viva se colocaba un brote dentro de la caja Petri para la alimentación de los insectos, cada una de las cajas Petri se etiquetó con el número de repetición, ninfas o adultos vivos/muertos y la fecha. Posteriormente a los seis días de la evaluación de la mortalidad se evaluó la micosis de las cajas Petri, lo cual se utilizaron fotografías macroscópicas del hongo para su identificación morfológica externa guiados con el manual Metodología Para Evaluar Hongos Entomopatógenos Contra el psílido asiático De Los Cítricos *Diaphorina Citri* (Hemiptera: Psyllidae). Al término del experimento se realizó un muestreo final para conocer el nivel de infestación y la incidencia de los enemigos naturales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los hongos entomopatógenos tuvieron una mortalidad de individuos del psílido asiático de los cítricos que varió de 39.8 a 58.8 en el experimento 1, de 42.9 a 54.7 en el experimento 2, y de 33.5 a 52.3 en el experimento 3. En forma global, la cepa Ma59 tuvo la mayor mortalidad en los tres experimentos con 55%, seguida de la cepa Pf15 con 50.2%, la Pf 21

tuvo una mortalidad de 46.8% y Pf17 con 43.1%. El tratamiento testigo tuvo una mortalidad global de 0.6%.

Cuadro 1. Mortalidad de *Diaphorina citri* en tres experimentos.

Hongo	Cepa	Mortalidad (%)		
		Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf21	58.8 a	48.2 a	33.5 b
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Ma59	58.4 a	54.7 a	51.8 a
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf15	45.2 ab	53.0 a	52.3 a
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf17	39.8 b	42.9 a	46.6 a
Testigo	Agua	01.45 c	00.2 b	00.00 c

La mortalidad relacionada por el porcentaje de individuos con desarrollo de micosis se redujo a 19.9 en la cepa Pf17, 21% en la cepa Pf21, a 22.8% en la Pf15 y a 26.1 % en la cepa Ma59.

Cuadro 2. Mortalidad de *Diaphorina citri* en tres experimentos con desarrollo de micosis.

Hongo	Cepa	Mortalidad (%)		
		Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf15	23.21 a	24.28 b	21.02 b
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Ma59	15.86 a	33.79 a	28.65 b
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf21	12.37 ab	27.35 ab	23.14 ab
<i>Isaria fumosorosea</i>	Pf17	11.45 b	28.97 ab	19.14 a
Testigo	Agua	0.00 c	00.00 c	0.00 c

La aplicación de hongos entomopatógenos provoca mortalidad en los individuos de *Diaphorina citri*, al parecer con diferente intensidad según la condición ecológica, ya que la mortalidad obtenida en Yucatán fue menor a la reportada en Colima por Mellin-Rosas et al., 2011; en Huejutla, Hidalgo (Alvarado-Martinez et al., 2012; también fue menor a la obtenida en Tamaulipas por Varela-Fuentes et al., 2012;

---

## CONCLUSIONES

Las cepas que resultaron con una mayor mortalidad promedio en los tres experimentos fueron las cepas Ma59 y la Pf15. Las cepas Ma59 y la Pf15 obtuvieron los porcentajes más elevados de desarrollo de micosis, sin embargo, estos porcentajes son muy bajos para utilizarse estas cepas como un medio para la reducción de poblaciones del psílido asiático de los cítricos, bajo las condiciones ecológicas del estado de Yucatán.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarado-Martínez M., Arroyo-Cruz E., Mellín-Rosas M. A., Arredondo-Bernal H. C. Evaluación de hongos entomopatógenos para el control del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector del HLB en Huejutla, Hidalgo, México. pp 347-351. En: Memoria del 3º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Diciembre de 2012. Veracruz, Veracruz, México.
- Bové JM, Teixeira DC, Wulff NA, Eveillard S, Saillard C, Bassanezi RB, Lopes SA, Yamamoto PT & Ayres AJ (2008) Several Liberibacter and Phytoplasma species are individually associated with HLB. Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing, Orlando, p.152-155.
- Bové JM. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease in citrus. J Plant Pathol 2006; 88:7-37.
- Charnley, A.K., S.A. Collins, 2007. Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: Kubicek, C.P., I.S. Druzhinina (eds.), Environmental and Microbial Relationship. The Mycota IV. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 159-187.
- De Faria, M., S. Wraight, 2007. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biological Control 43:237-256.
- Goettel, M.S., G.D. Inglis & S.P. Wraight. 2000. Fungi, pp 255-282. In: L.A. Lacey and H.K. Kaya (eds.), Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Klumer Academic Publisher. Printed in the Netherland.
- Mellín-Rosas, M. A., Hernández-Betancourt I., Nuñez-Camargo M. C., Arredondo-Bernal H. C. 2011. Efectividad de hongos entomopatógenos en el control del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en Colima. pp 367-372. En: Memoria del 2º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Diciembre de 2011. Montecillo, Texcoco, Edo. De México, México.
- Qureshi, J.A. & P.A., Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. Biological Control 50: 129-136.
- Robles G.M., Velázquez M.J., Manzanilla R.M., Orozco S. M. Flores V.R y Medina U.V. 2010. Diseminación del Huanglongbing en la zona productora de limón mexicano del estado de Colima. III Simposio Nacional y II Simposio Internacional de Bacterias Fitopatógenas". Guadalajara, Jalisco, México.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2010). <http://www.senasica.gob.mx/>
- Varela-fuentes S. E., Ramírez-Balboa O. F., Varela-González F., López-Santillán J. A., Mellín-Rosas M. A., Arredondo-Bernal H. C. 2012. Validación de la efectividad biológica de hongos entomopatógenos en dos épocas de aplicación para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama en naranjo Valencia. pp 360-363. En: Memoria del 3º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Diciembre de 2012. Veracruz, Veracruz, México.

## COMPORTAMIENTO FORRAJERO DE PASTO CAYMAN Y BUFFEL H-17, COSECHADO CADA CUATRO SEMANAS

Santiago Joaquín-Cancino<sup>1</sup>, Jonathan Raúl Garay-Martínez<sup>2</sup>, Lorenzo Danilo Rivera-Granados<sup>3\*</sup>, Carlos Miguel Ramos-Cruz<sup>3</sup>, Yuridia Bautista-Martínez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias, UAT. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup>Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México.

<sup>3</sup>Campo Experimental General Terán, CIRNE-INIFAP. General Terán, Nuevo León, México.

<sup>4</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

\*Autor de correspondencia: [dgr\\_8422@hotmail.com](mailto:dgr_8422@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

La ganadería es una actividad del sector primario de importancia, debido a que genera empleo y contribuye a la seguridad alimentaria de la población. La región tropical de México comprende aproximadamente 56 millones de hectáreas, que representan el 28 % del territorio nacional; de las cuales, 48 millones se destinan a la ganadería y están constituidas principalmente por agostaderos (50 %) y en menor proporción por praderas inducidas (25 %) e introducidas (25 %) (Hernández-Garay *et al.*, 2006). Así mismo, el Estado de Tamaulipas (México) dedica a la ganadería 4.67 millones de hectáreas (58 % del territorio), de las cuales, 78 % corresponde a agostaderos y solo 22 % a praderas inducidas e introducidas (SAGARPA, 2010). En México, la alimentación de rumiantes es mediante el aprovechamiento de pastizales y praderas de corte y/o pastoreo, ya que el forraje es un alimento relativamente de bajo costo en los sistemas de producción extensivos (Zárate *et al.*, 2012). Sin embargo, la alimentación con forrajes ha sido relacionada con bajos niveles de productividad en el sector pecuario, como consecuencia de la baja fertilidad del suelo y uso de especies nativas (Corsi *et al.*, 2001). Para incrementar la producción en los sistemas pecuarios, se han desarrollado gramíneas forrajeras con mayor potencial de rendimiento y valor nutritivo. En este sentido, en México se encuentra una gran diversidad de gramíneas forrajeras mejoradas, principalmente de los géneros *Urochloa*, *Panicum*, *Pennisetum* y *Cynodon*, que pueden ser utilizadas en los sistemas de producción animal para solucionar la problemática observada con los forrajes de especies nativas (Quero *et al.*, 2007).

Es importante mencionar que, en el Estado de Tamaulipas, las principales gramíneas forrajeras establecidas son de diferentes cultivares de *Pennisetum ciliare* L. (pasto Buffel), con los cuales se obtienen rendimientos anuales de 5 a 8 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014). Por otro lado, en los últimos años se han evaluado cultivares recientes de *Urochloa* (Mulato II, Cobra, Cayman) y se han obtenido resultados favorables en cuanto a rendimiento de forraje (9 a 14 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y valor nutritivo (Vendramini *et al.*, 2014). La capacidad productiva de cualquier especie forrajera está determinada por factores como la composición genética, edad de la planta y la variación de las condiciones climáticas a través del año (Garay *et al.*, 2017). Estas últimas, ocasionan variación en el rendimiento de forraje, el cual es abundante durante la época de lluvias y escaso en la seca; esto afecta directamente la producción animal (Garay-Martínez *et al.*, 2018). Por ello, se debe conocer la dinámica de producción

de forraje para determinar el efecto de los cambios estacionales en el patrón de crecimiento y cambios fisiológicos en el desarrollo de las plantas, para optimizar el aprovechamiento y planificar el manejo agronómico del recurso forrajero dentro de la unidad de producción (Hernández *et al.*, 2002). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento forrajero del pasto Cayman y H17 cosechado cada cuatro semanas durante 18 meses en condiciones de temporal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de temporal, de mayo 2016 a noviembre 2017 en la Posta Zootécnica “Ingeniero Herminio García González” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las coordenadas geográficas son 23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 msnm. El clima del lugar se clasifica como BS<sub>1</sub> (h')hw (Vargas *et al.*, 2007), tiene una temperatura media anual de 24 °C y una precipitación media anual de 940 mm, donde la mayor precipitación suele presentarse de junio a noviembre. El suelo en el sitio de estudio es arcilloso (11, 23 y 66 % de arena, limo y arcilla, respectivamente), sin problemas de salinidad (RAS=0.19), pH alcalino (8.3) y contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbonatos totales de 4.27, 0.25, y 38.20 %, respectivamente.

Se evaluó a los pastos *Urochloa* híbrido cv. Cayman y *Pennisetum ciliare* cv. H17 (testigo). Previo a la siembra de los cultivares, en el área experimental se realizó un barbecho con arado de discos, un rastreo cruzado y dos aplicaciones de herbicida glifosato (FAENA Clásico®) a una dosis de 4 L ha<sup>-1</sup> para eliminar la vegetación presente. La siembra (con semilla botánica) se realizó al voleo (16 de octubre de 2015) a una densidad de siembra de 4 kg ha<sup>-1</sup> de semilla pura viable. Se fertilizó al voleo al momento de la siembra, con 60, 60, 70, y 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, y SO<sub>4</sub>, respectivamente. Posteriormente solo se aplicaron 60 kg ha<sup>-1</sup> de N al inicio de cada época de lluvias (última semana de mayo 2016 y 2017). Las fuentes utilizadas fueron: Urea (AgriCenter®, México), Sulfato de Amonio (Peñoles®, México), Fosfato Monoamónico (Fertinova®, México) y Ultrasol MOP (SQM®, México). Se consideró un periodo de establecimiento de siete meses, durante el cual se realizaron dos riegos de auxilio y dos cortes de uniformidad a 15 cm sobre el suelo, para homogenizar y tener una cobertura mayor al 75 % en cada parcela experimental. Inmediatamente después del segundo corte de uniformidad (27 de mayo de 2016) se inició la evaluación.

El tamaño de las parcelas experimentales fue de 25 m<sup>2</sup> (5x5 m), con una parcela útil al centro de 1 m<sup>2</sup>. Las evaluaciones se realizaron cada 4 semanas durante 18 meses, se cosechó periódicamente el forraje presente la unidad experimental (1 m<sup>2</sup>). El forraje cosechado se pesó y se tomó una submuestra de 200 g, a la cual se le determinó el área foliar específica (AFE; cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), utilizando un integrador de área modelo CI-202 (CID Bio-Science, Inc). Posteriormente, las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a 65 °C por 48 h. Después del periodo de secado, se registró el peso seco de las submuestras de forraje y se estimó el rendimiento de materia seca total (t ha<sup>-1</sup>). Las variables evaluadas se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2003), con base en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones en un arreglo de medidas repetidas en el

tiempo. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación registrada durante el periodo de evaluación (Figura 1) tuvo un efecto significativo en el rendimiento de materia seca total (MST). Se observó que en el sitio de estudio existen dos época bien definidas (lluvias y seca) y que los máximos rendimientos de MST se presentaron durante la época de lluvias. Al inicio de esta época se mostraron los valores más altos ( $p<0.05$ ), 3.52 y 2.57  $t\ ha^{-1}$ , para el mes de junio del año 2016 y 2017, respectivamente (Figura 1). En ambos años se observó que durante el mes de agosto se presentó una disminución considerable en el rendimiento de MST ( $p<0.05$ ), el cual fue de 0.33 y 0.11  $t\ ha^{-1}$  para el año 2016 y 2017, respectivamente (Figura 1). Posterior a la disminución antes mencionada, se observó un incremento en el rendimiento de MST, que el en año 2016 fue en el mes de septiembre; mientras que en el siguiente año este evento ocurrió en octubre (Figura 1). Así mismo, se observó que la menor producción de forraje fue en los meses de diciembre a mayo (época seca), donde los rendimientos oscilaron entre 0.02 y 0.37  $t\ ha^{-1}$ , los cuales fueron mayores al final de este periodo, cuando incrementó la precipitación (Figura 1). Se observó que el cultivar Cayman igualó y en algunos casos superó significativamente ( $p<0.05$ ) al cultivar H17 en el rendimiento de MST (Figura 1). La acumulación de forraje en Cayman fue mayor que en H17, 9.95 vs. 7.66  $t\ ha^{-1}$ , 0.96 vs. 0.57  $t\ ha^{-1}$  y 8.05 vs. 6.87  $t\ ha^{-1}$ , durante la época de lluvias 2016, seca y lluvias 2017, respectivamente.

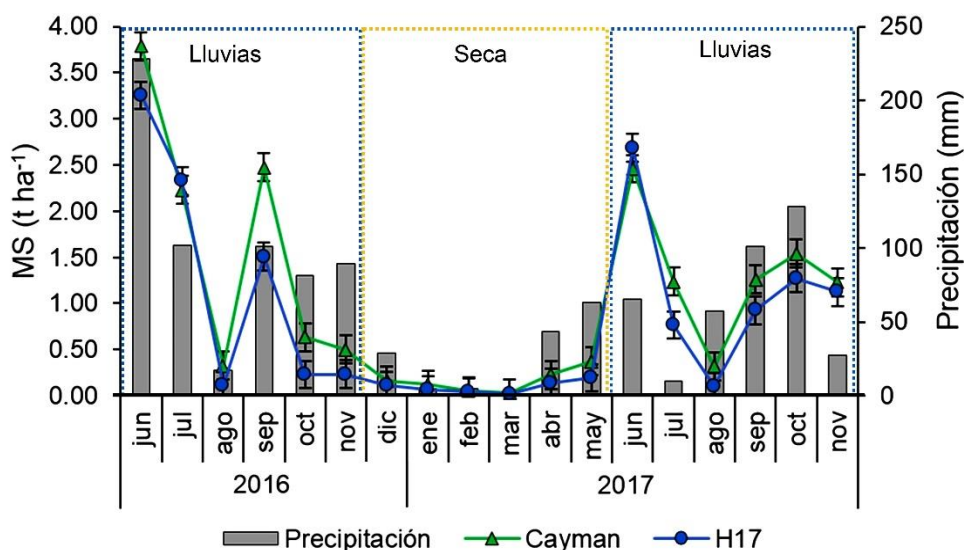


Figura 1. Rendimiento de materia seca (MS) total en pasto Cayman (*Urochloa* híbrido) y H17 (*Pennisetum ciliare*), durante las épocas de lluvias y seca. Precipitación mensual acumulada. Las barras representan diferencia estadística (Tukey,  $p=0.05$ ).

El rendimiento alto de forraje obtenido durante la época de lluvias se atribuyó principalmente a la disponibilidad de humedad, la cual favoreció el crecimiento de los cultivares y el comportamiento observado durante la época seca se debe a la escasa precipitación (Cruz-

Hernández *et al.*, 2017). Aunado a esto, se ha reportado que en los lugares con clima semiárido, como es el caso donde se realizó este experimento [BS<sub>1</sub> (h')hw; Vargas *et al.*, 2007], se presentan temperaturas de hasta 3 °C, la cual limita el crecimiento, ya que la temperatura óptima para el crecimiento en pastos del género *Urochloa* y *Pennisetum* oscila entre 13 y 42 °C (Durán *et al.*, 2011). El cultivar Cayman superó en rendimiento de MST al cultivar H17; sin embargo, se debe considerar que este híbrido es más susceptible a las heladas, las cuales pueden presentarse en lugares con climas semiáridos y después de este tipo de eventos meteorológicos la muerte de macollos puede ser de hasta el 40 % en Cayman, mientras que en H17 es de alrededor de 20 % (Garay *et al.*, 2018).

Se observó que el AFE incrementó hacia el final de la época de lluvias 2016 y los valores más altos ( $p < 0.05$ ) los presentó el híbrido Cayman, los cuales oscilaron entre 154 y 272  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ; mientras que los de H17 estuvieron entre 128 y 252  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  (Figura 2). Durante la época seca, no se observaron diferencias entre los cultivares evaluados ( $p > 0.05$ ), sin embargo, el AFE disminuyó al final de este periodo, ya que al inicio y al final los valores en promedio fueron de 205 y 152  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ , respectivamente (Figura 2). En la época de lluvias 2017, el AFE presentó un patrón similar al año anterior, donde los valores más altos se presentaron hacia al final de la época (Figura 2).

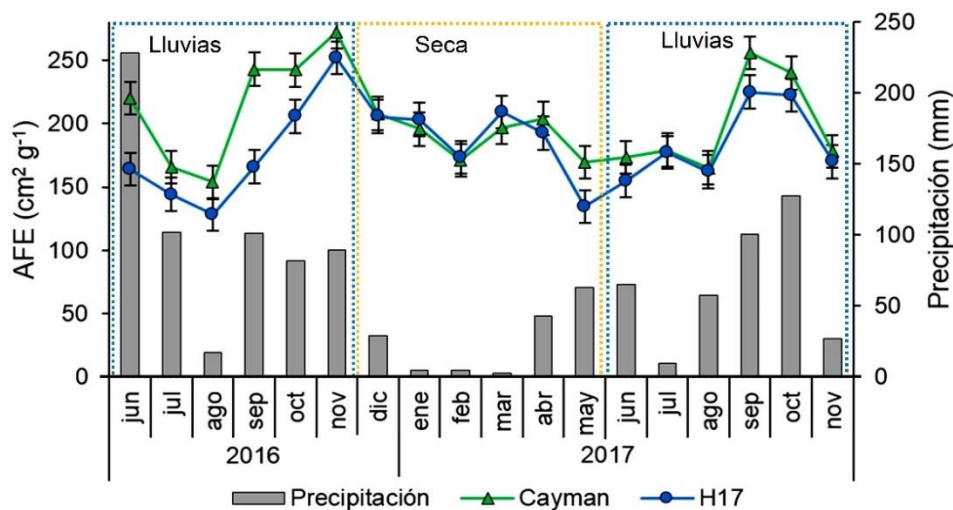


Figura 2. Área foliar específica (AFE) en pasto Cayman (*Urochloa* híbrido) y H17 (*Pennisetum ciliare*), durante las épocas de lluvias y seca. Precipitación mensual acumulada. Las barras representan diferencia estadística (Tukey,  $p=0.05$ ).

La diferencia de los valores obtenidos en AFE se debe a las fluctuaciones del rendimiento de MST en cada muestreo (Figura 1) y en donde hubo mayor rendimiento de MST existe mayor proporción de hojas maduras y de mayor espesor, en comparación con las hojas jóvenes (Yasuoka *et al.*, 2017), lo cual ocasionó una disminución en los valores de AFE. Se ha reportado que las plantas que presentan valores altos en el AFE tienen hojas más delgadas, con mayores tasas de fotosíntesis y alta concentración de nitrógeno (Pérez *et al.*, 2004). Además, el AFE se correlaciona positivamente con el consumo voluntario por parte



de los animales (Zheng *et al.*, 2014); por tanto, un forraje que presente mayor AFE, como fue el caso del cultivar Cayman, sería consumido mayormente.

## CONCLUSIONES

En el sitio de estudio se observó un patrón marcado en la producción de forraje. *Urochloa* híbrido cv. Cayman superó en rendimiento de materia seca tota y en los valores del área foliar específica a *Pennisetum ciliare* cv. H17 cuando se cosechó cada cuatro semanas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Corsi M., Martha G.B.J., Do Nascimento D.J., Balsalobre M.A.A. 2001. Impact of grazing management on productivity of tropical grasslands. Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Brazil. pp:801-806.
- Cruz-Hernández A., Hernández-Garay A., Aranda-Ibañez E., Chay-Canul A.J, Márquez-Quiroz C., Rojas-García A.R., Gómez-Vázquez A. 2017. Nutritive value of Mulato Grass under different grazing strategies. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(10):65-72.
- Durán N., Ruiz J.A, González D.R., Núñez G., Padilla F.J., Contreras S.H. 2011. Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(3):347-357.
- Garay J.R., Estrada B., Bernal A., Limas A. G., Joaquín S. 2018. Sobrevivencia de *Pennisetum ciliare* y cultivares de *Urochloa* posterior a dos heladas. *Transversalidad Científica y Tecnológica* 2(1):115-119.
- Garay J.R., Joaquín S., Zárate P., Ibarra M.A., Martínez J.C., González R.P., Cienfuegos E.G. 2017. Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiaria* spp. cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 5(2):66-76.
- Garay-Martínez J.R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González J.C., Joaquín-Torres B.M., Limas-Martínez A.G., Hernández-Meléndez J. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(15):573-581.
- Hernández A., Martínez P.A., Mena M., Pérez J., Enríquez J.F. 2002. Dinámica del rebrote en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvia. *Revista Técnica Pecuaria México* 40(2):193-205.
- Hernández-Garay A., Ramírez O., Pérez J. 2006. Producción y manejo de praderas tropicales. En: MSPA-AUG (ed). III Simposio Internacional en Producción Animal. MSPA-Universidad Autónoma de Guerrero. México. pp:54-63.
- Pérez J.A., García E., Enríquez J.F., Quero A.R., Pérez J., Hernández A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Técnica Pecuaria en México* 42:447-458.
- Quero A.R., Enríquez J.F., Miranda L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. *Interciencia* 32(8):566-571.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Informe de Evaluación Externa Estatal de los Programas en Coejercicio. Diagnóstico Sectorial 2009. SAGARPA y Gobierno del Estado de Tamaulipas. México. 140 p.
- SAS. 2003. The SAS 9.1 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.goU.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Vargas T.V., Hernández R.M.E., Gutiérrez L.J., Plácido D.C.J., Jiménez C.A. 2007. Clasificación climática del Estado de Tamaulipas, México. *CienciaUAT* 2(2):15-19.

- Vendramini J., Sollenberger L., Soares A., Da Silva W., Sanchez J., Valente A., Aguiar A., Mullenix M. 2014. Harvest frequency affects herbage accumulation and nutritive value of *Brachiaria* grass hybrids in Florida. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 2(2):197-206.
- Yasuoka J.I., Pedreira C.G.S., Da Silva V.J., Alonso M.P., Da Silva L.S., Gomes F.J. 2017. Canopy height and N affect herbage accumulation and the relative contribution of leaf categories to photosynthesis of grazed brachiariagrass pastures. *Grass and Forage Science* 73(1):183-192.
- Zárate P., Ibarra M.A., Limas A.G., Escamilla O.S. 2012. Mejoramiento de la calidad del forraje en sistemas ganaderos. En: Hernández J. (ed.). *Nutrición y manejo de bovinos productores de carne*. Facultad de Ingeniería y Ciencias, UAT. México. pp:14-34.
- Zheng S.X., Li W.H., Lan Z.C., Ren H.Y., Wang K.B., Bai Y.F. 2014. Testing functional trait-based mechanisms underpinning plant responses to grazing and linkages to ecosystem functioning in grasslands. *Biogeosciences Discussions* 11:13157-13186.

## TAMAÑO DE GRANO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EN 20 HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ BLANCO

Genny Llaven Valencia<sup>1\*</sup>; Alberto Borbón Gracia<sup>1</sup>; Elizabeth García Leon<sup>1</sup>; Luis Alberto Peinado Fuentes<sup>1</sup>; Aidé Hernández Hernández<sup>2</sup>; Oralia Antuna Grijalva<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>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, C. P. 81110. [llaven.genny@inifap.gob.mx](mailto:llaven.genny@inifap.gob.mx)-6878871995.

<sup>2</sup>Carretera Internacional entronque a carretera La Brecha SN, Ejido Burriocito, 81149, Sin.

<sup>3</sup>Universidad Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y carretera santa fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México

### INTRODUCCIÓN

México posee la mayor diversidad genética de maíz, la cual se manifiesta en la variación de caracteres morfológicos, vegetativos, de espiga, mazorca, grano y composición química del grano y polen, México es uno de los países más importantes en el consumo de maíz, con una gran tradición en el cultivo y fuerte arraigo en su consumo, por constituir la base de la alimentación de la población, desde la perspectiva productiva, se ubica como el principal cultivo en comparación con el sorgo, trigo, cebada, arroz y avena, los cereales más cultivados en el territorio mexicano. Entre los materiales mejorados disponibles actualmente encontramos, híbridos de cruza simple, híbridos trilineales, híbridos de cruza dobles, variedades sintéticas e híbridos varietales y variedades de polinización libre (Espinosa, et al. 2002). Gran parte de la diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) está concentrada en el continente americano y principalmente en México (Figueroa et al., 2013). Las variedades o especies vegetales cultivadas en el presente son el resultado de la domesticación realizada a lo largo de los siglos por el hombre a partir del estado silvestre de dichas especies. Esta domesticación se originó mediante la selección recurrente de poblaciones de plantas con características deseadas y su manejo agrícola en diferentes ambientes, este proceso pudo estar favorecido o limitado por el sistema de reproducción y por la constitución genética de las plantas (Zizumbo y García, 2008).

De manera adicional, hoy resultan valiosas para las empresas productoras de semilla y para el usuario, tamaño y forma de la semilla, peso de mil semillas, color y daño por insectos y hongos (Alfaro, et al, 2009.). Cabe destacar que la calidad fisiológica se refiere a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Condori V, et al 2013). El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca y por ende elevar el potencial productivo del maíz (Zamudio et al., 2015). Además de la selección del híbrido, los usos de prácticas de cultivo adecuadas pueden incrementar el rendimiento (Chura y Tejada, 2014). Estas afirmaciones son válidas de acuerdo a cada región, dada la competencia por agua, luz y nutrientes, por lo que es importante hacer una selección adecuada de híbridos con características adaptables a determinada región (Bolaños y Claude, 2013).

Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación que pudiese existir entre algunos componentes de producción como: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, granos totales por mazorca con

el rendimiento. Con base en lo anterior se realizó la presente investigación con el objetivo de conocer el efecto del tamaño del grano y su relación con el rendimiento en diferentes híbridos de maíz.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de Investigación

Los híbridos de maíz fueron establecidos en el Campo Experimental Valle del Fuerte, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2017-2018 el día nueve de diciembre de 2017, compuesto por 20 híbridos de maíz de endospermo blanco incluyendo el testigo comercial. Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Relación de 20 híbridos de Maíz de endospermo blanco y cuatro de endospermo amarillo evaluados en Ciclo otoño- invierno 2017-2018.

Hibrido	Compañía
C-8025	CI MAIZ HENERY C.S.A DE C.V
C-8031	CI MAIZ HENERY C.S.A DE C.V
NORO EUROS	UNISEM S.A DE C.V
NORO 1989	UNISEM S.A DE C.V
NORO 2017	UNISEM S.A DE C.V
NORO 1904	UNISEM S.A DE C.V
NORO ARES	UNISEM S.A DE C.V
NORO 2012	UNISEM S.A DE C.V
VIKINGO	COMERCIALIZADORA MEGASEM S.A DE C.V
TROYANO	COMERCIALIZADORA MEGASEM S.A DE C.V
XS6609	COMERCIALIZADORA MEGASEM S.A DE C.V
P-3090	PHI MEXICO S.A DE C.V
P-3258	PHI MEXICO S.A DE C.V
P-3140	PHI MEXICO S.A DE C.V
P-3289	PHI MEXICO S.A DE C.V
EXP-2303	NOVASEM INNOVACIONES S.A DE C.V
EXP-203	NOVASEM INNOVACIONES S.A DE C.V
N1R05	NOVASEM INNOVACIONES S.A DE C.V
XR60	SEMILLAS CERES S.A DE C.V
<b>GARAÑON</b>	<b>TESTIGO</b>

Estos materiales fueron establecidos en un diseño experimental de bloques al azar con 20 tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de seis metros de largo, con una distancia entre estos de 80 cm. equivalente a 19.2 m<sup>2</sup>, considerando como parcela útil dos surcos centrales de cinco metros, lo que hace una superficie de cosecha de 8.0 m<sup>2</sup>, la distancia entre plantas fue de 12.5 cm, con ocho plantas por metro lineal obteniendo una densidad de población de 100 mil plantas por hectárea.

**Caracterización física.** Para evaluar la calidad física se realizó una caracterización de la semilla por su forma y tamaño, Las variables estudiadas en esta primera etapa fueron: peso de mil semillas (P1000S), peso hectolitrito (PH), longitud (LS), ancho (AS) y espesor de semilla (ES) así como la relación longitud–ancho (RLA) de la semilla.

El P1000S se obtuvo contando y pesando en una microbalanza Sartorius Basic con sensibilidad de 0.001 g, ocho repeticiones de 100 semillas por cada tratamiento donde se multiplico por diez la media aritmética de las ocho repeticiones (ISTA, 1996). Para caracterizar el tamaño de la semilla de cada variedad, se utilizaron muestras de diez semillas tomadas al azar y se midieron las variables LS, AS, ES y RLA. El largo ancho y grosor de grano se determinó en mm con un vernier digital en muestras de 25 granos tomados al azar. La determinación del peso hectolitrito se obtuvo por medio del determinador de humedad marca Dickey-John Modelo: GAC2100 AGRI y se reportó el kg hL-1.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios para las características de grano evaluadas, se muestran en el Cuadro 2. En éste aparecen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos para número de hileras por mazorca, Numero de grano por mazorca, peso por mazorca, volumen de cien granos y peso de cien granos.

**Cuadro 2.** Cuadros medios de características de granos evaluadas de 20 híbridos de maíz blanco en el CEVAF O-I, 2017-2018.

Fuente de Variación	G.L	NH*M	NG*M	L*M	DM	PG*M (g)	P*M	V100G	P100G	LG	AG	EG
Tratamiento	23	7.99*	32.17*	4.45	0.09	1238.68	1690.3*	68.55*	0.004*	0.04	0.02	0.01
Repetición	5	0.11	19.27	2.84	0.02	830.06	851.78	23.9	6.00E-03	0.09	0.02	0.01
Error	115	0.71	6.03	2.77	0.02	691.47	504.8	11.59	8.00E-04	0.03	0.01	8.00E-03
Total	143											
CV (%)		5.42	6.76	10.14	3.05	13.16	9.73	6.77	7.47	14.09	13.03	13.2

GL= Grados de libertad; NH\*M= Numero de hileras por mazorca; NG\*M= Numero de granos por mazorca; L\*M= Longitud por mazorca; DM= Diámetro por mazorca, PG\*M= Peso de grano por mazorca; P\*M= Peso por mazorca; V100G= Volumen de cien granos, P100G= Peso de cien granos; LG= Longitud de Grano; AG= ancho de grano; EG= Espesor de grano. \* = Diferencias estadísticas significativas al nivel 0.05 de probabilidad de error, respectivamente.

**Cuadro 3.** Comparación de medias entre híbridos para características de grano de 20 híbridos, evaluadas en Campo Experimental Valle del Fuerte en ciclo agrícola 2017-2018.

Trat.	H*M	G*M	L*M	DM	PG*M (g)	P*M	V100G	P100G	LG	AG	EG
1	16bcdefg	35bcde	17ab	5b	192ab	222bc	49bcde	0.30abcd	1.25a	0.80ab	0.47a
2	15defgh	33e	17ab	5b	189ab	221bc	50bcde	0.37abcde	1.10ab	0.78ab	0.45a
3	14gh	39abc	17ab	5b	2012ab	224bc	49bcde	0.37abcde	1.27ab	0.68ab	0.50a
4	15bcdefg	39abc	16ab	5b	184ab	2215bc	48cde	0.33de	1.17ab	0.68ab	0.50a
5	16bcdef	40ab	17ab	5b	188ab	217bc	44e	0,33de	1.13ab	0.63b	0.43a
6	16bcde	39abc	17ab	5b	196ab	221bc	44cde	0.32e	1.22ab	0.70ab	0.48a
7	15defgh	40ab	17ab	5b	208ab	239abc	54abc	0.39abcd	1.15ab	0.78ab	0.47a
8	15bcdefg	37abcde	16ab	5b	188ab	210bc	45de	0.36bcde	1.08ab	0.77ab	0.45a
9	17bcd	35bcde	17a	5b	223ab	241abc	50bcde	0.37abcde	1.32a	0.77ab	0.50a
10	16bcde	35bcde	18a	5b	212ab	241abc	51bcde	0.38abcde	1.15ab	0.73ab	0.43a
11	17ab	36abcde	17ab	5b	228a	259ab	51bcde	0.38abcd	1.20ab	0.77ab	0.48a

12	17ab	35bcde	15ab	5b	194ab	223bc	47cde	0.37abcde	1.17ab	0.75ab	0.47a
13	15efgh	36abcde	17ab	5b	198ab	233abc	51abcd	0.39abc	1.08ab	0.77ab	0.53a
14	16bcde	35bcde	16ab	5b	206ab	233abc	54abc	0.40abc	1.03ab	0.75ab	0.45a
<b>15</b>	<b>15cdefg</b>	<b>37abcde</b>	<b>16ab</b>	<b>5b</b>	<b>221ab</b>	<b>239abc</b>	<b>53abc</b>	<b>0.41ab</b>	1.17ab	0.78ab	0.45a
<b>16</b>	<b>13h</b>	<b>38abcd</b>	<b>17ab</b>	<b>5b</b>	<b>199b</b>	<b>228abc</b>	<b>56ab</b>	<b>0.42a</b>	1.12ab	0.82ab	0.43a
17	18a	33de	17ab	6a	200ab	230abc	49cde	0.37abcde	1.15ab	0.67ab	0.48a
28	15defgh	39abc	17ab	5b	216ab	244ab	52abcd	0.38abcd	1.22ab	0.78ab	0.45a
<b>29</b>	<b>17abc</b>	<b>34cde</b>	<b>14b</b>	<b>5a</b>	<b>220ab</b>	<b>251ab</b>	<b>58a</b>	<b>0.41ab</b>	1.25ab	0.78ab	0.45a
20	15cdefg	36abcde	17ab	5b	201ab	236abc	51abcd	0.39abc	1.18ab	0.72ab	0.42a
<b>C.V (%)</b>	<b>5.42</b>	<b>6.76</b>	<b>10.14</b>	<b>3.05</b>	<b>13.16</b>	<b>9.73</b>	<b>6.77</b>	<b>7.47</b>	<b>14.09</b>	<b>13.03</b>	<b>13.2</b>
<b>DMS</b>	<b>1.81316</b>	<b>5.28544</b>	<b>3.58033</b>	<b>0.33068</b>	<b>56.59007</b>	<b>48.35221</b>	<b>7.32514</b>	<b>0.6026</b>	<b>0.34934</b>	<b>0.21089</b>	<b>0.13261</b>

T=TESTIGO, N/A = NO ANALIZADO, (1, 2, 3, \*) PLANTAS PROMEDIO, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTE (p>0,05). DFM = Días a Floración Masculina, DFF = Días a Floración Femenina, AIPI = Altura de Planta (cm), AIMz = Altura de Mazorca (cm), PCoS y MCoS = Plantas Cosechadas y Mazorca cosechadas, REND = Rendimiento kg ha<sup>-1</sup>, PH= Peso Hectolitros, PMG = Peso de Mil Granos.

**Cuadro 4.** Comparación de medias entre híbridos para variables cuantitativas de 20 híbridos, evaluadas en Campo Experimental Valle del Fuerte en ciclo agrícola 2017-2018.

NT.	Hib.	Kg* ha <sup>-1</sup>	% Hu m.	Días a floración		Altura (cm)		PCo S	MCo S	PM G	PH
				DFM	DFF	AIPI.	AIMz.				
1	C-8025	13390de	15	93bcd	93bcd	263d	143de	74cd	78b	359a	77ab
2	C-8031	13747cde	15	93bcd	92bcde	294abcd	149bcd	85ab	87ab	385a	74bc
3	EUROS	15757abcd	14	89ef	91de	287abcd	151bcd	86ab	90ab	330a	77ab
4	NORO 1989	16327ab	13	92bcd	93bcd	298abcd	160abcd	85ab	96ab	335a	75ab
5	NORO 2017	15383abcde	12	90cde	91de	292abcd	167abc	81a	93ab	323a	77ab
6	NORO 1904	16399ab	13	91bcd	95abc	300bcd	157abc	83ab	91ab	305b	66d
7	ARES	15632abcd	13	92bcd	93bcd	287abcd	147cde	82abc	97ab	365a	76ab
8	NORO 2012	15786abcd	12	88f	91def	299abcd	157abc	84abc	87ab	360a	78a
9	VIKING O	13085e	19	93bc	95ab	297abcd	147cde	64d	67b	355a	76ab
10	TROYA NO	14471bcd	21	97a	97a	299abcd	156abc	79abc	78b	360a	74c
11	XS6609	14564bcd	17	93bc	93bcd	303abc	157abc	87ab	83ab	348a	76ab
<b>12</b>	<b>P-3090</b>	<b>17318a</b>	13	89ef	89ef	318ab	151bcd	89a	92ab	343a	75ab

13	P-3258	16056abc	13	93bcd	92cd e	323a	173a	85ab c	94ab	393a	78ab
14	P-3140	16388ab	12	88f	87f	308ab	152bcd e	84ab c	82ab	345a b	74c
15	<b>P-3289</b>	<b>17501a</b>	14	93bcd	91de	310ab	168ab	76bc	86ab	370a b	78ab
16	<b>EXP-2303</b>	<b>16502ab</b>	12	93bcd	92bc de	281bcd	141de	83ab c	84ab	390a	77ab c
17	<b>EXP-203</b>	<b>16068abc</b>	13	93bc	94bc d	302abc d	158abc de	84ab c	117a	352a b	77ab c
18	<b>N1R05</b>	<b>16704ab</b>	13	93bc	93bc d	264cd	139e	86ab	86ab	360a b	76ab c
19	<b>XR60</b>	<b>16724ab</b>	13	90def	91def	296abc d	158abc de	82ab c	80ab	398a	74c
20	<b>TESTIGO</b>	<b>16659ab</b>	15	<b>94b</b>	<b>93bc</b> d	<b>314ab</b>	<b>165abc</b>	<b>81ab</b> c	<b>89ab</b>	<b>369a</b> b	<b>77ab</b> c
<b>Medias</b>		<b>15723</b>		<b>92</b>	<b>92</b>	<b>297</b>	<b>155</b>	<b>82</b>	<b>88</b>	<b>357</b>	<b>76</b>
CV (%)		6.14	N/A	1.25	1.37	5.09	5.04	5.35	16.21	8.02	2.01
DMS		2534.16	N/A	3.01	3.32	39.7	20.49	11.5 5	37.09	75.2 5	3.98

T=TESTIGO, N/A = NO ANALIZADO, (1, 2, 3, \*) PLANTAS PROMEDIO, \*LA MEDIA CORRESPONDE AL TRATAMIENTO Y EL TESTIGO, MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTE (p>0,05). DFM = Días a Floración Masculina, DFF = Días a Floración Femenina, AIPI = Altura de Planta (cm), AIMz = Altura de Mazorca (cm), PCoS y MCoS = Plantas Cosechadas y Mazorca cosechadas, REND = Rendimiento kg ha<sup>-1</sup>, PH= Peso Hectolitros, PMG = Peso de Mil Granos.

### CONCLUSIONES

La calidad de la semilla de maíz depende más del genotipo de la variedad utilizada que del tamaño de la misma. El tamaño de la semilla de variedades de maíz con potencial para grano afectó el peso de mil semillas, longitud, ancho y espesor de la misma. En la calidad de semilla las variables más relevantes para la diferenciación de las variedades de maíz fueron la longitud de la misma y el peso seco de la parte aérea. 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.

### BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, Y.; V. Segovia, P. Monasterio y R. Silva. 2009. Evaluación del rendimiento, sus componentes y la calidad de grano en híbridos simples de maíz amarillo. Revista Científica UDO Agrícola 9 (4): 728-742.
- Almaraz, V.C.A. (2017). Comportamiento agronómico y de calidad de semilla de maíces híbridos tropicales y subtropicales. Tesis de Maestría. Producción y Tecnología de Semillas. Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Gto., México. 71 p.
- Bolaños-Aguilar, ED, Claude Emile, J. Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad del forraje de sorgo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias [Internet]. 2013;4(2):161-176. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265627559003>.

- Cervantes O, F., M. T. Gasca-Ortiz, E. A., E. M. Mendoza E, L. P. Guevara A, F. Vázquez-M y Rodríguez H. S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.* 2: 9-16.
- Chura, Ch. J. and Tejada, S. J. 2014. Behavior of yellow corn hybrids in town of La Molina, Perú. *Idesia (Arica)*. 32(1):113-118.
- Condori V, Aurelio; Clementelli O., Alfredo. Tamaño y forma de la semilla del maíz y su relación con las características agronómicas y rendimiento en el cultivo. Invierno 2012.<sup>1</sup>. **Univ. Cienc. Soc.**, Santa Cruz de la Sierra, n. 10, sept. 2013. Disponible en <[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S8888-88882013000200005&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S8888-88882013000200005&lng=es&nrm=iso)>. accedido en 31 jul. 2018.
- Figueroa. J. D., Narváez G. D. E., Mauricio S. A., Taba S., Gaytán M.M., Véles M. J.J., Rincón S.F. y Aragón C. F. 2013, Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 36(3-A): 305 – 314.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. Maíz. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta: noviembre, 2013).
- Silva D, W. R., Y. Alfaro J y Jiménez-A, R. J. 2009. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. *Rev. Cient. UDO Agríc.* 9: 743-755.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2013. Grain: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. United States Department of Agriculture. Circular Series FG 11-13. <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf> (Consulta: noviembre, 2013).
- Zamudio-González, B, Espinosa-Calderón, A, Tadeo-Robledo, M, Encastín-Dionicio, JJ, Martínez Rodríguez, JN, Felix-Reyes, A, Cárdenas Marcelo, AL, Turrent Fernández, A. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [Internet]*. 2015;6(7):1491-1505. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263142146006>
- Zizumbo V. D., y García M. P. C. (2008). El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista de Geografía Agrícola*, 41: 85-113.



---

## REMOCIÓN DE YEMAS VEGETATIVAS Y DESPUNTE APICAL DE RAMAS EN EL PERIODO DE VERANO EN EL CULTIVO INTENSIVO DE HIGUERA (*Ficus carica* L.)

Hilario Macías Rodríguez<sup>1</sup>, Ma. Magdalena Villa Castorena<sup>1</sup>, Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>, Miguel Rivera González<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo Salcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro 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](mailto:macias.hilario@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El cultivo intensivo de higuera en la Región Lagunera de Coahuila y Durango con altas densidades de plantación, convencionalmente se poda en invierno a yema dormida para inducir un profuso crecimiento vegetativo al inicio de primavera. Ese crecimiento favorece la fructificación, la cual inicia en el mes de mayo con una producción inicial de baja escala de la infrutescencia denominada breva y la producción profusa de higo que se presenta principalmente en el mes de julio y disminuye paulatinamente en los meses subsecuentes. Lo contrario sucede con el crecimiento vegetativo, el cual se incrementa muy acentuadamente en los meses de agosto, septiembre y octubre. En el cultivo de higuera se dispone de muy poca información experimental en lo que se refiere a manejo de altas densidades de plantación por hectárea, con podas estratégicas en invierno a yema dormida y podas estratégicas en verano, cuando está en crecimiento activo.

Tradicionalmente en las huertas de traspatio a la higuera se le consideraba una especie frutal que requería pocas podas y aclareo, solamente se les cortaban las ramas secas o estropeadas. En las plantaciones regulares o uniformes se recomienda realizar limpiezas periódicas (especie de aclareo de ramas), procurando siempre evitar que las higueras crezcan excesivamente y los frutos no se puedan recolectar desde el suelo, sin necesidad de subir a los árboles. En la práctica de la poda drástica se promueve la eliminación casi total de la copa formada en el ciclo anterior, las ramas son reducidas desde 5 a 10 cm, dejando por lo menos dos yemas en sus extremidades, orientadas hacia fuera de la planta, para la formación de la nueva copa (Chaflun *et al.*, 1998). Generalmente, las podas son realizadas a finales del invierno, en la época cercana a la brotación (Norberto, 2001; Gonçalves *et al.*, 2006). En la práctica moderna y por necesidades comerciales de una cantidad mayor de fruta, la poda se realiza en frutales con altas densidades de plantación,

como es el caso del cultivo de la higuera (*Ficus carica* L.) en el cual se han hecho pocos estudios al respecto, con resultados muy limitados (Mendoza, 2009).

En México, se reportan comercialmente plantaciones de higuera con un máximo de 400 plantas por hectárea a campo abierto, con rendimientos máximos de 12 t ha<sup>-1</sup> de higo fresco y a nivel experimental con agricultura protegida, se reportan rendimientos de 80 a 90 t ha<sup>-1</sup> con 12 mil plantas por hectárea y poda estratégica de 6 tallos por planta y 20 frutos por tallo, en contenedores de plástico rígido con capacidad de 40 litros, con plantación de 1.6 metros entre hileras y 0.5 metros entre plantas (Mendoza, 2013).

Las plantaciones intensivas de higuera, con densidades de 1000 a 2000 plantas por hectárea, requieren podas desde el establecimiento para la conformación del banco productivo, entre los 40 y 60 cm de altura del tallo principal y a partir del siguiente año requieren poda de producción (Macías *et al.*, 2014). En el cultivo intensivo de higuera con altas densidades de plantación en zonas áridas, con el propósito de optimizar crecimiento de ramas y número de entrenudos, experimentalmente se han evaluado tres diferentes niveles de poda a yema dormida; poda corta a 4 entrenudos; poda intermedia a 6 entrenudos y poda larga a 7 entrenudos. De acuerdo a los resultados obtenidos, la poda corta permitió obtener mayor longitud de rama y mayor número de entrenudos, que es la condición deseada en este sistema de producción en el primer periodo de verano-otoño específicamente en los meses de agosto, septiembre y octubre (Muñoz *et al.*, 2016).

Bajo el contexto descrito, se requiere generar tecnología respecto a podas estratégicas en el periodo de verano, para aprovechar su crecimiento vegetativo e inducir diferenciación de yemas productivas para prolongar el periodo de producción de higo en altas densidades de plantación.

El objetivo del trabajo fue evaluar la remoción de yemas vegetativas y despunte apical de ramas en higuera en el periodo de verano para inducir mayor número de entrenudos y diferenciación de yemas productivas.

## **MATERIALES Y METODOS**

Este estudio se implementó durante el verano del 2018, el 27 de agosto, con un agricultor cooperante del ejido 5 de mayo del municipio de Gómez Palacio, Dgo., en higueras de 4 años de plantación.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

T. Testigo. Ramas con crecimiento libre.

T1. Ramas con remoción de yemas vegetativas en todos los entrenudos.

T2. Ramas con remoción alternada de yemas vegetativas en los entrenudos.

T3. Despunte apical de ramas, dejando en los entrenudos todas las yemas vegetativas.

T4. Despunte apical de ramas removiendo alternadamente las yemas vegetativas de los entrenudos.

T5. Despunte apical de ramas removiendo todas las yemas vegetativas de los entrenudos.

El estudio se desarrolló en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de tres ramas en crecimiento activo. A los 84 días de iniciados los tratamientos se contabilizó el número de entrenudos (19 de noviembre de 2019). Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental usado con el programa SAS (SAS Institute, 2004). La separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan ( $P = 0.05$ ).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El efecto de los tratamientos evaluados en el número de entrenudos resultó altamente significativo ( $p < .0001$ ). Con una respuesta superior en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 (Figura 1). Los cuales fueron estadísticamente similares entre ellos acorde a la prueba Duncan = 0.05. En promedio esos tratamientos produjeron 26 entrenudos que significan lo doble de los mostrados en el tratamiento T1 y un 67% más del testigo (T).

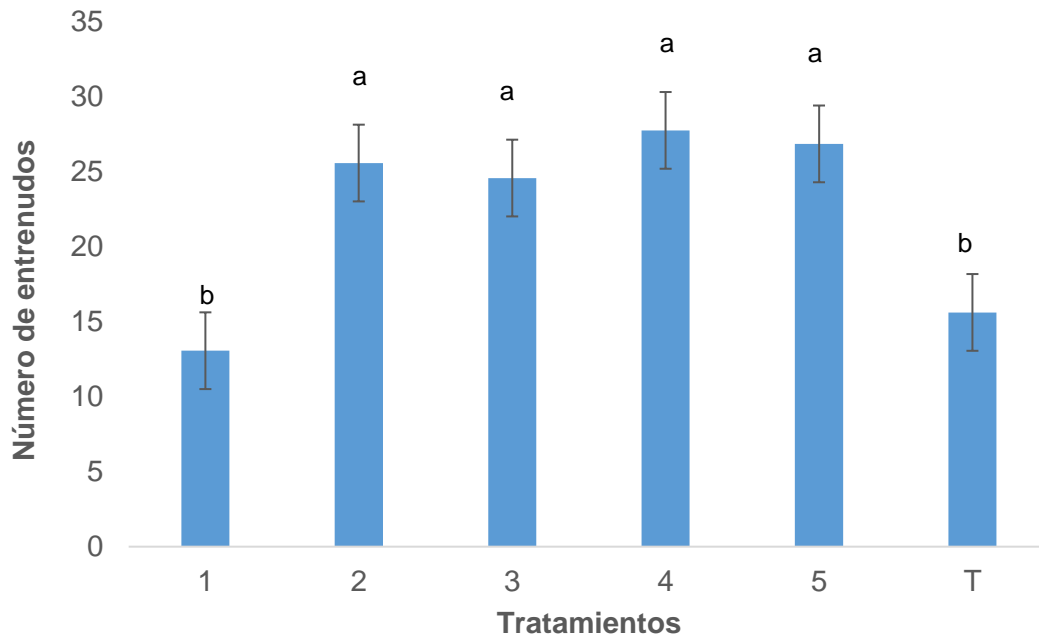


Figura 1. Efecto de los tratamientos evaluados en el número de entrenudos. Barras con la misma letra indican no diferencia estadística (Duncan = 0.05).

Los resultados anteriores muestran que las ramas con corte de yemas vegetativas en todos los entrenudos (T1) y las ramas con crecimiento libre (sin corte de yemas) disminuyeron significativamente el número de entrenudos. El manejo estratégico del cultivo de higuera con la inducción de mayor número de entrenudos por rama en crecimiento activo, es de primordial importancia en el periodo de verano en explotaciones con altas densidades de plantación, ya que con ello se puede prolongar el periodo de producción de higo en esta especie caducifolia. Convencionalmente en la Región Lagunera, la poda de invierno a yema dormida favorece vigorosamente que la producción se concentre en el periodo de mayo a agosto.

Con los despuntes apicales de ramas y la remoción de yemas vegetativas en el periodo de verano, fisiológicamente se estimula la generación de ramas laterales y rebrotes apicales para incrementar considerablemente el número de entrenudos, en cada uno de los cuales se puede estimular la diferenciación de yemas reproductivas para la prolongación potencial de cosecha hasta el mes de noviembre.

En la Figura 2, se muestra el vigor de los crecimientos vegetativos de higuera con remoción de yemas vegetativas y despunte apical de ramas.



Figura 2. Higuera desarrollada con remoción de yemas vegetativas y despunte apical de ramas.

### CONCLUSIONES

La remoción de yemas vegetativas y el despunte apical promovieron de mayor cantidad de entrenudos. En contraste las ramas de higuera sin despunte apical y con crecimiento libre desarrollaron menos entrenudos.

### BIBLIOGRAFIA

- Chaflun, N. N. J., Pasqual M., Hoffmann, A. 1998. Cultura da figueira. In: Fruticultura comercial: Frutíferas de clima temperado. Lavras: Ufla/Faepe. p 13-69.
- Gonçalves, C. A. A., L. C. de O. Lima, P. S. N. Lopes and M. T. de Souza. 2006. Pruning and conduction system in the yield of green fig. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41 (6): 955-961.
- 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 macrotúnel en la Región Lagunera. Revista AGROFAZ. Edición especial. Publicación semestral de investigación científica. Vol. 14 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2014. pp 33-38.
- MENDOZA C. V. M. 2009. Producción intensiva de higo (*Ficus carica* L.) bajo invernadero. Fisiología y manejo de la higuera (*Ficus carica* L.) en producción forzada bajo cubierta plástica. Colegio

- de postgraduados. Tesis de Maestro en Ciencias. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. pp. 60-74.
- 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 le región de zonas áridas. Revista AGROFAZ. Edición especial. Publicación semestral de investigación científica Vol. 16, Núm. 2 Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2016. pp 43-50.
- Norberto, P. M. 2001. Efeito de época de poda, cianamida hidrogenada e irrigacao na producao antecipada de figos verdes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 11, p 1363-1369, nov.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS). 2004. The SAS System for windows version eight. Carry, N.C. U.S.A.

## **AJO PIEDRA BLANCA, MATERIAL GENÉTICO INTRODUCIDO DE ESPAÑA A LA ZONA PRODUCTORA AGRÍCOLA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

***Luis Martín Macías Valdez<sup>1</sup>, Luis Humberto Maciel Pérez<sup>1</sup>, René Félix Domínguez López<sup>2</sup>, Manuel Antonio Galindo Reyes<sup>1</sup>, Arturo Cruz Vázquez<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Pabellón. Km. 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas. C.P. 20671. Tel. 01-800-088-2222 y (55) 3871-8700 ext. 82510. <sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes (UTNA), Dirección Académica de Desarrollo de Negocios y Agricultura Sustentable y Protegida. Av. Universidad Núm. 1001, estación Rincón, Rincón de Romos, Ags., C.P. 20400.

### **INTRODUCCIÓN**

A través de la historia, los humanos han migrado, y en sus viajes por el Asia Central y áreas circundantes han colectado ajo silvestre (y aún lo siguen haciendo) y llevado con ellos para su posterior consumo y cultivo en otras regiones del mundo (Simon, P.W., 2016). Como ha pasado con otros cultivos, el ajo, originario de algunas regiones montañosas del Asia Central al establecerlo en otras regiones es considerado como una especie estéril la cual es propagada solo vegetativamente mediante la plantación de sus clones (Brewster, 1994). Los clones que existen están adaptados a muchas zonas ecológicas, lo cual se observa por su crecimiento y bulbificación en función de la temperatura y el fotoperiodo de esa región (Takagi, 1990). También existe diversidad en el tamaño del diente, su número, peso del bulbo, color y número de capas que envuelven al bulbo, además del tamaño y vigor del follaje, y si en algunos clones existe la presencia de la inflorescencia. Como en la mayoría de las zonas productoras de ajo de todo el mundo, la práctica de introducir nuevos clones de otras regiones productoras ha sido una actividad común en la región productora de ajo de Aguascalientes, de la cual se tienen registros desde que se inició la producción comercial a principios de la década de 1960. Y se han introducido clones de otras partes para explotarlas comercialmente con la finalidad de tener nuevas opciones de producción, ya sea para incrementar el rendimiento, buscar la preferencia en el mercado por su calidad a través del color, tamaño o forma del bulbo. A pesar de que el ajo se propaga asexualmente por el método vegetativo, existen diferentes tipos de ajo en las diferentes regiones productoras (Agrawal *et al.*, 2003), tal es el caso del ajo tipo Piedra Blanca, originario de España, uno de los principales países productores desde la antigüedad donde las variedades que tradicionalmente se siembran son las autóctonas de la zona y son ecotipos que se han generado a través del tiempo por la multiplicación vegetativa de la variedad original (García, 1990). El objetivo fue conocer el comportamiento en cuanto a rendimiento

y calidad del ajo piedra blanca en su primer año de introducción y siembra en la región productora de ajo a Aguascalientes.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El tipo de ajo blanco Piedra Blanca que se evaluó, fue obtenido mediante una muestra al azar del total de ajo importado por los productores de la región en el año 2016, el cual procede de la zona productora de ajo de España, lugar donde se explotan variedades autóctonas de muchos años de antigüedad que han sido generados a través del tiempo, por la multiplicación vegetativa de la variedad original. Esta actividad se realizó durante el mes de septiembre del 2017, que es cuando arribó el embarque del ajo, en este primer año se multiplico el material obtenido para iniciar su evaluación en el 2017. Para realizar la comparación de rendimiento y calidad de los bulbos, y así determinar su adaptación a esta región productora se utilizó el ajo blanco tipo Perla, que es que se explota y mejor se adapta a las condiciones agroclimáticas de esta región productora del estado de Aguascalientes. Debido a que el ajo es un cultivo de ciclo otoño-invierno, se realizó la siembra de los materiales en la fecha 29 de octubre del 2017 y la cosecha se realizó el 21 de mayo del año 2018. Los clones de ajo se sembraron en franjas por tener diferente número de bulbos. Se eliminaron los bulbos con bajo peso por individuo (deshidratación después del período de almacén), alto número de dientes (más de 16), problemas fitosanitarios (hongos, ácaros, etc.), bulbos con mala cobertura (dientes expuestos), bulbos reventados y bulbos deformes.

Se realizó su establecimiento en el campo, sembrando cada uno de los clones de manera separada para evitar mezclas de genotipos, también de manera separada se sembraron los e dientes provenientes de un solo bulbo, para de esta forma tener identificada la descendencia genealógica de cada colecta. Para analizar los datos de rendimiento se utilizó un diseño de bloques al azar, con 10 repeticiones por tratamiento. También se analizó el número de dientes por clon, igualmente utilizando un diseño de bloques al azar, pero con cuatro repeticiones. Las pruebas de medias se realizaron mediante la Diferencia Mínima Significativa (DMS).

Los testigos utilizados para comparar el comportamiento del ajo Piedra Blanca fueron materiales tomados al azar de parcelas productoras de ajo de la región.

Modelo estadístico:



$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ = Valor de la característica en estudio

$\mu$ = Efecto común de todas las observaciones

$i$ = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$j$ = Efecto de la  $j$ -ésima repetición

$\varepsilon$ = error de observación sobre la  $(ij)$ -ésima unidad experimental

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 1 se muestra el análisis de varianza mediante un diseño de bloques al azar para el rendimiento obtenido por los clones de ajo en evaluación durante el ciclo de producción otoño–invierno 2017-2018, donde se observa una diferencia estadística altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que los clones de ajo manifestaron un rendimiento diferente entre ellos a un nivel de probabilidad del 99%.

El valor del coeficiente de variación de 7.92% se considera bajo, lo que indica que los datos utilizados para el análisis son confiables. También se realizó el análisis de varianza para número de dientes mediante un modelo estadístico de bloques al azar, utilizando 29 tratamientos (clones) de ajo blanco tipo Perla y uno de ajo blanco tipo Piedra Blanca con 4 repeticiones, se observa que para esta variable no se detectó diferencia estadística.

El valor del coeficiente de variación fue de 9.29%. En este caso, el coeficiente de variación también mostró un valor menor al 10%, considerado bajos lo que indica confiabilidad de los datos. Debido a que en el primer caso se detectó diferencia significativa se procedió a realizar la prueba de medias a través de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de probabilidad.

Cuadro 1. Análisis de varianza mediante un diseño de bloques al azar para las variables de rendimiento y número de dientes los clones de ajo blanco Perla y Piedra Blanca. Ciclo o–i 2017-2018.

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha			Núm. de dientes		
	G.L.	C.M.E.	C.V. (%)	G.L.	C.M.E.	C.V. %
Clones de ajo	29	66283592**	7.9	29	13.2**	9.29 %
Bloques	9	1422677N.S.		3	9.4N.S.	
Error exp.	261	1301272		87	2.4	
Total	299			119		

\*Diferencia significativa con una probabilidad  $\leq 0.05$ . \*\* Diferencia significativa con una probabilidad  $\leq 0.01$ . N.S. No existe diferencia significativa.

En el cuadro 2, se presenta el rendimiento y calidad del bulbo expresado por el número de dientes y considerando que a menor número de dientes es mayor la calidad. En este caso se observa que el clon Piedra Blanca fue el que obtuvo el mayor rendimiento, aunque también mostró el mayor número de dientes con 23.2, este número de dientes se considera alto, ya que un número adecuado está comprendido entre 15 y 16 dientes por bulbo, en un trabajo realizado en este sentido por Pardo y Marín (2003) determinaron que las características del bulbo son los indicadores a considerar para detectar cultivares sobresalientes y que se adapten a la región en estudio donde se pretendan explotar, en este mismo sentido, Burba *et al.*(2005) reporta que los nuevos cultivares de ajo tienen de 30 a 50% mayor rendimiento que las poblaciones de ajo originales. Le siguió en rendimiento el clon R-13-3\*-1b (S) con un rendimiento de 17,040 kg/ha, es decir una diferencia de 4,925 kg/ha y una diferencia de cuatro dientes por bulbo, esto indica que el clon de reciente introducción mostró muy buena respuesta de adaptación a esta región en cuanto a rendimiento, pero en cuanto a número de dientes mostró una mala calidad ya que obtuvo la mayor cantidad respecto a todos los clones que se utilizaron para realizar la comparación.

Cuadro 2. Rendimiento promedio y valores de las variables evaluadas del ajo blanco Perla y Piedra Blanca durante el ciclo de cultivo o-i 2017-2018.

Clon	Rendimiento Kg/ha	Núm. de dientes
Piedra blanca	21,965 a	23.2 a
R-13-3*-1B (S)	17,040 bc	16.4 cdef
R-15-2-3B (S)	16,681 bc	16.5 cdef
R-8-4*-1B	15,947 cde	16.1 cdef
R-11-1-1B (S)	15,825 cde	16.6 cde
C-CSySP	15,735 cdef	12.9 g
C-37-1/8	15,518 defg	17.9 bc
R-11-1-18	15,474 defg	16.9 cd
C-3-1/25	15,458 defg	16.9 cd
R-35-10-1B	15,232 efgh	15.7 def
...	...	...
Testigo	7,043 o	16.7 cde

- Los valores unidos con la misma literal son iguales estadísticamente según la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa)  $P \leq 0.05$

## CONCLUSIONES

En esta primera evaluación del comportamiento de este tipo de ajo blanco Piedra Blanca, se observó que tiene un alto rendimiento por unidad de superficie, pero no mostró buena calidad expresada por el número de dientes, ya que 23.2 es una cantidad muy alta. Es necesario continuar evaluando este nuevo genotipo de ajo para determinar si en realidad se va a adaptar bien a esta zona productora de ajo, ya que por su origen europeo puede cambiar su comportamiento con el paso del tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, M.K., Frageria, M.S. and Dhaka, R.S. 2005. Garlic breeding – a review. *Agric. Rev.*, 24(1): 70-74.
- Brewster, J.L. 1994. Onions and other vegetable Alliums. CAB International Ed. Oxon, UK. pp 2-10.
- Burba, J.L., Portela, J.A. y Lanzavechia, S. 2005. Argentine garlic I: a wide offer of clonal cultivars. *Acta Hort. (ISHS)* 688:291-296.
- García A., C.R. 1990. El ajo, cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. pp 18-43.
- Pardo R., A y Marín R., C. 2003. Caracterización de cultivares de ajo en Cubiro, estado Lara. *Agronomía Tropical* 53(4): 381-395.
- Simon, W.P. 2016. The origins and distribution of garlic: How many garlcs are there?. *Vegetable crops Research Unit. Department of Horticulture. University of Wisconsin. Mdison.Wi.* 53706.
- Takagi, H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. *In: Rasbinowitch, H.D. and Brewster, J.L. (eds), Onions and Allied crops. Vol. 3. CRC Press, Boca Ratón, Florida.* pp. 109-146

## DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN POBLACIONES NATIVAS DE TOMATE MEXICANO

<sup>1</sup>\*Ramiro Maldonado-Peralta; <sup>1</sup>Aidé Hernández–Hernández; <sup>1</sup>Adalid Graciano-Obeso

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Carretera a Brecha Sin Número. Ej. Burrioncito, Guasave, Sinaloa C.P. 81149.

\*Autor para correspondencia: ramy\_20009@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

En México y Latinoamérica es común encontrar una alta diversidad de formas de frutos de tomate, existen pocas evidencia documental de su aprovechamiento directo en las poblaciones silvestre o cultivadas de tomate nativo en los centros de diversificación y donde se conserva *in situ*, ya sea como fuentes de genes para el mejoramiento o uso directo de esa variabilidad morfológica, distribución geográfica y adaptación a la heterogeneidad ambiental (Mercer y Perales, 2010; Pacheco *et al.*, 2014). Una manera rápida de documentar las divergencias genotípicas entre poblaciones de tomate es mediante la evaluación de las diferencias en caracteres cualitativos gobernados por pocos genes (Falconer y Mackay, 1996). La producción de tomates nativos tiene alta demanda en mercados locales en forma fresca y para platillos como tamales, mole y salsas por su sabor diferente (Ríos *et al.*, 2014).

El alto potencial de producción del tomate hace que requiera grandes cantidades de nutrientes para compensar la alta producción de biomasa (Duarte *et al.*, 2011). La nutrición se explica en función de la participación de los nutrientes en el metabolismo de la planta, presenta impacto importante en el crecimiento y desarrollo, rendimiento y calidad de los frutos (Mejía de Tafur *et al.*, 2007).

Las curvas de crecimiento en los vegetales son un reflejo del comportamiento de una planta en un ecosistema particular con respecto al tiempo. Su elaboración es indispensable para la aplicación racional de las labores culturales en el momento adecuado, para garantizar una respuesta óptima del vegetal de acuerdo con nuestras necesidades y exigencias (Casierra *et al.*, 2004). El patrón de crecimiento de una generación se describe por medio de la curva sigmoidea, la cual resulta de las tasas de crecimiento diferenciales durante el ciclo de vida. Si la materia seca, el área foliar o la altura de una planta se grafican con respecto al tiempo, la curva que se produce será de tipo sigmoidal (Hunt, 1978). Después de la fructificación, el crecimiento y desarrollo de los frutos dependen en gran medida del transporte de metabolitos, elementos minerales, y el agua (Bénard *et al.*, 2015) y la fuerza de los mismos como destino está dada por su tamaño, potencialmente determinado por la cantidad de células fijadas en la anthesis y por su actividad (Ho, 1996). El objetivo de esta investigación fue comparar cuatro poblaciones de tomates nativos y un híbrido comercial en cuanto a su patrón acumulación de biomasa

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en invernadero Instituto Tecnológico Superior de Guasave, (25°52' N y 108°37' O, a 15 m). El material genético estuvo constituido por cuatro poblaciones nativas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), provenientes de las diferentes estados de

México; Campeche con una forma de fruto bola chata, Estado de México con forma de fruto tipo pera, Oaxaca con forma riñón o costilla y Puebla con forma cuadrada (Chinos) y como testigo un híbrido saladette variedad El Cid F1 (Harris Moran).

El manejo del cultivo se inició con la siembra de las semillas de tomate se realizó el 26 de agosto 2018 en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss. A los 30 días después de siembra se hizo el trasplante de los diferentes tratamientos. El trasplante se realizó en bolsas de negras de polietileno de 40X40, las cuales contenían como sustrato arena. Los brotes laterales se podaron, de tal forma que las plantas crecieran a un solo tallo y posteriormente las plantas se tutoraron con rafia. El manejo de plagas y enfermedades consistió en aplicaciones de fungicidas (Cupravit®) e insecticidas (Confidor®). La fertilización de las plantas fue por medio del sistema de riego utilizando una solución nutritiva al 100 % Steiner (Steiner, 1961) y se proporcionaron nueve riegos al día uno cada hora, se inició con 250 ml por planta, se incrementó según la demanda hasta aplicar 1200 ml por planta. Se contó con 20 plantas por tratamiento con dos repeticiones, realizándose siete muestreos: al momento de trasplante, 25, 50, 75, 100, 125 y 150 días después del trasplante (ddt). Las variables agronómicas evaluadas durante el ciclo de cultivo fueron: altura de planta (cm), número de hojas. El rendimiento por planta se calculó mediante la suma del peso total de frutos por planta, obtenida en los muestreos realizados.

Se contabilizó el número y peso de frutos. La biomasa (MS) se obtuvo de las cuatro plantas muestreadas, que se separaron en: tallos, hojas, frutas, flores y las raíces, después se secaron en un horno de aire forzado a 70 °C hasta peso contante. El Análisis estadístico se hizo un análisis de varianza combinado mediante el diseño completamente al azar. Además de una comparación de medias por el método de Tukey ( $p < 0.05$ ), mediante el paquete estadístico SAS (9.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre todas las variables evaluadas (Cuadro 1), de las 5 poblaciones, donde se corrobora la diversidad de características medidas para este trabajo. El coeficiente de variación de algunas variables es muy grande, con 53, 39, 38 y 37 % que indican alta variabilidad en el comportamiento de las colectas evaluadas en el invernadero.

La altura y número de hojas promedio de las plantas es muy semejante a la media de 2.8 m de altura y 43 hojas con lo que reportan Núñez *et al.* (2012), donde la máxima altura fue de 2.8 m y 53 hojas en 180 ddt en tomate tipo bola variedad Beatrice, y según Lemoine *et al.* (2013), las hojas maduras son importantes ya que producen hasta un 80% de carbono fotosintético fijado.

Los intervalos del peso de materia seca de hojas (47-115 g), lo que muestra es que hay poblaciones con más peso de hojas, son el órgano más importante para la fotosíntesis, (Wang *et al.*, 2014) donde la energía de la luz es capturada por la clorofila en las hojas y se utiliza para sintetizar los compuestos de carbono reducido de dióxido de carbono y agua (Heuvelink *et al.*, 2005). La media de materia seca de las hojas, tallos, frutos, raíces y flores, (91, 63, 200, 9.2 y 0.3 g), los fruto presentan la mayor acumulación de materia seca respecto a las demás partes de la plantas y destina el 62% de materia seca total y un 33 % a tallos y hojas en la población Campeche (Figura 2). Núñez *et al.* (2012) reporta en tomate tipo

bola variedad Beatrice destinando 54% hacia los frutos y 46% hacia las hojas y tallos donde se demuestra que hay plantas de tomate muy eficientes.

El número de frutos fue de 41 a 80 frutos por planta y que generan un rendimiento 2.4-5.9 Kg por planta, hay una variación entre las poblaciones muy amplia y según Casierra colaboradores en 2007, los frutos empiezan a acumular grandes cantidades de materia seca a partir de 22 días después de floración, presenta una curva sigmoide hasta el momento de la cosecha. Sin olvidar que el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Peil y Galvez, 2005).

En peso promedio de fruto es de 44-81 g y la clasificación por calibres en mediano (60-84 g) en tomates saladette (PHG, 2012) esto se debe a que los frutos no se clasificaron por tamaño. Según Guichard *et al.* (2005), el tamaño final del fruto está estrechamente relacionado el suministro de fotoasimilados y agua a son muy importantes para el crecimiento y desarrollo, que determinan la calidad de la fruta.

Cuadro 2. Los valores estimados de los parámetros, la media tratamientos representa la diferencia relativa de los parámetros en comparación de medias.

Variable	Media	Desv. est.	CV (%)	Intervalo Min-Max
Altura de planta (m)	2.8**	0.49	15	2.4-3.4
Número de hojas	43.2**	1.45	3	41-44
Materia seca tallo (g)	63.0**	27.14	38	34-98
Materia seca hojas (g)	91.2**	30.39	30	47-115
Materia seca raíz (g)	9.1**	2.79	26	6-11
Materia seca flor (g)	0.3**	0.19	53	0.15-0.57
Materia seca frutos (g)	218.8**	72.25	37	156-323
Número de frutos	57.5**	16.68	25	41-80
Rendimiento (Kg planta)	3.7**	1.48	39	2.4-5.9
Peso de fruto (g)	67.1**	13.67	25	49-81

CV: Coeficiente de variación (%); DMS: Diferencia mínima significativa. (\*\*): Significativo (P>0.05).

#### Acumulación de biomasa en la planta

Las curvas de crecimiento en los vegetales son un reflejo del comportamiento de una planta en un ecosistema particular con respecto al tiempo. La acumulación de biomasa en el tiempo de las cinco población presentaron un una curva sigmoide típica de crecimiento de individuos vegetales (Taiz y Zeiger, 2006). A los 150 días después del trasplante el híbrido acumulo la mayor cantidad de biomasa total con 500 g, seguida por la población Oaxaca (430 g), Puebla (352 g), Estado de México (286 g) y Campeche (245 g) esta fue la población con el menor contenido de biomasa por planta (Figura 1). Entre los destinos de los fotoasimilados existe cierta jerarquía, dentro de la cual algunos órganos sufren una menor reducción en la disponibilidad de asimilados, en las cinco variedades estudiadas la distribución de la biomasa en los órganos tiene la siguiente orden: fruto > hojas > tallo > raíz > flores, siendo los frutos los más beneficiados (Casierra *et al.*, 2003). Según Heuvelink (1995) dice que el 70 % de materia seca se destina los frutos, sin embargo, si la oferta es limitada, la más afectada es la fruta ya que se destina la mayor parte de los fotoasimilados disponibles (Link, 2000). Las labores culturales se deben de realizar en el momento

adecuado para garantizar una respuesta óptima del vegetal en sus órganos de demanda (Casierra *et al.*, 2004).

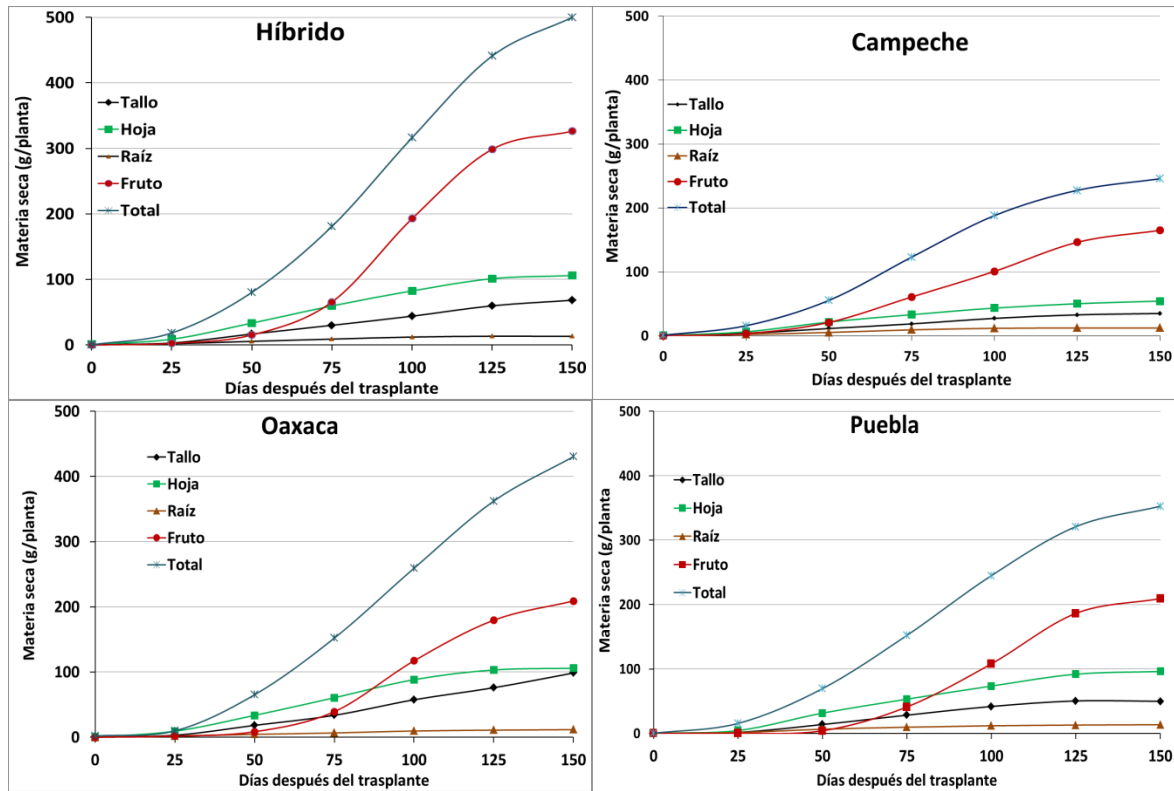


Figura 1. Acumulación de materia seca (MS) en diversos órganos en las poblaciones de tomate nativo mexicano.

### Porcentaje de biomasa

En las cinco poblaciones estudiadas encontraron que la mayor cantidad de materia seca, era destinada en mayor proporción hacia los frutos y en menor proporción hacia los tejidos foliares (Figura 2). El total de biomasa del híbrido (500 g) y la población Campeche (245 g) de estas se destina 63 y 62% para el fruto y para las hojas y tallo se destina 34 y 33 % respectivamente, que se acumuló en 150 días después del trasplante.

Esto trabajos no coincide con realizados por Núñez *et al.* (2012), cada planta acumuló 1003 g de materia seca en 175 días después del trasplante, destinando 54% hacia los frutos y 46% hacia las hojas y tallos.



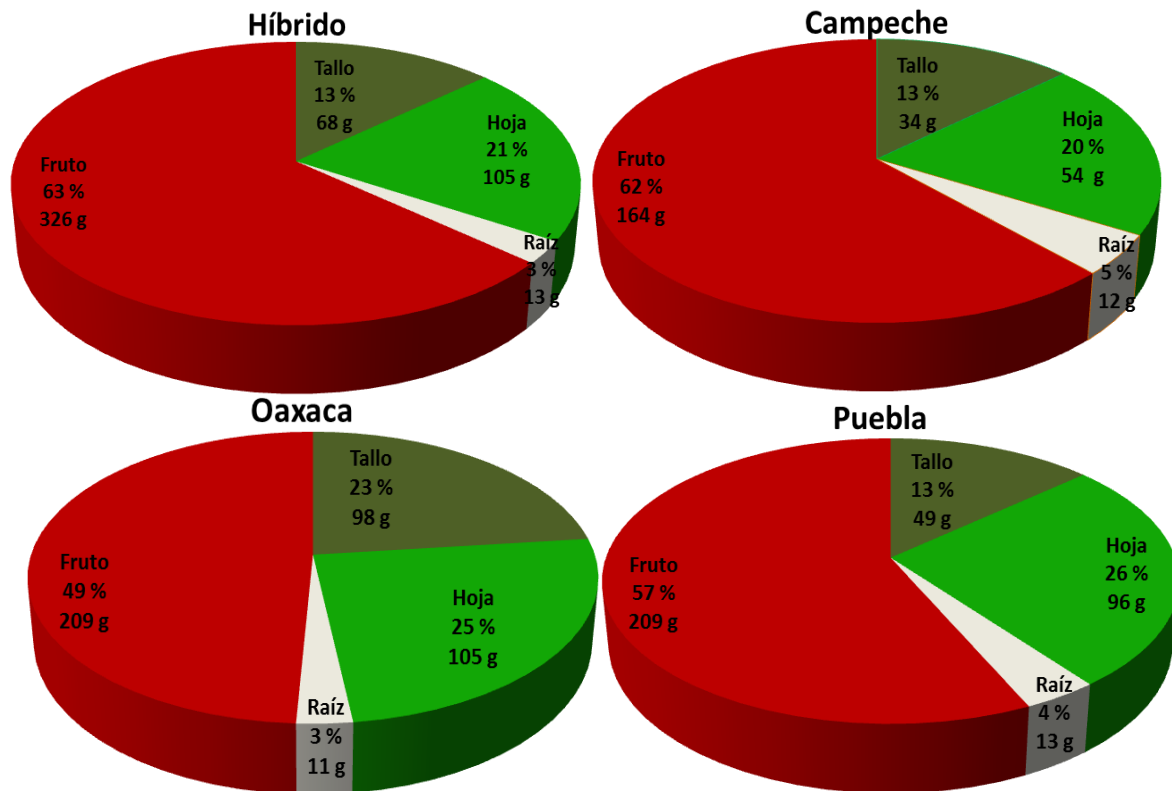


Figura 6. Porcentaje de materia seca (MS) en las poblaciones de tomate nativo mexicano.

## CONCLUSIONES

Los frutos son los órganos de mayor demanda de la planta de los cinco genotipos estudiados. Y además la eficiencia en la acumulación de biomasa es diferente y testigo acumula la mayor cantidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bénard, C., S. Bernillon, B. Biais, S. Osorio, M. Maucourt, P. Ballias, C. Deborde, Sophie Colombié, C. Cabasson, D. Jacob, G. Vercambre, H. Gautier, D. Rolin, M. Génard, A. R. Fernie, Y. Gibon and A. Moing. 2015. Metabolomic profiling in tomato reveals diel compositional changes in fruit affected by source-sink relationships. *Journal of Experimental Botany*. 151: 3-14.
- Casierra, P., F., D.I. Hernández, P. Lüdders y G. Ebert. 2003. Crecimiento de frutos y ramas de manzano 'Anna' (*Malus domestica* Borkh) cultivado en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*. 21(1-2): 69-74.
- Casierra, P. F., V. E. Barreto y O. L. Fonseca. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. Conservero) en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*. 22(1), 40-45.
- Casierra, P. F., M. Constanza P. y J. F. Cárdenas H. 2007. Crecimiento de frutos y ramas de manzano Anna (*Malus domestica* Borkh.) cultivado en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*. 21(1-2), 69-74.
- Duarte, D. C., F. González, O. Campos y M. Pedroso. 2011. Criterios de curvas de acumulación de biomasa para la dosificación de la fertirrigación ecológica del tomate en organopónico. *Ingeniería Agrícola*. 1:1-6.

- Escalante, E. J. A. y J. Kohashi S. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. México. 84p.
- Falconer, D. S and T. F. C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longman Group Ltd. Harlow, Essex, U.K. 464 pp.
- Guichard, S., C. Gary, C. Leonardi and N. Bertin. 2005. Analysis of Growth and Water Relations of Tomato Fruits in Relation to Air Vapor Pressure Deficit and Plant Fruit Load. *Journal of Plant Growth Regulation*. 24:1-13.
- Heuvelink, E. 1995. Growth, Development and Yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia horticulturae*, 61: 77-99.
- Heuvelink, E., M. J. Bakker, A. Elings, R. Kaarsemaker and L. F. M. Marcelis. 2005. Effect of leaf area on tomato yield. *Acta horticulturae*. 691:43-50.
- Ho, L. C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany*. 47: 1239-1243.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The institute of biology's studies in biology No. 76. Edward Arnol. London. 67pp.
- Lemoine, R., S. La Camera, R. Atanassova, F. Dédaldéchamp, T. Allario, N. Pourtau, J. L. Bonnemain, M. Laloi, P. Coutos T, L. Maurousset, M. Faucher, C. Girousse, P. Lemonnier, J. Parrilla, and M. Durand. 2013. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. *Frontiers in Plant Science*. 4:272-283.
- Link, H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 31: 17-26.
- Mejía de Tafur, M. S., E. I. Estrada S. y M. M. Franco P. 2007. Respuesta del tomate chonto cultivar Unapal Maravilla, a diferentes concentraciones de nutrientes. *Acta Agronómica*. 56(2): 75-83.
- Mercer, K. L. and H. R. Perales. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3:480-493.
- Núñez, R. T., R. L. Grijalva C., R. Macías D., F. Robles C. y C. Ceceña D. 2012. Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en tomate de invernadero. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 14 (3): 25-31.
- Pacheco, T. I. A., J. L. Chávez S. y J. C. Carrillo R. 2014. Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 1(1): 28-39.
- Peil, R. M. y J. Galvez, L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista brasileira Agrociência*. 11: 05-11.
- PHG, 2012. Premier Horticultura Group, S. de R.L de C.V es una empresa de Villa Guerrero, Estado de México, Premier horticultura.
- Ríos, O, O., J. L. Chávez S, y J. C. Carrillo R. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 11: 35-51.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15: 134-154.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. 4<sup>a</sup> ed. Sinauer. Sunderland, Massachusetts, USA. 690 p.
- Wang, L., X. Yang, Z. Ren and X. Wang. 2014. Regulation of Photoassimilate Distribution between Source and Sink Organs of Crops through Light Environment Control in Greenhouses. *Agricultural Sciences*. 5: 250-256.

---

## GÉNEROS DE MOSQUITAS BLANCAS EN EL ÁREA DE POANAS, DURANGO

Maihualy Martínez-Fernández<sup>1</sup> y Rodolfo Velásquez-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle de Guadiana – INIFAP, Carr. Durango – El Mezquital, km. 4.5 <sup>2</sup>  
Campo Experimental Zacatecas, km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R.,  
Zacatecas, México. CP 98500. velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Desde el ciclo de cultivo primavera verano 2014 en el área de Poanas, Durango se ha presentado una epifitía en el cultivo de chile (Velásquez-Valle *et al.*, 2014) que involucra la infección por al menos dos patógenos: *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso) y representantes del género *Begomovirus*. CLso es transmitido por el psilido *B. cockerelli* mientras que el vector los Begomovirus son las mosquitas blancas pertenecientes a la especie *Bemisia tabaci* comúnmente conocida como la mosquita blanca del camote que los transmite de una manera persistente y circulativa (Rosen *et al.*, 2015). La severidad de la epidemia que se ha denominado como “virosis” en las parcelas de chile para consumo en fresco y seco ha obligado a la destrucción de parcelas a las pocas semanas después del trasplante (Velásquez-Valle *et al.*, 2014), lo cual podría indicar que las plántulas de chile son infectadas desde la fase de almácigo. La sintomatología asociada con la “virosis” del chile en Durango (mosaico amarillo brillante, deformación de follaje) coincide con la reportada en otras regiones como Baja California Sur, México donde se ha identificado al virus del mosaico dorado (*Pepper golden mosaic virus*: PepGMV) como agente causal de esta sintomatología (Holguín-Peña *et al.*, 2004). Por otro lado, la mosquita blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Tv), de acuerdo con Mena-Covarrubias (2014) se encuentra presente en la zona productora de chile y su presencia es importante ya que se ha mencionado como vector del virus de la clorosis del jitomate (*Tomato chlorosis virus*: ToCV) en plantas de chile en Costa Rica (Vargas-Asencio *et al.*, 2013).

Los estudios para identificar los Begomovirus asociados con la “virosis” en Durango se encuentran actualmente en progreso por lo que se consideró necesario confirmar la presencia de su vector, *B. tabaci* en la región; consecuentemente, el objetivo del trabajo consistió en corroborar la presencia de *B. tabaci* (Bt) en el área productora de hortalizas de Poanas, Dgo durante las épocas de producción de plántula y de desarrollo del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

Se colectaron adultos de mosquita blanca entre 2018 y 2019 en maleza dentro y alrededor de parcelas comerciales de diferentes tipos de chile, en almácigos de chile, manchones de maleza y otros cultivos. Para atrapar los adultos de mosquita blanca se utilizó un succionador; los adultos capturados se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) para su identificación y cuantificación. La identificación de las mosquitas blancas pertenecientes a la especie *B. tabaci* se logró por medio de la información proporcionada por Carapia y Castillo-Gutiérrez (2013) y Mena-Covarrubias (2014) considerando la morfología de los ocelos; los adultos de *B. tabaci* muestran ojos compuestos divididos y cada ojo consiste de dos grupos separados de omatidias con una omatidia formando un puente entre los dos grupos de omatidias ya mencionados. Por el contrario, en los adultos de *T. vaporariorum* las omatidias se encuentran completamente separadas (Figura 1).

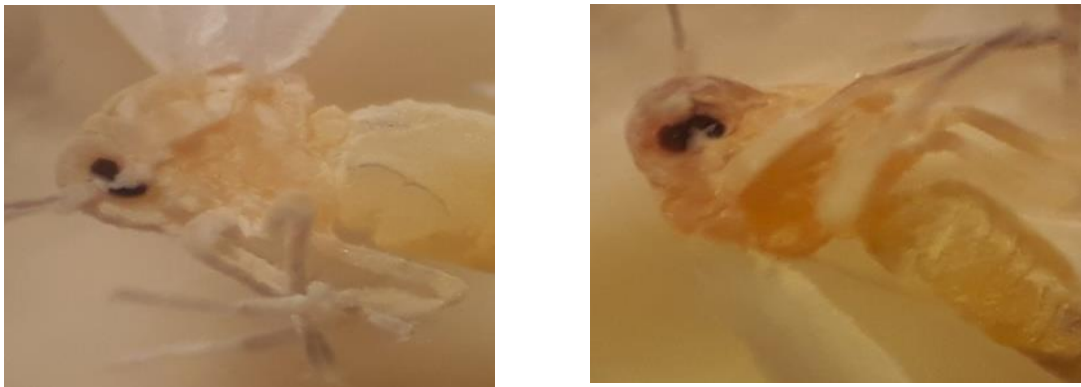


Figura 1. Características morfológicas de *B. tabaci* y *T. vaporariorum*.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se colectaron adultos de mosquita blanca en 25 parcelas o sitios de muestreo que incluían parcelas comerciales de chile (14), frijol (3) y calabaza (3), almácigos de chile (2) y manchones de maleza (3) en el área de Poanas, Durango (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presencia de especies de mosquita blanca en parcelas de chile, frijol, calabaza, almácigos de chile y manchones de maleza en Poanas, Durango.

Mosquita blanca				
Parcela/sitio de muestreo	Tipo de chile / hospedero	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Trialeurodes abutilonea</i>
1	Tornachile	46.1 <sup>1</sup>	53.8	0.0
2	Chile Puya	33.3	66.6	0.0
3	Chile Mirasol	75.0	25.0	0.0
4	Frijol	53.8	46.1	0.0
5	Frijol	23.5	76.4	0.0
6	Frijol	63.6	36.3	0.0
7	Calabaza	50.0	50.0	0.0
8	Maleza (hoja ancha)	50.0	50.0	0.0
9	Chile Mirasol	37.5	62.5	0.0
10	Chile Jalapeño	27.3	72.7	0.0
11	Calabaza	83.3	16.7	0.0
12	Chile Ancho	68.7	31.2	0.0
13	Maleza (hoja ancha)	50.0	37.5	12.5
14	Chile Anaheim	75.0	25.0	0.0
15	Chile Mirasol	33.3	66.6	0.0
16	Maleza (hoja ancha)	66.6	33.3	0.0
17	Chile (almácigo)	50.0	50.0	0.0
18	Chile (almácigo)	100.0	0.0	0.0
19	Chile Mirasol	28.6	71.4	0.0

20	Chile Mirasol	66.6	33.3	0.0
21	Calabaza	45.4	54.5	0.0
22	Chile Mirasol	28.6	71.4	0.0
23	Chile Mirasol	75.0	25.0	0.0
24	Chile Mirasol	70.0	30.0	0.0
25	Chile Mirasol	50.0	25.0	25.0

<sup>1</sup> Porcentaje de la población total capturada en cada parcela o sitio de muestreo.

En la mayoría de las parcelas o sitios de muestreo se capturaron poblaciones mixtas de Bt y TV aunque en proporciones variables; destacan un almácigo de chile donde el 100% de las mosquitas blancas capturadas pertenecían a Bt y una manchón de maleza donde además de Bt y Tv se capturaron especímenes de la mosquita blanca de las alas manchadas, *T. abutilonea*. Es importante destacar la presencia de Bt en los dos almácigos de chile que podría ayudar a explicar la alta incidencia de la “virosis” durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo inmediatamente después del trasplante. La presencia de Tv en uno de los dos almácigos muestreados agrega un potencial mayor riesgo de infección viral (Cuadro 1).

Poblaciones mixtas de Bt y Tv se encontraron en parcelas de frijol; aunque las plantas de este cultivo son mencionadas como un hospedero no preferido de Bt, este insecto puede alimentarse y reproducirse sobre las plantas leguminosa (Cuellar y Morales, 2006), por lo que la presencia de Bt en ellas debe considerarse dentro de un programa de manejo integrado de la “virosis”, aunque es necesario comprobar que las poblaciones de Bt presentes en el cultivo de frijol son capaces de infectar plantas de chile.

Un caso especial es de los manchones de maleza, principalmente de hoja ancha donde se detectaron poblaciones mixtas de Bt y Tv, sin embargo, en uno de esos manchones se identificó también a la mosquita de las alas bandeadas, *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman) (Ta), la cual es reconocida por las bandas oscuras en zig-zag en las alas frontales en tanto que las alas posteriores no las presentan y los ojos muestran una coloración rojo oscuro y se encuentran completamente separados (Figura 2). Adultos de Ta fueron colectados en

una parcela de chile Mirasol aunque en menor proporción que Bt y Tv. La presencia de Ta ha sido mencionada en la Comarca Lagunera (Avila, 2000).



Figura 2. Adulto de la mosquita blanca de las alas bandeadas mostrando el patrón gris en las alas anteriores.

Aunque los hospederos registrados de Bt incluyen al menos 540 especies en 77 familias botánicas, un trabajo realizado en Brasil (Bezerra *et al.*, 2004) reveló que Bt mostró un patrón de preferencia de oviposición entre cuatro especies de malas hierbas, entre las cuales, una especie de quelite, *Amaranthus deflexus* L. fue el menos infestado, por lo que es probable que la composición botánica de los manchones donde se encontraron poblaciones de las tres especies de mosquitas blancas en el actual trabajo haya influido en la presencia y proporción de esos insectos.

Se colectaron poblaciones de mosquitas blancas en tres parcelas con plantas de chile para consumo en fresco (anaheim, tornachile y jalapeño) y 11 para secado (ancho, puya y mirasol); independientemente del tipo de chile, en siete de esas parcelas fue mayor el número de especímenes de Bt mientras que en las otras siete parcelas preponderó el de Tv. En dos de las parcelas de chile para consumo en fresco el porcentaje de Tv fue mayor que el de Bt mientras que en seis de las parcelas de tipos para consumo en seco predominó Bt y en cinco fue mayor la población de Tv. Es importante mencionar que Ta sólo fue encontrada en una parcela de chile mirasol en donde también se encontraron, en mayor proporción, Bt y Tv. (Cuadro 1).

---

## CONCLUSIONES

En el área de Poanas, Durango se identificaron tres especies de mosquitas blancas *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum* y *Trialeurodes abutilonea* en cultivos de importancia económica como chile, calabaza y frijol así como en manchones de maleza. Su presencia en esta área es de importancia fitopatológica dada su capacidad para actuar como vectores de virus.

## BIBLIOGRAFIA

- Ávila GMR. 2000. Identificación de especies de mosquitas blancas y sus plantas hospedantes en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Bezerra M-A, de Oliveira MRV, Vasconcelos SD. 2004. Does the presence of weeds affect *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera:Alyrodidae) infestation on tomato plants in a semi-arid agroecosystem? *Neptropical Entomology* 33:769-765.
- Carapia RVE y Castillo-Gutiérrez A. 2013. Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* Gennadius) (Hemiptera:Aleyrodidae). *Acya Zoológica Mexicana* 29:178-193.
- Cuellar, ME y Morales FJ. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología* 32:1-9.
- Holguín-Peña RJ, Vazquez-Juárez R y Rivera-Bustamante RF. 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.
- Mena-Covarrubias J. 2014. Insectos vectores de virus y fitoplasmas en el cultivo de chile en México. *In: Virus y fitoplasmas de chile: una perspectiva regional*. Libro Técnico Núm. 14. Campo Experimental Zacatecas INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 279 p.
- Rosen R, Kanakala S, Pakkianathan C, Farich BA, Santana-Magal N, Elimelech M, Kontsedalov S, Lebedev G, Cilia M, and Ghanim M. 2015. Persistent, circulative transmission of Begomoviruses by whitefly vectors. *Current Opinion in Virology* 15:1-8. DOI: [10.1016/j.coviro.2015.06.008](https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.06.008)
- Vargas-Asencio JA, Hernández E, Barboza N, Hammond R, Mora F, and Ramírez P. 2013. Detection of *Tomato chlorosis virus* and its vector *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse-grown tomato and sweet pepper in the Cartago province, Costa Rica. *Journal of Plant Pathology* 95:627-630.
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR, Mena-Covarrubias J, Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA. 2014. Outbreak of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in dried chile pepper in Durango, Mexico. *Agrofaz* 14:93-98.



---

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL DE CANDELILLA (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) Y BAJO DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE COAHUILA**

**Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1</sup>, Juan Estrada-Ávalos<sup>2</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Km 30 Carretera Gómez Palacio a Tlahualilo 35000, Gómez Palacio, Durango, México.

[im\\_aldo09@hotmail.com](mailto:im_aldo09@hotmail.com) <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera. Km. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento 35150 Gómez Palacio, Durango, México.

### **INTRODUCCIÓN**

El norte de México es una zona con grandes extensiones de zonas áridas y semiáridas y ocupan más de la mitad del territorio mexicano; estas zonas están cubiertas principalmente por diferentes tipos de comunidades arbustivas que reciben el nombre genérico de matorral xerófilo, alternando con pastizales y algunas zonas con vegetación arbórea (Rzedowski, 1978). Las zonas áridas y semiáridas alojan una gran biodiversidad, mas sin embargo, no todos los recursos de esta índole cuentan con potencial para ser explotados de manera comercial, afectando y generando problemática entre sus habitantes. Aunado a ello, se presentan constantes cambios en el clima que se traducen en bajos números en la eficiencia en producción agrícola y pecuaria, por lo cual se deja al aprovechamiento de recursos forestales no maderables (RFNM) como los medios de subsistencia de los habitantes en zonas rurales. Actualmente la extracción de estos recursos no es la adecuada y el aprovechamiento es generado de manera desmedida por parte de los pobladores, y por lo general venden a bajo precio el recurso obtenido debido a la carente información en relación al trabajo realizado de aprovechamiento por parte de comunidades (Villa-Castorena et al., 2010).

Debido a las de condiciones restrictivas de las zonas donde se desarrolla la candelilla, las cuales son características de zonas áridas, ha desarrollado mecanismos que le permiten sobrevivir y reproducirse bajo condiciones de escasa disponibilidad y temperaturas extremas, condiciones que son limitantes para otras especies vegetativas (Rojas et al., 2011).

El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución potencial de candelilla en el estado de Coahuila, y el impacto del cambio climático para 2050 y 2070 bajo dos vías de concentración de gases de efecto invernadero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se llevó a cabo en la entidad de Coahuila cuyas coordenadas extremas son 24°35' a 29°50' latitud norte y 99°50' a 104°0' longitud oeste, con una superficie de 151 563 km<sup>2</sup> y una elevación media de 1307 m.s.n.m.(INEGI, 2018). El clima es generalmente seco, con rangos desde semi-cálido hasta cálido extremo, con una temperatura media anual de 18 a 22°C y una precipitación total anual de 400 mm (García, 1998). La vegetación predominante en la entidad es el matorral con 101 137.85 km<sup>2</sup>, la agricultura en sus modalidades abarca 7 902.87 km<sup>2</sup>, los bosques ocupan 4 860.62 km<sup>2</sup> y las zonas de pastizal 11 286.90 km<sup>2</sup> (INEGI, 2016).

Se obtuvieron 345 registros (Figura 1) a través de tres diferentes fuentes: salidas a campo en junio de 2016, de la base de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2018) y del inventario nacional Forestal (CONAFOR, 2014). Estos se llevaron a un proceso de depuración para eliminar registros duplicados y presentar un registro por km<sup>2</sup> mediante la rutina del programa NicheToolBox de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Osorio-Olvera et al., 2016). La información en formato raster se obtuvo de las 19 capas alojadas en la base de datos de WorldClim versión 1.4 a una escala de 30 arc-segundos (~1 km), información climática promedio de 1960 a 1990 (Hijmans et al., 2005). La selección de las capas con mayor influencia para la especie, se llevó a cabo generando un polígono mínimo convexo del total de registros ya depurados, posteriormente se colocaron 10000 puntos de fondo y se extrajo la información climática (Fitz-Maurice et al., 2013). Se generó una matriz de correlación y análisis de componentes principales para seleccionar aquellas con asociación en común, pero con correlaciones menores a 0.70, con la finalidad de evitar la multicolinealidad (Merow et al., 2013).

Para las climatologías de 2050 y 2070, representadas por el promedio de los periodos de 2041-2060 y 2061-2080 respectivamente, se empleó el modelo HadGEM2-ES bajo dos trayectorias representativas de concentración (RCP's) de gases de efecto invernadero: rcp 2.6 y rcp 8.5 (Walton et al., 2013). La información de suelo se extrajo del portal SoilGrids a

una escala de 250 m por pixel (Batjes et al., 2017). Las variables empleadas fueron fragmentos volumétricos, densidad, pH y capacidad de intercambio catiónico, que fueron transformadas a la escala de WorldClim (Hengl et al., 2017). En relación a las variables de relieve, se obtuvo el modelo digital de elevación del continuo de elevaciones mexicano 3.0 de 30 m por pixel (INEGI, 2013). La información del modelo, al igual que con la de suelo, se transformó a resolución espacial de 30 arc-segundos, y a partir de la elevación y el software ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014), se obtuvo la exposición y pendiente. El uso de suelo se obtuvo de la información vectorial de INEGI, precisamente de la capa uso de suelo y vegetación serie VI, esta atravesó un proceso de rasterizado y homologación de tamaño de pixel con ArcGIS 10.3 (INEGI, 2016).

El software MaxEnt emplea el enfoque de máxima entropía (Philips et al., 2006), y es ampliamente usado por la comunidad científica para determinar distribución de especies de flora y fauna solamente con registros de presencia (Elith et al., 2006). Se llevó a cabo una calibración para reducir la complejidad del modelo a través de la información del polígono mínimo convexo y los registros de la especie mediante el coeficiente estandarizado del criterio de información Akaike AICc, (Warren et al., 2011). El modelo se evaluó por la curva ROC (Receiver Operating Characteristic, por sus siglas en inglés), la cual es una representación gráfica que permitió calcular el estimador del rendimiento del modelo, denominada área bajo la curva ROC (AUC, por sus siglas en inglés) (Hernández, Graham, Master & Albert, 2006). El número de repeticiones fue de 100, de iteraciones 1000 y se consideró el 75% de los registros para efectos de entrenamiento y el resto para validación, con salida logística (Dambach et al., 2011).

## **RESULTADOS Y DISUSIÓN**

El total de registros para el desarrollo del modelo fue de 143 después del proceso de depuración y un AICc de 1, que de acuerdo a Stockwell & Peterson, (2002), sugieren que se use un número mayor a 50 para que la predicción sea robusta. En el estudio de Bañuelos-Revilla, Palacio-Núñez, Martínez-Montoya, Olmos-Oropeza & Flores-Cano, (2019), emplearon solamente 18 registros de candelilla para el norte de Zacatecas, presentando un buen desarrollo en el modelo (AUC = 0.92).

En el presente estudio se obtuvo un AUC de 0.90, lo que lo ubica como excelente conforme a (Araujo et al., 2005) y la habilidad de los modelos para la clasificar la presencia de la

especie en el ambiente geográfico (Parolo et al., 2008). En la Figura 1, se presenta la distribución actual de candelilla en el estado de Coahuila, la intensidad en los colores determina el grado de presencia y se observa una amplia superficie de condiciones de baja a alta, debido a las condiciones de aridez de la entidad, la cual es ideal para la presencia de la especie (Mendoza-Hernández, Zermeño-González, Covarrubias-Ramírez & Cortés-Bracho, 2013).

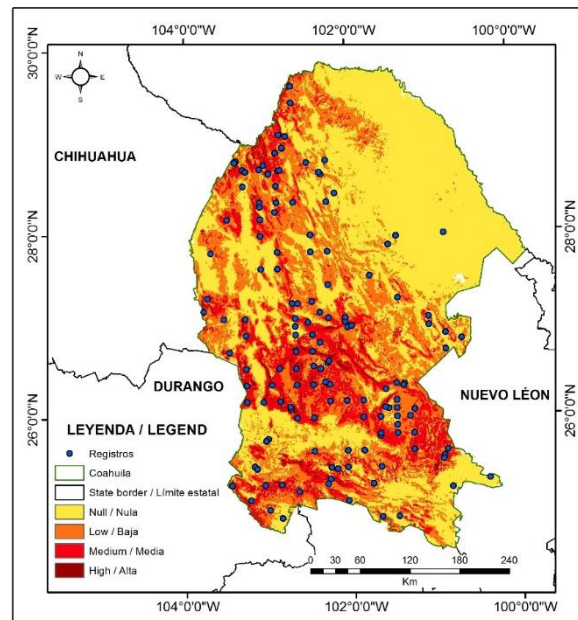


Figura 1. Zonas de aptitud de presencia de candelilla para el estado de Coahuila.

El área con presencia alta de candelilla fue de 3,123.30 km<sup>2</sup>, siendo solamente el 2.06 % del total del área de estudio. La distribución presenta semejanzas del estudio de Molina et al., (2011), sin embargo, en el presente estudio se categorizó por grado de aptitud. De este análisis se observó que las principales variables que describen el nicho de candelilla en Coahuila son los fragmentos volumétricos, la isothermalidad y la profundidad al lecho rocoso, ya que entre ellas tres explican más de la mitad (64.3%) de los modelos de predicción.

La variable más importante que condiciona la presencia de candelilla en el estado de Coahuila son los fragmentos gruesos, lo cual concuerda con (Zamora-Martínez, Méndez, Pérez & Cortés, 2013), ya que esta especie se desarrolla en suelos altamente pedregosos, debido a que una alta presencia de piedras favorece en la acumulación de agua en épocas de lluvia y por ende a una humedad disponible a la planta. El estudio de Hernández-Herrera,

Moreno-Reséndez, Valenzuela-Núñez, Martínez-Sifuentes & Flores, (2018), encontraron que la profundidad, la densidad aparente y la precipitación anual en conjunto determinan el 56.2% de presencia de candelilla a nivel nacional, lo cual confirma el resultado obtenido a nivel estatal con las variables empleadas en este estudio. Por otro, el estudio de distribución potencial de candelilla para Zacatecas de Bañuelos-Revilla, Palacio-Núñez, Martínez-Montoya, Olmos-Oropeza & Flores-Cano, (2019), encontraron que entre el tipo de vegetación, la exposición y la pendiente, el modelo explica el 40.5% de la presencia, que dentro de este estudio solo la variable de exposición se encuentra dentro de las variables con mayor contribución, esta diferencia se puede deber a la superficie del polígono de estudio, ya que se trabajó a nivel estatal y se consideraron diferentes variables.

Los resultados obtenidos en relación a la posible presencia de candelilla bajo dos escenarios de cambio climático se presentan en la Figura 2, el comportamiento se presenta con aumentos y disminuciones. Considerando la aptitud de alta para todos los escenarios, el rcp2.6 de 2050 presenta un aumento de 895.87 km<sup>2</sup> con relación a la condición actual, pero disminuye 507.79 km<sup>2</sup> para 2070, siempre con cifras por encima de la superficie de presencia actual, escenario que presentaría una reducción sustancial de gases de efecto invernadero y con una temperatura no excedente de los 2°C (IPCC, 2014). Para el rcp 8.5 en 2050, la superficie disminuirá 593.76 km<sup>2</sup>, y para 2070 aumentará 293.27 km<sup>2</sup>, pero en comparación del rcp 2.6, este escenario presenta superficies por debajo de la actual (Figura 3), lo cual evidencia la dependencia de la temperatura en la presencia de candelilla en el norte de México (Martínez-Salvador, 2013).

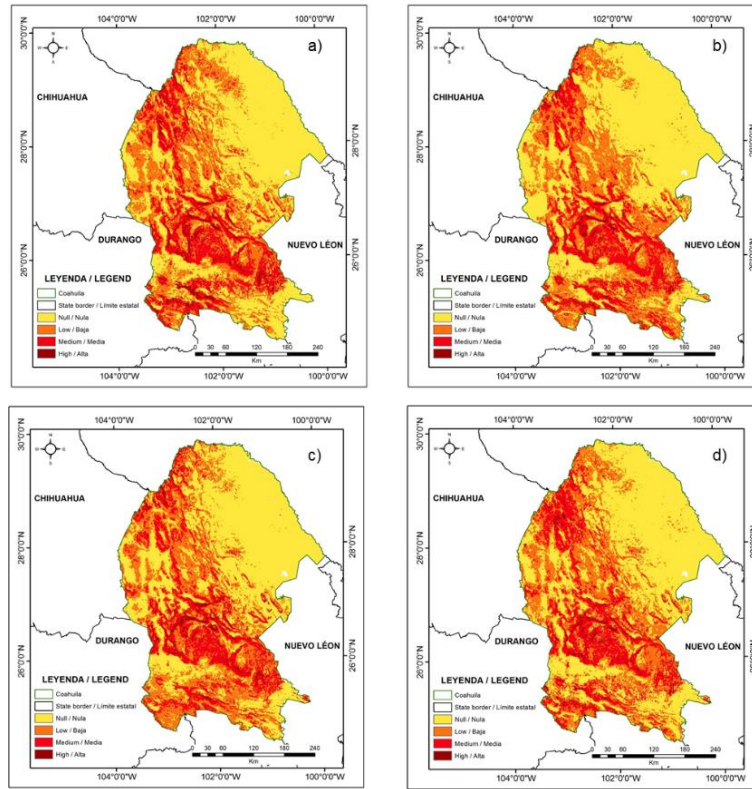


Figura 2. Distribución potencial de candelilla bajo diferentes escenarios de cambio climático, a) 2050 rcp2.6, b) 2050 rcp8.4, c) 2070 rcp2.6 y d) 2070 rcp8.4.

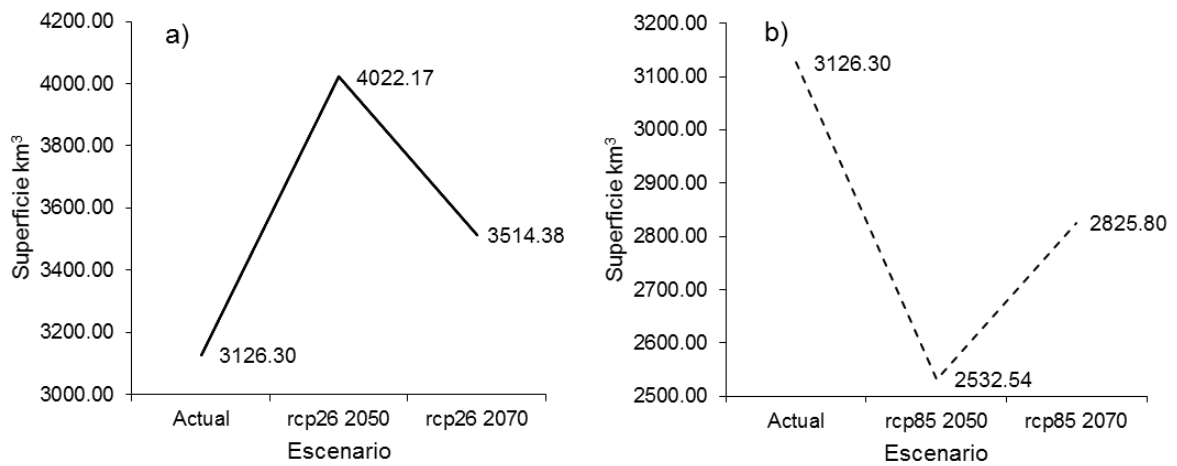


Figura 3. Comportamiento de la superficie proyectada, ocupada por candelilla bajo escenarios de cambio climático.

De manera natural, las especies forestales no maderables, están sujetas a aprovechamiento humano, y su distribución depende de rasgos ambientales y antrópicos (Bañuelos et al., 2019). A menudo es difícil predecir la distribución de especies debido a impactos que ocurrieron o ocurren, pero los modelos aun sujetos a errores y sesgos, representan una herramienta útil para la implementación de planes de manejo (Varela et al., 2014).

### **CONCLUSIONES**

La candelilla es un recurso forestal no maderable de gran importancia en México. La cera que se obtiene a partir de esta planta, la ha ubicado como uno de los diez productos forestales con mayor importancia económica para el país, y su colecta representa una actividad que genera ingresos para muchas familias que habitan en comunidades de las zonas áridas y semiáridas. El modelo para obtener la distribución potencial actual presentó buen desarrollo, siendo los fragmentos gruesos, isothermalidad y profundidad, las variables más importantes que condicionan la presencia de la especie en Coahuila. La distribución se clasificó en cuatro aptitudes, siendo la alta la que se localiza en el rango de 0.75 a 1, y presentó un 2.06% respecto a la superficie total de la entidad. El comportamiento de la candelilla bajo escenarios de cambio climático consistió en aumentos de superficie bajo el escenario rcp2.6 con respecto a la superficie actual, pero con disminución de superficie bajo el escenario rcp8.5, situación común en estudios de distribución de especies sujetas a proyección. Las herramientas geoespaciales permiten desarrollar estudios ecológicos, dirigidos a establecer estrategias para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de gran importancia económica para las comunidades.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W. & Erhard, M. (2005). Validation of species climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11, 1504–1513. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x>
- Ávila, R. F. (2007). La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el norte de Zacatecas. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. 67 p
- Bañuelos-Revilla, J. E., Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., & Flores-Cano, J. A. (2019). Distribución potencial y abundancia de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el norte de Zacatecas, México. *Madera y Bosques*, 25(1). doi: 10.21829/myb.2019.2511657
- Batjes, N. H., Ribeiro, E., Oostrum, A. V., Leenaars, J, Hengl, T. & Mendes, J. (2017). WoSIS: Providing standardised soil profile data for the world. *Earth System Science Data*, 9, 1–14. <https://doi.org/10.5194/essd-9-1-2017>

- Cervantes-Ramírez, M. C. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. *Temas Selectos de Geografía de México*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México
- CONAFOR. (2012). Programa Nacional Forestal. Diario Oficial de la Federación
- CONAFOR. (2014). Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2013-2014. Registros de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.)
- Dambach, J. & Rödder, D. (2011) Applications and future challenges in marine species distribution modeling. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21, 92–100. <https://doi.org/10.1002/aqc.1160>
- ESRI (2014). Software ArcGIS version 10.3
- Fitz-Maurice, B., Sotomayor, M., Fitz-Maurice, W. A., Hernández, H. & Smith, M. (2013). *Astrophytum coahuilense* (Bonete de Obispo); Distribución Conocida; Catálogo de Metadatos Geográficos/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México: 2013. Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis>
- GBIF. (2018). GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fpwltz>
- García, E. (1998). *Isotermas Medias Anuales*. Escala 1:1000000, México.
- Hengl, T., Mendes de Jesus, J., Heuvelink, G. B., Ruiperez-Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shanguan, W., Wright, M., Gen, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M., Vargas, R. & Kempen, B. (2017) SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, 12, e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., & Albert, D. L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773–785. doi: 10.1111/j.0906-7590.2006.04700.x
- Hernández-Herrera, J. A., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L. M., Martínez-Sifuentes, A. R. & Flores, M. (2018). Requerimientos climáticos y edáficos para *Euphorbia antisiphilitica* Zucc en México. *Memorias 2º Congreso Mexicano de Fisiología Vegetal*.
- INEGI. (2013). Continuo de elevaciones mexicano 3.0. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Consultado en: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionemex/>
- INEGI. (2016). Carta vectorial de uso de suelo y vegetación, serie VI, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- IPCC. (2014). WGII AR5. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. IPCC.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hoffman, A. A. & Sgró, C. M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*. 470, 479-485. <https://doi.org/10.1038/nature09670>
- INEGI. (2018). Áreas geoestadísticas estatales 1:250 000, edición 1. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Martínez-Salvador, M. (2013). *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*. Aldama, Chihuahua, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrarias y Pecuarías–Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Sitio Experimental La Campana. Libro Técnico Núm. 05.
- Mendoza-Hernández, J. M., Zermeño-González, A., Covarrubias-Ramírez, J. M. & Cortés-Bracho, J. J. (2013). Climate predictions for the state of Coahuila using the precis model under two emissions scenarios. *Agrociencia*, 47, 523-537. Consultado en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n6/v47n6a1.pdf>
- Merow, C, Smith, M. J. & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Molina, R. R., Saucedo, S., De León, M., Jasso, D. & Aguilar, C. (2011). Pasado, presente y futuro de la candelilla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(6), 7-18. Consultado en: <http://www.redalyc.org/pdf/634/63438961002.pdf>
- Osorio-Olvera, L., Vijay, B., Narayani, B., Soberón, J. y Falconi, M. (2016). Ntbox: From getting biodiversity data to evaluating species distributions models in a friendly GUI environment. R package version 0.2.5.4. Consultado en: <https://github.com/luisumuro/ntbox>.



- Parolo, G., Rossi, G. & Ferrarini, A. (2008). Toward improved species niche modelling: arnica montana in the Alps as a case study. *Journal of Application Ecology*, 45(5), 1410-1418
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Rzedowski, J. (1992). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Revista Ciencias No. Especial* 6, 47-56.
- Stockwell, R. B. D., & Peterson, A. T. (2002). Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148, 1-13. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00388-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00388-X)
- Varela, S., Mateo, R. G., García-Valdés, R., & Fernández-González, F. (2014). Macroecología y ecoinformática: sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Revista Ecosistemas*, 23(1), 46–53. doi: 10.7818/831
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Inzunza-Ibarra, M. A., González-López, M. de L., & Arreola-Ávila, J. G. (2010). Producción de plántulas de Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) mediante estacas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(1), 37-47. doi: 10.5154/r.rchscfa.2009.07.027
- Walton, D., Meyerson, J. & Neelin, J. D. (2013). Accessing, downloading, and viewing CMIP5 data. *Earth system grid federation*. 25 p.
- Warren, D. L. & Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: The importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 21, 335-342. <https://doi.org/10.1890/10-1171.1>
- Zamora-Martínez, M., Méndez, C., Pérez, R. & Cortés E. (2013). *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.: recurso forestal no maderable de alto valor económico. Folleto técnico N° 12, CENID-COMEF, Consultado en: [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4109/COME\\_F\\_010208224300050409ok.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4109/COME_F_010208224300050409ok.pdf?sequence=1).

---

## ADAPTACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

<sup>1</sup>Gamaliel Orozco Hernández y <sup>1</sup>Francisco Báez Iracheta

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- Campo Experimental Delicias Km 2. Carretera Delicias – Rosales, Cd. Delicias, Chihuahua. C.P.33 000. [orozco.gamaliel@inifap.gob.mx](mailto:orozco.gamaliel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

En el estado de Chihuahua anualmente se siembran alrededor de 10, 156 hectáreas de maíz para la producción de forraje, que producen por año un promedio de 391, 610 toneladas de forraje en base a materia verde y un rendimiento promedio por hectárea de 38.7 toneladas. En la región de Delicias año con año se utilizan híbridos de maíz que en sus inicios eran específicos para la producción de grano o que eran grandes productores de materia verde (Núñez *et al.*, 2003; Ferrarettoand y Shaver, 2015). El maíz forrajero es una excelente fuente de energía digestible, constantemente se estas produciendo nuevos híbridos con características agronómicas más ideales para la alimentación del ganado lechero (Zom *et al.*, 2012). Sin embargo, no hay una adecuada elección del híbrido a utilizar, muchas veces se desconoce la capacidad de producción (kg de MS/ha) y menos se conoce la calidad del forraje, que es un factor determinante de la respuesta en producción individual e indirectamente en la ganancia diaria de la producción de leche (Nuñez *et al.*, 2003). La amplitud de materiales genéticos de maíz, ofrece excelentes alternativas para la elaboración de silajes de alto rendimiento y alta calidad; deben convertirse en un elemento estratégico en la planificación de sistemas de producción intensivos de alta producción y rentabilidad (Nuñez *et al.*, 2005).

El costo por concepto de alimentación de las vacas lecheras es uno de los puntos más importantes a considerar ya que constantemente se incrementan los precios de los ingredientes que componen el concentrado como son los granos, pastas de oleaginosas, harinolina, granos secos de destilería, etc. La fuente más económica para producir leche son los ensilados de maíz y de cereales de grano pequeño, si se desea disminuir el costo para producir un litro de leche es necesario la máxima utilización de forrajes o ensilado de maíz en las raciones integrales de las vacas lecheras, no solo buscando disminuir el uso de concentrados sino también el uso de heno de alfalfa.

Existen variaciones importantes en producción de materia seca por hectárea y en calidad nutricional entre híbridos de maíz para forraje, la correcta selección del híbrido es fundamental para mejorar la calidad del ensilado de maíz (Khan *et al.*, 2014).

Hay variabilidad entre híbridos en el contenido de fibra detergente neutro con valores desde 57.9 a 65.4%, diferencias en el grado de digestibilidad por las diferencias en el contenido de grano; también hay diferencias entre híbridos en los ciclos de cultivo, hay estudios que indican mayor digestibilidad en híbridos precoces en comparación a híbridos de ciclo más tardío.

### **MATERIALES Y METODOS**

El experimento se estableció en terrenos del Campo Experimental Delicias, ubicado en el km 2 Carretera Delicias – Rosales. La siembra se realizó con una sembradora de precisión marca Gaspardo el 4 de junio, se depositaron 7 semillas por metro en surcos separados a 0.80 m. El cultivo se fertilizo con una formula total de 246-108-00, se aplicaron cinco riegos de auxilio. Para el control de gusano cogollero se utilizó insecticida Lorsban WG. Y para el control de malezas se realizaron dos cultivos y una limpia manual. Dependiendo del ciclo de cada híbrido la cosecha se realizó a los 107, 114 y 119 días después de la siembra.

Se evaluaron 21 híbridos comerciales y una variedad de maíz, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, una parcela experimental de cuatro surcos de 0.80 m de ancho por 30 m de longitud, y una parcela útil de dos surcos centrales de 5 m de longitud. Para estimar rendimiento de materia verde se cosecho la parcela total de 2 surcos de 5 metros de longitud, de esa muestra se seleccionaron dos plantas para picarlas y estimar el % de materia seca (% MS); otras dos plantas también se separaron y picaron para enviar a laboratorio y obtener el contenido nutricional de cada híbrido. También se estimó el porcentaje de elote seleccionando 5 plantas al azar obteniendo el peso total para posteriormente separar las mazorcas, quitar las hojas de la mazorca y pesar los puros elotes.

Se determinó: porcentaje de materia seca (PMS), rendimiento de materia seca total (RMST), porcentaje de elote (PEL), porcentaje de proteína cruda (PPC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), porcentaje de almidón (PAL), digestibilidad in vitro de la fibra detergente neutro (DFDN), energía neta de lactancia (ENL), la producción de leche en lt/vaca/día (PLV), el consumo de forraje en kg/vaca/día (CFV) y la producción de leche por hectárea (LEHA) utilizando el programa Milk 2006 de la Universidad de

Wisconsin. Los resultados se analizaron como bloques al azar con una comparación de medias por Duncan utilizando el programa Statistical Analysis System (Sas 2012).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se presentan las principales características agronómicas, 11 híbridos con mayor vigor y uniformidad en la nacencia. Al realizar una calificación visual del daño de gusano cogollero a los 15 días posteriores a la nacencia destacan Antílope, Antílope-Y, NB-21 y B-555 que no presentan daño. En los días a floración femenina hubo diferencia altamente significativa, solo el híbrido B-937 tiene el ciclo más largo con 73 días a floración; en el siguiente nivel de significancia se ubican los híbridos B-555, Antílope y SB-121 con 70, 69 y 69 días a floración. En altura de planta también hubo diferencia altamente significativa, son nueve híbridos los más altos con alturas de planta entre 239 y 254 centímetros (Ver Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Características agronómicas de 22 genotipos de maíz en Delicias, Chih. Ciclo P-V 2018.

HÍBRIDO	VIGOR A NACENCIA 1	DAÑO POR COGOLLERO 2	DÍAS A FL. FEM.	ALT PL (cm)	ALT MZ (cm)
ANTÍLOPE	5	0	69 BC	245 AB 212	129 BCD 119
NA-731	5	1	64 EF	H	CDEF
ANTÍLOPE Y	5	0	67 CD	244 ABC 241	130 BC 119
P-3097	4	1	63 FG	ABCD	CDEF
NB-21	3	0	66 DE	239 ABCDE	127 BCDE
NOBLE	4	1	64 FG	230 BCDEF	128 BCD
BUCÉFALO	5	1	68 CD	227 DEFGH	128 BCD 123
B-555	4	0	70 B	238 ABCDE	CDEF 126
AQUILES	5	1	63 FG	239 BCDE	122 BCDE
B-937	4	1	73 A*	232 ABCD	CDEF
SB-121	4	1	69 BC	213 BCDEF	102 139 B
ARTILLERO	5	1	62 G	GH	G
9105	5	1	63 FG	239 ABCDE	121 CDEF
ALAZÁN	3	1	67 CD	222 FGH	110 FG

B-1020 Y	5	1	64	EF	239 ABCDE	131 BC
ABT-8576 (t)	4	1	68	CD	235 BCDEF	122 CDEF
DORADO	4	1	64	EF	224 EFGH	113 EFG
7017	5	2	63	FG	222 FGH	115 DEFG
1504 Y	4	1	64	F	228 CDEFG	115 DEFG
P-3055 W (t)	3	1	63	FG	231 BCDEF	129 BCD
P-3201	5	1	63	FG	234 BCDEF	120 CDEF
MEX. DE JUNIO	5	2	65	EF	254 A	156 A

<sup>1</sup> En una escala de 0 a 5, donde 5 es lo más uniforme y vigoroso

<sup>2</sup> Daño por gusano el 19 de junio en una escala visual de 0 a 9; 0=No hay daño, 1= Agujeros pequeños en pocas hojas, 2= Daño con agujeros en pocas hojas.

\* Medias dentro de cada columna con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan  $\leq$  0.05).

Al evaluar el rendimiento de materia verde también hay diferencias altamente significativas entre cada uno de los materiales. Son cinco híbridos con mayor rendimiento: Antílope, B-555, ABT 8576 (t), Antílope-Y y B-937 con producciones entre 57.6 y 63.6 Ton/ha (Ver cuadro 2).

**Cuadro 2.** Rendimiento de materia seca y materia verde de 22 materiales de maíz en Delicias, Chih. Ciclo P-V 2018.

HÍBRIDO	RDTO MS Ton/Ha	RDTO MV Ton/ha	% MS	% ELOTE	DÍAS A CORTE
NOBLE	22.21 A*	51.85 CDEF	43.05 A	46.75 A	114
ANTÍLOPE	21.15 AB	63.57 A	33.20 BCDE	39.33 BCDE	107
ANTÍLOPE Y	21.12 AB	58.79 AB	36.03 BC	39.82 BC	119
B-937	20.72 ABC	57.61 ABC	36.11 BC	36.29 CDEF	114
ABT-8576 (t)	20.46 ABCD	59.27 AB	34.60 BCDE	37.09 CDEF	107
SB-121	20.18 ABCDE	54.96 BCDE	36.72 B	36.36 CDEF	107
NB-21	20.00 ABCDE	56.46 BCDE	35.44 BC	39.58 BCD	119
BUCÉFALO	19.98 ABCDE	56.30 BCDE	35.47 BC	38.22 BCDE	119

B-555	19.04	BCDE	59.34 AB	32.16 BCDE	33.05 EFG	107
P-3097	18.86	BCDEF	53.93 BCDE	35.04 BCD	38.04 BCDE	114
AQUILES	18.71	BCDEF	55.35 BCDE	33.86 BCDE	35.63 CDEFG	114
NA-731	18.28	CDEFG	54.07 BCDE	34.07 BCDE	40.80 BC	119
ARTILLERO	18.19	CDEFG	50.67 DEF	35.87 BC	43.99 AB	114
ALAZÁN	18.04	DEFG	50.63 DEF	35.57 BC	40.07 BC	114
7017	17.90	EFG	56.86 BCD	31.46 CDE	33.39 DEFG	107
B-1020 Y	17.89	EFG	56.12 BCDE	31.87 CDE	38.33 BCDE	119
1504 Y	17.65	EFGH	55.47 BCDE	31.73 CDE	35.97 CDEF	114
9105	17.25	FGH	57.68 ABC	30.09 E	38.73 BCDE	107
P-3201	17.09	FGH	46.42 F	36.68 B	34.42 CDEFG	114
P-3055 W (t)	15.88	GH	46.84 F	33.75 BCDE	31.50 FG	114
MEX. DE JUNIO	15.29	H	49.73 EF	30.60 DE	29.85 G	107
DORADO	15.24	H	51.52 CDEF	29.94 E	39.33 BCDE	119

\* Medias dentro de cada columna con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan  $\leq$  0.05).

Los menores rendimientos de 46.4 a 51.5 Ton/ha corresponden a los híbridos P-3201, P-3055 (t), Mexicano de Junio, Alazán, Artillero y Dorado. En el rendimiento de materia seca se tienen ocho híbridos en el primer nivel de significancia (Cuadro 2) con rendimientos de 20.0 a 22.2 ton/ha, los híbridos más rendidores son: Noble, Antílope, Antílope-Y, B-937 el testigo ABT-8576, SB-121, NB-21 y Bucéfalo. En relación con el rendimiento de materia seca el mayor porcentaje lo tuvo el híbrido Noble con 43.05 muy por arriba a la recomendación de ensilar a un porcentaje del 30 a 35%, en general la mayoría de los híbridos se cosecharon bajo este rango, el híbrido Dorado tuvo el porcentaje más bajo con 29.9.

En el porciento de elote hubo diferencia estadística altamente significativa, solo los híbridos Noble y Artillero tienen los mayores porcentajes (46.75 y 43.99 %). Los más bajos porcentajes de elote variaron de 29.8 a 35.6 (Cuadro 2) con la variedad Mexicano de Junio y los híbridos P-3055 W (t), B-555, 7017, P-3201 y Aquiles. Si consideramos los híbridos

con mayor rendimiento de materia seca y el mayor porcentaje de elote sobresalen cuatro: Noble, Antílope-Y, NB-21 y Antílope.

Analizando los parámetros de calidad nutricional, en el porcentaje de proteína cruda (% PC) hubo diferencia altamente significativa. Los híbridos 1020 Y, 9105, la variedad Mexicano de junio, Aquiles, Dorado, Antílope, Artillero, NB-21, 7017, P-3201, testigo P-3055 W y B-555 se destacan en el primer nivel de significancia al tener porcentajes de 8.8 hasta 9.9; y ocho híbridos con los porcentajes más bajos de 7.5 a 8.5. En el contenido de almidón hubo diferencias muy contrastantes entre los híbridos evaluados, desde 10.56 (1504 Y) hasta 26.09% (P-3097). En el primer grupo de significancia se ubican 14 híbridos en un rango de % de almidón de 20.79 a 26.09. P-3097, Antílope, Noble, Aquiles y Antílope-Y tuvieron los porcentajes de contenido de almidón más altos.

Los porcentajes más bajos de fibra neutro detergente (% FND) los tuvieron los híbridos: P-3097, Antílope, Aquiles, P-3201, NB-21, Noble, 9105, P-3055 (t), Antílope-Y, NA-731, B-937, B-555, Alazán, ABT-8576 (t), Artillero, Dorado, Bucéfalo y la variedad Mexicano de Junio con porcentajes en un rango de 41.59 a 48.13. En el parámetro de porcentaje de fibra ácido detergente (% FAD) no hubo diferencia significativa con valores que van de 23.64 a 29.25%; los híbridos con los porcentajes más bajos fueron: P-3097, Aquiles y Antílope. Sucedió lo mismo con el parámetro de energía neta de lactancia (ENI Mcal/kg de MS), no hubo diferencia estadística significativa entre los 22 materiales de maíz evaluados, sin embargo, los híbridos con valores superiores a 1.45 Mcal/kg de MS fueron: P-3097, P-3201, 9105, Aquiles y Antílope.

En el cuadro 3 se presentan los valores estimados de consumo de forraje y producción de leche por vaca por día, en los cuales no hubo diferencia estadística significativa; los híbridos que tienen un mayor consumo de forraje son: P-3097, 9105, Aquiles, Artillero, P-3201, NB-21, Dorado y P-3055 (t) con valores arriba de 15 kg/vaca/día de consumo de forraje. Los híbridos con un estimado más bajo de consumo de forraje fueron: El testigo ABT-8576 y Bucéfalo con un consumo de 13.94 y 13.68 kg/vaca/día.

En lo que se refiere a la producción de leche de cada híbrido, los híbridos que tienen una producción arriba de 16 litros de leche/vaca/día fueron: P-3201, P-3097, 9105 y Aquiles; y los híbridos con una producción de leche menor a 12 lt/vaca/día fueron: SB-121 y Bucéfalo con valores de 11.57 y 11.17.

**Cuadro 3.** Producción de leche, consumo de forraje por vaca por día y producción estimada de leche por hectárea a través del programa Milk 2006 de 22 materiales de maíz en Delicias, Chih. Ciclo P-V 2018.

HÍBRIDO	CONSUMO FORRAJE kg/vaca/día	PROD. LECHE lt/vaca/día	PROD. LECHE kg/Ha
ANTÍLOPE	15.13	15.61	29167 A*
NOBLE	14.86	15.18	26814 AB
ANTÍLOPE Y	14.46	13.49	26452 AB
B-937	14.54	14.15	26116 ABC
NB-21	15.05	15.49	25539 ABCD
ABT-8576 (t)	13.94	12.25	25344 ABCD
AQUILES	15.53	17.55	24560 BCDE
B-555	14.58	13.96	24221 BCDE
BUCÉFALO	13.68	11.17	23739 BCDE
P-3097	15.55	16.67	23482 BCDEF
SB-121	14.09	11.57	22711 BCDEFG
ALAZÁN	14.30	13.55	22575 BCDEFG
NA-731	14.71	13.34	22072 BCDEFG
ARTILLERO	15.44	15.61	21526 CDEFG
9105	15.54	16.86	20948 DEFG
B-1020 Y	14.28	12.32	20585 EFG
7017	14.74	13.31	20492 EFG
P-3201	15.17	16.06	19949 EFG
P-3055 W (t)	15.00	14.88	19778 EFG
MEX. DE JUNIO	14.50	13.84	18854 FG
1504 Y	14.91	14.12	18474 G
DORADO	15.05	14.99	18008 G

\* Medias dentro de cada columna con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan  $\leq$  0.05).

Se utilizó el programa Milk 2006 (Shaver, sa) que es un modelo simple que utiliza los valores nutricionales del ensilaje de maíz para estimar la leche esperada por tonelada. Con lo estimado de leche por tonelada y rendimiento de materia seca se calcula la producción de leche por hectárea. La comparación entre híbridos para la producción de leche en kilogramos por hectárea tuvo diferencia estadística altamente significativa (Cuadro 6). Los



híbridos con mayor producción de leche fueron: Antílope, Noble, Antílope-Y, B-937, NB-21 y el testigo ABT-8576 con 29167, 26814, 26452, 26116, 25539 y 25344 Kg de leche por hectárea.

### CONCLUSIONES

Los híbridos con los más altos rendimientos de forraje en base a materia seca son: Noble, Antílope, Antílope-Y, B-937 el testigo ABT-8576, SB-121, NB-21 y Bucéfalo; con producciones de 20.0 a 22.2 ton/ha. Noble, Antílope-Y, NB-21 y Antílope tuvieron mayor rendimiento de materia seca y mayor porcentaje de elote. Con los parámetros de calidad en el forraje de: % PC>8, % de almidón >23.5, % FND<43.0, % FAD<24.0 y ENI>1.45; destacan los híbridos: Antílope, Aquiles y P-3097. Los híbridos con mayor producción de leche fueron: Antílope, Noble, Antílope-Y, B-937, NB-21 y el testigo ABT-8576 con 29167, 26814, 26452, 26116, 25539 y 25344 Kg de leche por hectárea.

### BIBLIOGRAFÍA

- Akins MS y Shaver RD. 2014. Influence of corn silage hybrid type on lactation performance by Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 7811-7820
- Ferrarettoand LFR y Shaver D. 2015. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98: 2662-2675
- Khan AN, Peigiang Y, Mubarak A, Cone WJ y Wouter HH. 2014. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.
- Núñez HG, Contreras GF, Faz CR. 2003. Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc Pecu Méx* 2003; 41 (1): 37-48
- Núñez HG, Faz CR, González CF y Peña RA. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc Pecu Méx* 2005; 43 (1): 69-78
- Peña RA, Nuñez HG y González CF. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad *Téc Pecu Méx* 2002; 40(3):215-228
- Ruíz OR, Beltrán FS, Rubio AG y Castillo Y. 2006. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* tomo 40, N° 1
- Thomas ED, Mandebvu P, Ballard CS, Sniffen CS, Carter MP y Beck J. 2001. Comparison of Corn Silage Hybrids for Yield, Nutrient Composition, In Vitro Digestibility, and Milk Yield by Dairy Cows *J. Dairy Sci.* 84: 2217–2226
- Zorn RLG, Schooten HA y Laar H. 2008. Effect of silage maize hybrid (dry down vs. stay green) on dairy cow performance. *Biodiversity and animal feed: future challenges for grassland production. Proceedings of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation, Uppsala, Sweden, 9-12 June 2008 pp.876-878 ref.5.*

---

## EXTERNALIDADES DEL GERMOPLASMA MEXICANO DE PAPA GENERADO POR EL INIFAP

Víctor M. Parga Torres, \* Juan M. Covarrubias Ramírez, Francisco Ramírez  
Cerecero y Víctor M. Zamora Villa.

\*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](mailto: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 aún deliberadamente sacrificada. Por lo anterior, se puede decir que los cultivos modernos son generalmente más susceptibles a plagas y enfermedades que sus antepasados silvestres, y que muchos no pueden ser cultivados sin el uso de pesticidas para protegerlos contra organismos dañinos. El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en México, 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. Es bien sabido que las plantas en monocultivos, genéticamente homogéneos, no poseen los mecanismos ecológicos necesarios de defensa para tolerar el impacto de grandes poblaciones de plagas.

En la actualidad se generan cultivos genéticamente homogéneos y se seleccionan cultivos de alto rendimiento, tornándolos más susceptibles a las plagas al sacrificar resistencia natural por productividad. Por otra parte, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran las condiciones necesarias para reproducirse y así poder suprimir biológicamente a las plagas en los monocultivos. Sin embargo, el costo indirecto del uso de plaguicidas por los daños al medio ambiente y a la salud pública deben ser balanceados contra estos beneficios. Los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, calidad de agua y suelo) y el costo social, asociados al uso de plaguicidas, alcanza cerca de 8 billones de dólares cada año (Pimentel y Lehman, 1993). 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, 2018). 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, desde 1950, tiene como objetivo la generación de germoplasma por resistencia al tizón tardío de la papa, programa en el que México es líder a nivel mundial. Sin embargo, debido al incremento del problema del síndrome de punta morada, actualmente se está realizando mejoramiento genético para determinar y detectar fuentes de resistencia contra este complejo de enfermedades que causan el síndrome.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Uno de los objetivos importantes en mejoramiento de papa, además de altos rendimientos, es lograr la resistencia a enfermedades, plagas y factores abióticos, que en forma numerosa y severa afectan la producción por cantidad y calidad. Si se desea obtener la variedad ideal, es necesario recombinar más de 60 pares de genes, lo cual teórica e idealmente trabajando con herencia tetrasómica, resultarían cifras astronómicas e imposibles de obtener en la práctica (Estrada, 1999). Esta realidad está demostrada en la misma situación actual en la cual a nivel mundial en 200 años de mejoramiento ha sido difícil de obtener una variedad cercana a la ideal. Se debe, pues conformar con obtener los tipos que al menos resuelvan parcialmente algunos de los problemas más urgentes como calidad, producción, resistencia a tizón tardío, resistencia a los virus y fitoplasmas más importantes, a las bacterias más limitantes, a heladas o a altas temperaturas y que además posean calidad. Por lo anterior, el Programa Nacional de Papa del INIFAP inició el mejoramiento genético en 1950, con el objeto de seleccionar genotipos de papa con resistencia al tizón tardío y características agronómicas y de calidad deseables. El método de mejoramiento inicia, con la selección de progenitores, seguida de la etapa de cruzamiento o hibridación; en este caso, se obtiene la primera generación sexual, bajo ambiente controlado o invernadero y se inicia el proceso de selección clonal que implica 10 ciclos de prueba para la liberación de una variedad (Rivera-Peña, 2001).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De las introducciones de germoplasma, se han liberado 35 variedades (cuadro 1), El proceso de obtención fue mediante el método clonal o de pedigree (Rivera-Peña, 2001). Las externalidades de las variedades mexicanas operan en diferentes factores de producción (bióticos y abióticos). La papa, por su enorme aporte de especies y variedades primitivas nativas, tiene un potencial único de mejoramiento. Las especies silvestres y cultivadas de papa que se extienden de Estados Unidos de América hasta el extremo sur de Chile representan un recurso genético único en el mundo para mejorar la papa cultivada. Estas especies crecen desde los desiertos hasta las selvas húmedas, desde los campos cultivados, en forma de malezas, hasta los lugares montañosos, áridos y escarpados. Esta diversidad ha sido utilizada por Institutos, Universidades y Fitomejoradores para la obtención de germoplasma resistentes a enfermedades y plagas. Por ejemplo, en el Instituto Max Planck de Alemania se seleccionó un buen número de clones y algunos cultivares con resistencia al tizón tardío y virus. Cerca de 83% de los cultivares alemanes de hoy tienen genes de *S. demissum* y 26% tienen genes de otras especies silvestres (Ross, 1986).

Cuadro 1. Variedades de papa, liberadas por el INIFAP en México.

1950-1960	1961-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2018
Eréndira	Greta	Tollocán	Michoacán	Enrica
Conchita	Murca	Puebla	Ileri	Nieder
Anita	Atzimba	Mexiquense	Norteña	Bayonera
Hilda	Juanita	San José	Montserrat	Plata
Dorita	Montsamma	Marciana	Lupita	Granate
Bertita	Rosita		Zafiro	Citlali
Florita	Rojita		Milagros	
Elenita	López		Modesta Blanca	

Esto indica claramente la importancia de las especies silvestres en el mejoramiento del cultivo. *Solanum acaule* puede ser considerada una especie silvestre de papa única en importancia por los diferentes tipos de resistencia a estreses bióticos y abióticos; en su “pool” de genes, se ha encontrado resistencia a los virus X, Y, PLRV y al viroide PSTV, a la bacteria *Pseudomonas solanacearum* y hongo *Phytophthora infestans* y otros patógenos, y la mayoría de los genotipos son altamente resistentes a heladas. Esta larga lista de características de gran utilidad en una especie merece, sin duda alguna, más investigación en cuanto al uso potencial de la misma en el mejoramiento.

La gran variabilidad genética con que se cuenta en México, ha permitido la generación de variedades con amplio rango de adaptación y de resistencia a estreses biótico y abióticos y dada la vulnerabilidad de la papa a estreses, se ha utilizado como una estrategia de mejoramiento genético la selección de cultivares sustentables que incluyen la resistencia durable (cuando es posible) o tolerancia como mayor componente. Como resultado, se han obtenido en la mayoría de los genotipos generados en México, resistencia al tizón tardío, a virus X y Y así como, en menor escala, resistencia a virus del enrollamiento PLRV. Sin embargo, para los fitoplasmas causantes de la PMP, no existe reporte de especies o cultivares que posean resistencia (Maramorosch, 1998), siendo enfocado al control de vectores mediante insecticidas hasta la actualidad (Weintraub y Beanland, 2005). Al respecto, sólo se han generado genotipos con resistencia al pardeamiento del tubérculo. El germoplasma mexicano, además de requerir menos del 30% de fertilización nitrogenada y fosfatada, puede producir con menos del 25% de agua sin problemas. Las variedades mexicanas han soportado heladas, granizos, excesos de humedad y sequías a través de su desarrollo con gran capacidad de recuperación. Condiciones que no toleran las variedades introducidas. Además, el germoplasma mexicano ha resistido pH muy adversos (<6.0 y >8.2). A través, de las evaluaciones de germoplasma se han identificado genotipos

que presentan resistencia al pardeamiento interno del tubérculo como son los genotipos 5-10, 02-95, NAU-6 y 91-29-10 (Rubio y Cadena, 2011; Parga, 2009), presentan menor susceptibilidad al manchado de tubérculo. Actualmente, no se ha reportado resistencia de planta, a los fitoplasmas ni a liberibacter. Parga *et al.*, 2013, reporta a los genotipos 98-18-24, Norteña y 96-01-01 cómo resistentes al tizón tardío y tolerancia al síndrome de la punta morada, así como, a la marchitez prematura. Las variedades resistentes pueden proveer aproximación al control de enfermedades causadas por fitoplasmas y por liberibacter. Sin embargo, sólo 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 México, tanto por los altos costos y excesivo uso de agroquímicos, como, por las pérdidas que ocasionan en producción y calidad. Las variedades introducidas, han ocasionado desequilibrio agroecológico y favorecido significativamente la huella de carbono, por los pesticidas y uso frecuente de la maquinaria para la aplicación de los mismos. El Programa de papa del INIFAP, ha generado germoplasma de acuerdo a los sistemas de producción y para los principales problemas que inciden negativamente en la productividad, ambiente y sanidad del cultivo.

## BIBLIOGRAFIA

- Estrada, R. N. 1999. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Ed. Centro de Información para el Desarrollo. Centro Internacional de la Papa. Libro Técnico. La Paz, Bolivia. pp 125-132.
- FIRA. 2018. Fidecomisos 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.
- Maramorosch, K. 1998. Current status of potato purple top wilt. *Inter. J. Trop. Plant Dis.* 16:61-72.
- 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. 115 p.
- Parga, T. V. M., Covarrubias, R. J. M., Almeyda, L. I. H., Flores, L. R. y Zamora, V. V. M. 2013. Manejo integrado del síndrome de la punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. Folleto técnico No. MX-O-310706-37-03-15-09-58. Campo Experimental Saltillo. CIRNE - INIFAP. México. 21 p.
- Pimentel, D. y H. Lehman 1993. *Agrochemicals desk reference*. 2a ed. Lewis Publishers, Boca Raton. Nueva York. 656 p.
- 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. 45 p.
- Ross, H. 1986. Potato breeding-problems and perspectives. *Advances in plant breeding*. Supplement 13, *Journal of plant breeding*, pp 11-18.
- 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. 22 p.
- Weintraub, G. P. and L. Bealand. 2005. Insect vectors of phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 91-111.

## APLICACIÓN DE LA DENDROCRONOLOGÍA PARA ESTIMAR LA EDAD DE LOS ÁRBOLES Y SU USO EN LOS ESTUDIOS BIOMÉTRICOS

Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>1\*</sup>, Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>2</sup>, José Villanueva Díaz<sup>3</sup>, Fátima Reyes Camarillo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Campo Experimental, General Terán-INIFAP. <sup>2</sup>\*Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31, Carretera Montemorelos-China, General Terán, Nuevo León. C.P. 67400. <sup>3</sup>Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Atmosfera (CENID-RASPA), INIFAP, Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. CP 35140. Gómez Palacio, Dgo., México. <sup>4</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Del CENID RASPA, INIFAP.  
[mili\\_06.raquel@hotmail.com](mailto:mili_06.raquel@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Los bosques son de vital importancia en el crecimiento económico sostenible del país debido a que, proporcionan energía e ingresos en su mayoría al sector rural produciendo empleos y de esta forma actúan como una red de seguridad alimentaria especialmente en las situaciones de escasez económica. Por ello, es indispensable cuantificar tanto los recursos forestales como las actividades realizadas para el aprovechamiento de los mismos (FAO, 2018). El primer inventario forestal en México comenzó en 1961 y tardó 24 años en concluirse, a partir de ahí se realizaron otros inventarios forestales que variaron en su periodicidad. Por lo tanto, hasta la actualidad dichos estudios no se han podido comparar ni validar entre sí (SEMARNART, 2014). En los muestreos forestales se dividen los sitios de muestreo de acuerdo al objetivo y se recaba información de algunas variables como el diámetro basal, la edad del arbolado, el tiempo de paso, el grosor de corteza, entre otros (CONAFOR, 2012). La información que arroja la edad en los bosques facilita la elaboración de un diseño de producción a futuro. Alrededor de 48 especies del género *Pinus* crecen en los ecosistemas templados, semiáridos, mesófilo de montaña y tropicales de México, siendo éstos los objetos del mayor número de estudios (CONAFOR, 2019). Los árboles guardan información climática y del ambiente con posibilidad de identificarla ya sea por año o por estación anual, dicha información es confiable de acuerdo a los objetivos en que se aplique y se pueden conseguir ejemplares para investigación en diferentes sitios (Gutiérrez, 2009). Por lo anterior, ésta investigación tiene como objetivo hacer una revisión sobre la importancia del uso de la dendrocronología para determinar la edad de los árboles, debido a que es una de las variables más analizadas en los estudios biométricos y puede generar datos de mayor confiabilidad.

## **La Sierra Madre Occidental en México**

La Sierra Madre Occidental (SMO), es la serie de sistemas montañosos más largo a nivel nacional, con cerca de 1,160 km de longitud y más de 200 km de anchura. El total de la superficie es de 251,648 km<sup>2</sup>, aproximadamente 1/8 del territorio nacional. Dentro de la SMO se encuentra el bosque abierto, el cual, cubre el 13% de la superficie. Se distribuye entre los 1,450 y los 2,500 msnm. El clima es semiseco templado en su mayoría. Son comunidades de transición de pino-encino con pastizales y matorrales xerófilos al oriente y al norte de la SMO (González *et al.*, 2012).

De la superficie arbolada en México, se estima que 8.6 millones de ha (15.1%) está bajo manejo técnico, de las que alrededor de 21.6 millones de ha (38%) tienen potencial comercial. De este total, los estados con mayor producción forestal son Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán y Oaxaca, pero hay poca regulación en éstos estados aunado a ello está la deficiente información de los inventarios, que ha contribuido a fomentar su deforestación y sobreexplotación (Torres, 2006). Las Unidades de Manejo Forestal (UMAFORES) se definen como aquel territorio cuyas condiciones físicas, ambientales, sociales y económicas guardan cierta similitud, lo que es de utilidad para fines de ordenamiento, manejo forestal sustentable y conservación de los recursos (García, *et al.*, 2009).

## **Producción forestal**

El aprovechamiento forestal se determina de acuerdo a los objetivos y condiciones básicas de la actividad forestal. Por lo tanto, representa una base para la producción del recurso forestal bajo condiciones determinadas (Hynynen, 2017). Un bosque que se encuentra bajo manejo, constituye un sistema biológico dinámico, sometido a continuos cambios originados tanto por procesos naturales, como por actividades silvícolas. Por lo que, los modelos de crecimiento y rendimiento, se utilizan para planear el manejo de bosques, dejando una base para el seguimiento del manejo forestal (Falcao, 2005). Sin embargo, los modelos de crecimiento forestal se han manejado de manera similar desde 1970, para los cálculos de las tablas de volumen. Algunos estudios en México se han enfatizado en el cálculo de la producción forestal, la altura dominante y a partir de 1980 se intensificó el estudio de los índices de sitio. Actualmente se encuentra disponible el Sistema Biométrico Forestal "SiBiFor", que es una plataforma de consulta digital, donde se pueden consultar 6,414 nuevas ecuaciones de volumen, crecimiento en diámetro, índice de sitio y distribución de

productos para 97 especies de bosques templados y tropicales de México. Además, las ecuaciones y los manuales se pueden consultar por estado, UMAFOR, especie y tipo de ecuación (Cieszewski y Bailey, 2000; Vargas *et al.*, 2017). Se han realizado estudios sobre índice de sitio para definir productividad forestal respecto a variables físicas, como profundidad del suelo, pendiente, temperaturas máximas y mínimas, donde se propone el uso de un taladro plessler para determinar edades del arbolado en pie (Martínez *et al.*, 2013).

### **Crecimiento de los árboles**

El crecimiento de un árbol está en función de su genética y de las condiciones ambientales donde se desarrolla; este crecimiento se representa en altura, diámetro y volumen con base a un periodo de tiempo; por lo tanto, se puede describir, como el efecto de desarrollo a lo largo de la vida de un árbol (Vargas, 2010). Los anillos de crecimiento son el resultado de una acumulación de tejidos leñosos como producto de la actividad del cambium, donde las células se dividen para formar traqueidas. Éstos crecimientos tienden a ser más grandes en árboles jóvenes y conforme se tornan de mayor edad se reducen (Fritts, 1976). El incremento en altura es acelerado durante las tres primeras semanas y se puede producir un menor incremento durante un verano seco o aumentar durante un verano húmedo, el comportamiento de la altura es casi lineal durante la madurez. El incremento en diámetro ocurre durante toda la vida del árbol y depende de las reservas acumuladas y de la altura; se reduce mientras exista competencia por la luz en su entorno y por ende, se incrementa en sitios de espacios abiertos. El crecimiento diamétrico se refleja en los anillos de crecimiento y su comportamiento, por lo regular muestra una tendencia homogénea (Klepac, 1983).

### **Dendrocronología**

La dendrocronología es la ciencia que se utiliza para el estudio de los anillos de incremento anual y generar cronologías o series de crecimiento a través de la identificación y el datado correcto de dichos anillos, éstos incrementos se asocian con eventos históricos, los cuales pudieran haber influido en dicho comportamiento; debido a que el desarrollo del arbolado se puede ver afectado por factores bióticos y abióticos tanto extrínsecos como intrínsecos. La estacionalidad en las condiciones climáticas origina la formación de anillos anuales, éste comportamiento da origen a patrones de crecimiento que se repiten entre las especies de un sitio lo que facilita su datado (Gutiérrez, 2009). Los patrones de crecimiento se relacionan



con otras variables del tipo fisiológicas, esto las convierte en excelentes indicadores de respuestas a los constantes periodos de estrés y permiten conocer con mayor exactitud los procesos que afectan su crecimiento, por lo que se han utilizado para ello, estudios de contaminación atmosférica, calentamiento global, captura de carbono, entre otras aplicaciones (Mundo *et al.*, 2010; Linares y Camarero, 2012).

### **Análisis Troncales**

EL análisis de los árboles a nivel individual o bien del bosque en su conjunto, permite determinar con precisión la producción forestal, por intervalos de tiempo determinados. Éste análisis, se realiza tomando secciones a diferentes distancias de un mismo fuste; con la finalidad de conocer el crecimiento y desarrollo en diferentes etapas de la vida del árbol a través de los anillos de crecimiento. El conocimiento de la edad es útil para conocer el comportamiento en la respuesta a otros factores, como: cambios de estacionalidad, precipitación, tasas de crecimiento y es una herramienta importante para el ordenamiento y aprovechamiento forestal (Imaña y Encinas, 2008).

Para éste análisis es necesario el conteo y la medición de los anillos de crecimiento a través de núcleos o de secciones transversales, con la ayuda de lupas se mide la anchura de los anillos en determinados años. Para poder predecir el crecimiento y rendimiento de los recursos forestales, se utilizan modelos cuantitativos que pueden aportar información en la planificación ambiental. Un manejo forestal de carácter efectivo, involucra tratamientos para el control, de tal forma que, el aumento de su valor económico y social, sea más rápido que el interés acumulado (Klepac, 1983; FAO, 1980).

### **Tiempo de paso**

El tiempo de paso se define como: el tiempo necesario para que un individuo pase del límite inferior de una clase diamétrica, al límite superior de la misma clase, o el tiempo necesario para pasar de una clase a las clases superiores; un ejemplo muy claro sería determinar cuántos años tarda un árbol de 30 cm de diámetro en alcanzar 40 cm de diámetro a la altura del pecho (Contreras, 1998). Este método se utiliza para determinar la relación que existe entre el diámetro de un árbol y su edad. Po lo tanto, para llevar a cabo ésta técnica, se utiliza el conteo de anillos de crecimiento y cálculo del tiempo que requiere un árbol para pasar del límite inferior, al límite superior de una clase diamétrica (Del valle Arango, 1979). El análisis del tiempo de paso consiste en medir 2.5 cm próximos a la corteza de la muestra; al número de anillos que se ubica dentro de éste rango, se le conoce como “tiempo de paso”

e indica el número de años que requiere un árbol para obtener un incremento de 2.5 cm, o lo que se hace la analogía de pasar de una categoría diamétrica a otra y con ello, determinar los tiempos de corta. Es por esto, que el tiempo de paso, tiene una amplia aplicación no sólo en el campo de la determinación del incremento, sino en general en el manejo y evaluación de los bosques, especialmente en los bosques manejados mediante técnicas de selección (Klepac, 1983).

## CONCLUSIONES

De lo anterior, se hace evidente que existe una gran necesidad de realizar análisis biométricos más precisos para los inventarios de sitios puntuales y de ésta forma, desarrollar proyectos que ayuden a manejar el capital natural para su conservación en el mediano y largo plazo, como lo plantean las políticas de manejo sustentable. Por lo tanto, el uso de la dendrocronología como herramienta para conocer de manera exacta la edad, puede mejorar los resultados de los estudios forestales debido a que representa una de las variables más importantes incluidas en los modelos biométricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cieszewski, C., & Bailey, R. (2000). Generalized Algebraic Difference Approach: Theory Based Derivation of Dynamic Site Equations with Polymorphism and Variable Asymptotes. *Forest Science*, 46(1), 116-126.
- CONAFOR. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos . Zapopan Jalisco, México: Comisión Nacional Forestal.
- CONAFOR. (2019). antecedentes de las plantaciones forestales comerciales. En C. N. Forestal, Situación Actual y Perspectivas de la situación de las Plantaciones forestales en México.
- Contreras, F. (1998). *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible*. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR.
- Del Valle Arango, I. G. (1979). Curva preliminar de crecimiento del cativo (*Prioria copaifera*) en bosque virgen empleando el metodo de los tiempos de paso. *Revista Facultad Nal. De Agronomía*, 19-26.
- Falcao, O. A. (2005). Designing decision support tools for Mediterranean forest ecosystems management: a case study in Portugal. *Annals of Forest Science*, 62(7), 751-760.
- FAO, O. d. (1980). *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. Roma: FAO.
- FAO. 2018. El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Fritts, H. (1976). *Tree-rings and Climate*. London - New York- San Francisco.
- García Romero, M., Narvaez Flores, R., Castruita Esparza, L., L.G., A., Núñez López, D., I.H., G. J., Vélez Máyne, S. F. (2009). *ESTUDIO REGIONAL FORESTAL. Unidad de Manejo Forestal Centro Norte A.C.* Chihuahua: Comisión Nacional Forestal, Comisión Nacional de la Biodiversidad, Gobierno del estado de C, Proárbohuahua.
- González Elizondo, M. S., González Elizondo, M., Tena Flores, J., Ruacho González, L., & López Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 351-403.
- Gutiérrez, E. (2009). La Dendrocronología: métodos y aplicaciones. *Arqueología Náutica Mediterranea*, 309-322.

- Hynynen, J. (2017). Conceptos básicos para la moderación del crecimiento forestal. *Recursos Naturales y Ambiente* (64), 22-27.
- Imaña E., J., & Encinas B., O. (2008). *Epidometría forestal* (Primera ed.). Brazil: RELAFOR Y FINATEC.
- Klepac, D. (1983). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales* (segunda ed.). Edo. Mex.: Universidad Autónoma Chapingo.
- Linares, J. C., & Camarero, J. J. (2012). Growth patterns and sensitivity to climate predict silver fir decline in the Spanish Pyrenees. *European Journal of Forest Research*, 131, 1001-1012. Doi: 10.1007/s10342-011-0572-7
- Martínez- Salvador, M., Valdez-Cepeda, R. D., & Pompa-García, M. (2013). Influencia de las variables físicas en la productividad de *Pinus arizonica* y *pinus engelmannii* en el sur de Chihuahua, México. *Madera y Bosques*, 19(3), 35-49.
- Mundo, I. A., El Mujtar, V., Perdomo, M. H., Villalba, R., & Barrera, M. D. (2010). *Austrocedrus chilensis* growth decline in relation to drought events in northern Patagonia, Argentina. *Trees*, 24, 561-570. Doi: 10.1007/s00468-010-0427-8
- SEMARNAT. (2014). Consider Comisión Nacional Forestal acciones de los inventarios forestales. En S. d. Naturales, Inventario Forestal Estatal y de Suelos - Oaxaca 2013 (págs. 21-23). Oaxaca, México.
- Torres Rojo, J. M. (2006). Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. Roma, Italia: Dirección de Información de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla.
- Vargas Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., López-Martínez, J. O., De los Santos-Posadas, H. M., Zamudio-Sánchez, F. J. Aguirre-Calderón, C. G. (2017). SiBiFor: Forest Biometric System for forest management in México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(3), 437-455. doi: 10.5154/r.rchscfa.2017.06.040
- Vargas Larreta, B., Corral-Rivas, J., Aguirre-Calderón, O., & Naguel, J. (2010). Modelos de crecimiento de árbol individual: Aplicación del Simulador BWINPro7. *Madera y Bosques*, 16(4), 81-104.

## **COMPARACIÓN DE SOFTWARE DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE CÓDIGO ABIERTO Y LIBRE**

**Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>1\*</sup>; Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>2</sup>; Enrique Miguel Valle<sup>3</sup>; Fátima Reyes Camarillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Técnico Auxiliar de Investigador del Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31, Carretera Montemorelos-China, General Terán, Nuevo León. C.P. 67400.

<sup>2</sup>Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31, Carretera Montemorelos-China, General Terán, Nuevo León. C.P. 67400.

<sup>3</sup>Técnico auxiliar de Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Atmosfera (CENID-RASPA), INIFAP, Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. CP 35140. Gómez Palacio, Dgo., México. <sup>3</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Del CENID RASPA, INIFAP.

[mili\\_06.raquel@hotmail.com](mailto:mili_06.raquel@hotmail.com)

### **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) comenzó en 1960, cuando se creó el primer CGIS con el propósito de identificar, analizar, y explorar los recursos forestales del territorio canadiense (Jankowski, 1995). Sin embargo, fue hasta inicios de los 80's cuando surgió una industria dedicada a la creación y comercialización de software SIG (Goodchild, 2011). En los últimos años, el desarrollo del software SIG ha incrementado de manera significativa, al grado que en el mercado encontramos una amplia variedad, desde software privado hasta de código abierto y libre (Velazco y Joyanes, 2013). Este último, ha desempeñado un papel fundamental en la promoción de la ciencia abierta para el desarrollo de software. El término "código abierto" significa que el código fuente es fácilmente accesible (en la mayoría de los casos bajo licencia GNU) (Chen *et al.*, 2010), por lo cual el código puede ser modificado, extendido y distribuido para fines no comerciales que beneficien a investigadores, académicos, estudiantes y otros usuarios finales (Corrales y Ochoa, 2016). Los datos abiertos se pueden usar y reutilizar sin algún costo o restricción sin mecanismo de control como los derechos de autor y patentes (Auer *et al.*, 2007). Los principales pilares claves del SIG libre son y seguirán siendo el código abierto, los datos abiertos, el modelo abierto, la colaboración y la publicación abierta de futuras investigaciones y aplicaciones SIG (Ye, 2018). Otras razones de la adopción de código abierto en países en desarrollo incluyen evitar ser rehenes de software propietario y ayudar a establecer una economía de la información (Torregroza *et al.*, 2014). Los SIG de código libre se han aplicado en diversos estudios relacionados con el manejo del agua, como por ejemplo en la gestión de los recursos hídricos (Chen *et al.*, 2010), en la cantidad y calidad del agua (Criollo *et al.*, 2019), así como en la estimación de la productividad del agua de

riego (Ramos, 2016). El objetivo del presente trabajo fue realizar una comparación de paquetes de software GIS de código abierto y libre utilizados en el manejo de recursos hídricos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el presente estudio se seleccionaron cinco paquetes de software GIS de escritorio, capaces de funcionar en la plataforma Windows. Esta se eligió en base a que el sistema operativo de Microsoft Windows es el más utilizado (Statista, 2018). Se consideraron los siguientes criterios: una fácil instalación y ejecución en computadoras personales que permitan a los usuarios mostrar, consultar y analizar información, conexión a base de datos, formatos de lectura y tiempo de respuesta para ejecutar proyectos. La instalación se realizó en una computadora laptop de la marca Acer®, Windows 8, sistema operativo de 64 bits, procesador Intel® Core™ i5-5200U CPU @ 2.20 GHz, memoria RAM de 8 GB y 1 T DD.

### **Software utilizado**

**gvGIS.** Software SIG libre (open source), el cual inicio en el año 2002 por el Ministro de Infraestructura y Transporte (CIT) de Valencia España, es capaz de leer y visualizar las extensiones de ficheros más comunes, incluyendo formatos en ráster y vectorial, base de datos geoespaciales y los estándares de servicios remotos del Open Geospatial Consortium (OGC) (gvGIS, 2009). Proporciona las herramientas SIG más comunes como proyección de datos, navegación de mapas, información de mapas de consulta como información alfanumérica, medición de distancias, cartografía temática, edición e impresión de leyenda y etiquetado, genera estadísticas, ordenación, relación de tablas, enlace de tablas, administrador de diseño, herramientas de geoprocésamiento, CAD, ráster entre otros (Anguix y Díaz, 2008). gvGIS está desarrollado en Java, utiliza librerías SIG Geotools o Java Topology Suite y permite añadir plugins escritos en Java. Es compatibles para los sistemas Microsoft Windows, Linux y Mac OS X (Ruiz, 2010). Este software se encuentra disponible en el siguiente portal: <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop/descargas>.

**Quantum GIS (QGIS).** Aplicación GIS de escritorio gratuita y de código abierto que proporciona capacidades de visualización, edición y análisis de datos. La mayoría de las funciones en GIS comerciales se pueden realizar en QGIS, y pueden realizar funciones avanzadas cuando se integran con paquetes GIS de código abierto como PostGIS, GRASS

y MapServer. Además, los complementos escritos en Python o C++ pueden mejorar significativamente las capacidades de QGIS (Meyer y Riechert, 2019). Existen varios complementos para geocodificar, realizar geoprocésamiento y desarrollar interfaces con las bases de datos PostgreSQL / PostGIS, Spatialite y MySQL. QGIS puede funcionar en múltiples sistemas operativos, incluyendo Mac OS X, Linux, UNIX, Microsoft Windows y Android. (Lakota y Stajko, 2013; Dile *et al.*, 2016). Este software se descargó del portal oficial de QGIS: <https://www.qgis.org/es/site/>.

**OpenJUMP.** SIG de código abierto escrito en el lenguaje de programación Java, desarrollado y mantenido por un grupo de voluntarios de todo el mundo. Se distribuye bajo la Licencia Pública General (GPL), la cual permite su distribución de manera gratuita y la modificación del código fuente siempre y cuando la GPL se mantenga y distribuya (Steiniger y Hunter, 2013). El software se obtuvo del siguiente portal: <http://www.openjump.org/>.

**SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses).** Es uno de los Software GIS de más prestigio entre la comunidad científica, con una variedad de funciones para el análisis de imágenes y MDE. SAGA está codificado en el lenguaje de programación C++, desarrollado por un pequeño equipo de investigadores del departamento de geografía física de Göttingen de la Universidad de Hamburgo, Alemania. Desde la versión 2, SAGA utiliza la biblioteca de GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) multiplataforma para la funcionalidad de la interfaz de usuario. Debido a que wxWidgets permite el desarrollo de software independiente del sistema operativo, puede ejecutar SAGA con Windows, así como con Linux (SAGA, 2018). Este software se encuentra disponible en el portal de SAGA: <http://www.saga-gis.org/en/index.html>.

**GRASS GIS.** Es uno de los softwares libres de mayor capacidad, desarrollado por el ejército de los EE. UU., para la gestión medioambiental del terreno. GRASS GIS contiene más de 350 módulos para representar mapas e imágenes en monitor y papel; manipular raster y datos vectoriales incluyendo redes vectoriales; procesar datos de imágenes multiespectrales; y crear, gestionar y almacenar datos espaciales. Está escrito en C y además ofrece una interfaz en JAVA (GRASS GIS, 2018). El software se obtuvo desde el portal oficial de SAGA GIS (<https://grass.osgeo.org/>).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las características generales de los softwares SIG de código abierto evaluados son satisfactorias en términos de su facilidad de instalación, no presentan ningún inconveniente

y no se requiere de mucho tiempo para una correcta instalación en Windows. El software QGIS fue el que más tiempo requirió para realizar la instalación de manera completa en comparación a los otros softwares SIG. Requerir de mayor tiempo para la instalación podría deberse al tamaño del archivo (Cuadro 1). Sin embargo, el tamaño del archivo y los requerimientos del equipo (RAM y capacidad de procesamiento) de este programa son relativamente pequeños en comparación con el software GIS comercial (Dile *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Sistema operativo, lenguaje de programación y tiempo de instalación del SIG de código abierto.

Software	Año de creación	Sistema operativo	Escrito	Tamaño (Mb)	Tiempo de instalación
<b>gvGIS</b>	2002	Windows, Linux, Mac OSX	JAVA	389.8	7 Min
<b>QGIS</b>	2002	Windows, Linux, Mac OSX, BSD, UNIX, Android	C++, Qt, Python	494.5	13 Min
<b>OpenJUMP</b>	2003	Windows, Linux, Mac OSX	JAVA	58.2	4 Min
<b>SAGA GIS</b>	2001	Windows y Linux	C++	38.3	2 Min
<b>GRASS GIS</b>	1982	Windows, Linux, Mac OSX	C, Tcl/Tk, Python	176.8	7 Min

Para el caso del manejo de la interfaz el software GRASS fue un poco más difícil de utilizar. GRASS y SAGA son buenos para análisis, pero tienen pocas funciones de dibujo y edición de gráficos vectoriales, además de ser más difíciles de operar. El software OpenJUMP es muy útil, pero tiene menos funcionalidades que el gvGIS, ambos proporcionan herramientas sólidas de edición de vectores, pero ofrecen pocas herramientas de análisis ráster (Gilavert y Puig, 2008). Sin embargo, QGIS fue el más fácil de operar, tiene mayor número de complementos que ofrecen a los usuarios una gran capacidad de adicionales dentro de un marco único y además presenta la facilidad de adición de nuevos plugins (Meyer y Riechert,

2019). Lo cual lleva a los usuarios a desarrollar sus propias herramientas de código abierto utilizando las plataformas existentes con las que se sienten cómodos y ello origina que se desarrollen más herramientas de código abierto para SIG (Blas *et al.*, 2008). Otra de las ventajas del QGIS es la posibilidad de integrar el análisis GRASS, lo cual proporciona acceso a mayores bases de datos y funciones como, digitalización y creación de nuevas capas vectoriales o edición de datos en 2D y 3D (MappingGIS, 2018).

Para determinar el tiempo de respuesta, se creó un proyecto en cada software SIG y se añadió una capa ráster (imagen de satélite en formato TIFF) con un tamaño de 1893.435 Mb. El programa OpenJUMP no fue capaz de abrir el proyecto al congelar su interfaz y presentar error del sistema. QGIS fue el que presentó menor tiempo de respuesta solo necesito  $8 \text{ s}^{-1}$  para abrir el proyecto, mientras que los otros tres programas requirieron de un tiempo mayor a los  $15 \text{ s}^{-1}$  (GRASS  $50 \text{ s}^{-1}$ , SAGA  $25 \text{ s}^{-1}$ , gvGIS  $18 \text{ s}^{-1}$ ). Esto podría deberse a que QGIS tiene un lenguaje de programación en C++ en comparación a los demás softwares que están escritos en JAVA y C, excepto SAGA, que también está programado en C++ pero su tiempo de respuesta fue mayor (Meyer y Riechert, 2019). En un estudio realizado por Che *et al.* (2010), comparó paquetes de software GIS de código abierto y los evaluó para una amplia gama de aspectos funcionales. Concluyó que QGIS superó a otros paquetes de software y que sus funcionalidades eran adecuadas para la mayoría de las aplicaciones generales en la gestión de recursos hídricos.

Con respecto al uso particular del software de código abierto son una herramienta de gran utilidad para el manejo de los recursos naturales, además contribuyen a mejorar las capacidades de gestión de aguas desde un punto de vista técnico (Rossetto *et al.*, 2018). Así mismo, Harvey y Han (2002) afirman, que los principales enfoques de la gestión integrada de los recursos hídricos con el uso de software libre se obtienen beneficios significativos para la hidroinformática, al fomentar una amplia interoperabilidad y rápido desarrollo.

### **CONCLUSIONES**

Con la información del presente trabajo se verifica que el uso del software SIG de código abierto y libre es una buena alternativa para realizar evaluaciones del manejo de los recursos. El programa QGIS presentó una fácil instalación, una interfaz de fácil manejo para usuario, tiene mayor número de complementos, fácil y rápida conexión a bases de datos, no presentó problemas de instalación y ejecución en Windows 8 (error, bloqueo de



pantalla), además de presentar una gran ventaja económica, al no requerir de una licencia para utilizar todas las herramientas que ofrece.

## BIBLIOGRAFIA

- Anguix, A., & Díaz, L. (2008). gvSIG: A GIS desktop solution for an open SDI. *Journal of Geography and Regional Planning* 1 (3): 41-48.
- Auer, S., Bizer, C., Kobilarov, G., Lehmann, J., Cyganiak, R., and Ives, Z. (2007). DBpedia: A Nucleus for a Web of Open Data. *Lecture notes in computer science* 4825, 722.
- Blas, R., Corbacho, J., & Nieto, A. (2008). Potencialidades del SIG libre en la Educación Universitaria. La enseñanza de SIG en Geografía, Universidad de Extremadura. Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. II Jornadas de SIG Libre. Girona, España.
- Chen, D., Shams, S., Carmona-Moreno, C., & Leone, A. (2010). Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. *Journal of Hydro-environment Research* 4: 253-264.
- Corrales, R., & Ochoa, V. (2016). Cálculo de reflectancia en imágenes Landsat OLI-8, sobre la región central de Honduras, mediante software libre SEXTANTE. *Revista Ciencias Espaciales* 9 (1): 81-96.
- Criollo, R., Velasco, V., Nardi, A., Manuel de Vries, L., Riera, C., Scheiber, L., Jurado, A., Brouyère, S., Pujades, E., Rossetto, R., & Vázquez, E. (2019). AkvaGIS: An open source tool for water quantity and quality management. *Computers & Geosciences* 127: 123-132.
- Dile, Y. T., Daggupati, P., George, C., Srinivasan, R., & Arnold, J. (2016). Introducing a new open source GIS user interface for the SWAT model. *Environmental Modelling & Software* 8: 129-138.
- Gilavert, J., y Puig, C. (2008). Estudio comparativo de herramientas SIG libres aplicadas a contextos de cooperación al desarrollo. Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. II Jornadas de SIG Libre. Girona, España.
- Goodchild, M. F. (2011). Spatial Thinking and the GIS User Interface. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 21: 3-9.
- GRASS GIS (2018). GRASS GIS. Bringing advanced geospatial technologies to the world. Introducción a Gvsig. Fecha de consulta: septiembre del 2018. Disponible en: <https://grass.osgeo.org/>
- Harvey, H., & Han, D. (2002). Discussion of the relevance of Open Source to hydroinformatics. *Journal of Hydroinformatics* 4(4): 219-234.
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems* 9, 251-273.
- Lakota, M., & 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.
- MappingGIS (2018). 10 motivos para elegir QGIS frente a ArcGIS. Fecha de consulta: septiembre del 2018. Disponible en: <https://mappinggis.com/2015/11/motivos-para-elegir-qgis-frente-arcgis/>
- Meyer, D., & Riechert, M. (2019). Open source QGIS toolkit for the Advanced Research WRF modelling system. *Environmental Modelling & Software* 112: 166-178.
- Ramos, C. M. (2016). Productividad del agua en un módulo del distrito 017 Región Lagunera, Universidad Juárez del Estado de Durango., Venecia, Dgo. Tesis Maestría.
- Rossetto, R., De Filippis, G., Borsi, I., Foglia, L., Cannata, M., Criollo, R., & Vázquez, E. (2018). Integrating free and open source tools and distributed modelling codes in GIS environment for data-based groundwater management. *Environmental Modelling & Software* 107: 210-230.
- SAGA (2018). Development: A Short history of the SAGA development. SAGA System for Automated Geoscientific Analyses. Consultado en octubre de 2018. Disponible en: <http://www.saga-gis.org/en/index.html>

- Statista (2018). Cuota de mercado mundial de sistemas operativos en el primer semestre de 2018. Consultado en octubre 2018. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/576870/cuota-de-mercado-mundial-de-los-sistemas-operativos/>
- Steiniger, S., & Hunter, A. (2013). "A User Manual to perform Home Range Analysis and Estimation with OpenJUMP HoRAE." University of Calgary. Department of Geomatics Engineering., Calgary, Alberta, Canada.
- Torregroza, E., Gómez, A., y Borja, F. (2014). Aplicación del Sistema de Información Geográfico QUANTUM GIS en regionalización ecológica de la cuenca ciénaga de la Virgen (Cartagena de Indias-Colombia). RITI Journal 2 (4): 1-13.
- Velazco, S., y Joyanes, L. (2013). Herramienta GIS y servicios web en la geolocalización como instrumento en la adecuada gestión del territorio: Geoportal IDE Chinácota. Cúcuta-Colombia 18 (1): 50-67.
- Ye, X. (2018). 1.05 - Open Data and Open Source GIS. In Comprehensive Geographic Information Systems (B. Huang, ed.), pp. 42-49. Elsevier, Oxford.

---

## RESPUESTA DE PLANTACIONES DE FRESNO (*Fraxinus uhdei* (Wenz.)Lingelsh.) AL MANEJO Y CONDICIONES CLIMÁTICAS EN DOS BOSQUES URBANOS DE LA COMARCA LAGUNERA

Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>1\*</sup>, Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>2</sup>, José Villanueva Díaz<sup>3</sup>, Fátima Reyes Camarillo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Campo Experimental, General Terán-INIFAP. <sup>2</sup>\*Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31, Carretera Montemorelos-China, General Terán, Nuevo León. C.P. 67400. <sup>3</sup>Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Atmosfera (CENID-RASPA), INIFAP, Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. CP 35140. Gómez Palacio, Dgo., México. <sup>4</sup>Técnico auxiliar de Investigador. Del CENID RASPA, INIFAP. mili\_06.raquel@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

La dendrocronología se ha usado como una herramienta substancial para la reconstrucción de distintas variables mediante el análisis de los anillos de crecimiento. La formación de anillos anuales es inducida por las estaciones térmicas para las regiones templadas y frías, debido a que los crecimientos se producen durante la primavera, verano y otoño (Rivera, 2013). El principio fundamental de la dendrocronología, es la datación cruzada, cofechado o sincronización conocido como “crossdating”. La secuencia en el espesor de los anillos que coinciden entre sí, durante distintas décadas en fechas exactas y su correlación estadística con variables climáticas anuales y estacionales, demuestra que, los anillos son anuales (Gildardo y del Valle, 2012).

Los resultados obtenidos mediante este método son una herramienta muy eficaz para experimentar la ecología de diferentes especies de árboles, que forman parte de la vegetación de las zonas urbanas, definidas como “bosques urbanos” debido a que comprueban el grado de asociación que hay entre numerosas variables ambientales y el desarrollo de los árboles (Argollo *et al.*, 2004).

El Parque Guadalupe Victoria, en el estado de Durango y el Bosque Venustiano Carranza, en Coahuila, son considerados bosques de importancia urbana en la “Comarca Lagunera” y se conforman principalmente de árboles de fresno (*Fraxinus uhdei*), el cual es uno de los árboles que se usan con mayor frecuencia en el medio rural y calles y áreas urbanas, debido a su fácil adaptación, por su rápido y vigoroso crecimiento, al igual por su capacidad para recuperar suelo (CONAFOR, 2001). En ninguno de los parques en estudio, se tiene información acerca de la situación actual del arbolado en cuanto a su condición morfológica, vigor, condición de salud, tasas de crecimiento, etc., no obstante su belleza escénica,

capacidad de estabilización del suelo y proveer de un microclima especial al sitio donde se desarrollan; es por ello, que mediante este estudio, se pretende demostrar, con base en los anillos de crecimiento de los árboles la respuesta a su manejo (irrigación, aplicación de podas, combate de plagas), así como determinar la edad de los individuos presentes y la influencia de otros factores de manejo en términos de crecimiento radial.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Guadalupe Victoria se ubica en el municipio de Lerdo, en la zona noreste del estado de Durango. El área se encuentra en la zona centro del municipio de Lerdo, en las coordenadas 25° 10' latitud Norte y 103° 20' longitud oeste, con una superficie de 2.89 ha; a una elevación de 1,137 m. La precipitación anual media es de 253 mm (INEGI, 2012). Con temperatura que oscila entre los 14 a 22°C, precipitación de 200 a 400 mm, clima seco semicálido con lluvias de verano, (INEGI, 2012). El Bosque Venustiano Carranza se localiza en el Municipio de Torreón, ubicado en el estado de Coahuila, dentro de las coordenadas 25° 32 24.6 norte y 103° 25' 53.6" oeste y a 1130msnm (Figura 1).



Figura 1. Macro localización de los bosques urbanos situados dentro de la Comarca Lagunera.

El municipio de Torreón se caracteriza por poseer una temperatura media anual de 14 a 22°C, precipitación de 100 a 400 mm (INEGI, 2012).

**Muestreo.** El Parque Guadalupe Victoria está dividido en ocho jardineras, se seleccionaron 52 individuos de fresno. La selección del arbolado consideró los siguientes criterios para ambos sitios: árboles con apariencia longeva, diámetros superiores a la media, copa ancha, ramas gruesas y colgantes y de apariencia sana, entre otras características. La elevación dominante donde se ubicaron los árboles fue de 1,137 m. El Bosque Venustiano Carranza se dividió en cuatro secciones, se logró muestrear 35 árboles de los cuales a 29 se les extrajeron dos muestras (virutas, incrementos) con un taladro de Pressler. La elevación dominante del sitio es de 1,138 m.

**Extracción de muestras.** Los núcleos de crecimiento (virutas) se obtuvieron de árboles vivos a la altura del pecho, con un taladro de Pressler de 5.1 mm de diámetro interno y 40.64 cm de longitud. Para el Parque Guadalupe Victoria, se muestrearon 30 árboles y se obtuvo un incremento por árbol. Se asignó una clave para éste sitio el cual fue PVL. En el bosque Venustiano Carranza, clave BVC, se muestrearon 35 árboles y obtuvieron dos muestras por árbol (A, B). En algunos árboles con deformación solo se les tomó una muestra, ya que por su crecimiento irregular, no son ideales para el fechado. Para la estimación de altura (m) se obtuvo un promedio de 26 m, con un clinómetro, el diámetro de fuste se midió con una cinta diamétrica, registrando un diámetro medio de 1.6 m. Las virutas se almacenaron en popotes de plástico, con la identificación correspondiente e información adicional sobre características del árbol y ubicación de donde se extrajo la muestra. Así mismo se realizó el llenado de una bitácora de campo anotando todas las características de cada muestra y de cada sitio por separado. A cada perforación originada por el taladro en el árbol se le colocó un taquete de madera esterilizado de 0.5 cm de grosor para evitar que los árboles se contaminaran y fueran afectados por plagas y enfermedades.

**Preparación y análisis de muestras.** Las virutas se almacenaron en popotes de plástico, con la identificación correspondiente e información adicional sobre características del árbol y coordenadas geográficas, orientación de la muestra y daños visibles. Los núcleos se montaron y procesaron mediante técnicas dendrocronológicas convencionales (Stokes y Smiley, 1968). En cada incremento radial, se contaron los anillos, se midieron con un sistema de medición Velmex (Robinson y Evans, 1980) y se fecharon con gráficos de crecimiento (Skeleton plots). La calidad del fechado se verificó mediante el programa

COFECHA (Holmes, 1983; Grissino Mayer, 2001). Después de corregir los errores potenciales en el fechado, las series individuales se estandarizaron con el fin de minimizar efectos biológicos y geométricos, debido a un fuste cada vez mayor y para maximizar la señal climática. El procedimiento se realizó utilizando el programa ARSTAN que fija curvas exponenciales negativas o rectas de regresión, a las series de medición (Cook y Holmes 1984).

Las series de medición de crecimiento anual (ancho de anillos en mm) se integraron en un gráfico tipo “espagueti” para determinar períodos de liberación y compresión; así como su relación con factores bióticos y abióticos, particularmente períodos donde la falta de riego afectó el crecimiento durante uno o varios años consecutivos; además aquellos episodios cuando la disponibilidad de agua fue la adecuada para el crecimiento del arbolado. La relación entre el crecimiento de la especie y las condiciones climáticas dominantes se definió al comparar las cronologías estandarizadas de anillo total de los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza con datos de precipitación de las estaciones climáticas Lerdo, Dgo. (25.32° N, 103.516° O; 1 135 msnm) y colonia Torreón, Jardín, Torreón, Coah. (25.32° N, 103.40° O; 1 136 msnm), respectivamente. También se consideraron los registros históricos de captación de escurrimientos de la presa El Palmito, ubicada en el municipio Indé, Dgo. Con base en la respuesta clima-crecimiento y aplicación de riego, se analizaron períodos de menor o mayor incremento radial y se determinaron posibles prácticas de manejo para favorecer un crecimiento más estable del arbolado y prolongar su período de vida.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El número de núcleos de crecimiento que se obtuvo en el Parque Victoria fue de 53, de los cuales 36 se pudieron fechar con buenas correlaciones con una correlación de 0.444. Del Bosque Venustiano Carranza se extrajeron 64 muestras, de ellas, 34 se fecharon con correlación de 0.489. Cada sitio se trabajó por separado ya que se sitúan en diferentes estados. El análisis del programa COFECHA indicó que ambos parques de la Comarca Lagunera, cumplen con el mínimo de significancia  $r > 0.3281$ ,  $p < 0.01$ ) requerido para ser consideradas estadísticamente bien fechadas. Los índices dendrocronológicos para el Parque Guadalupe Victoria se extienden de 1908 a 2012 (108 años). Para el caso del Bosque Venustiano Carranza se extendió de 1960 a 2012 (53 años).

La comparación de la serie de crecimiento del Parque Victoria y la precipitación reconstruida mostro concordancia para ciertos años, como fueron los años húmedos de 1907 a 1922 y 1983 a 1987 (Villanueva *et al.*, 2005) (figura 2). Este comportamiento también pudo estar relacionado con una mayor disponibilidad de agua para riego en estos períodos, ya que en esa época se irrigaba con agua del Nazas a través de canales (cronista de la ciudad de Lerdo, Durango, José Vargas, comunicación personal, Marzo 2013).

Los registros climáticos de la estación climática Torreón muestran precipitación por encima de la media en 1961, pero baja en 1965 y 1968, pero por encima de la normal en 1997 con 485.0 mm, situación reflejada en mayor o menor crecimiento con los árboles de fresno. Para otros años no hubo concordancia, tal es el caso de 1928, cuando se inundó el parque pero el crecimiento radial no fue grande, situación que pudo haber afectado el crecimiento debido a condiciones anaeróbicas (Rivera, 2013). Otras acciones de manejo como el cambio de sistema de riego ocurrido en 1979 cuando se implementó sistema presurizado de riego por aspersión, pudo haber afectado el sistema radical, que tuvo que ajustarse a este nuevo sistema, lo cual se reflejó como una disminución en crecimiento radial.

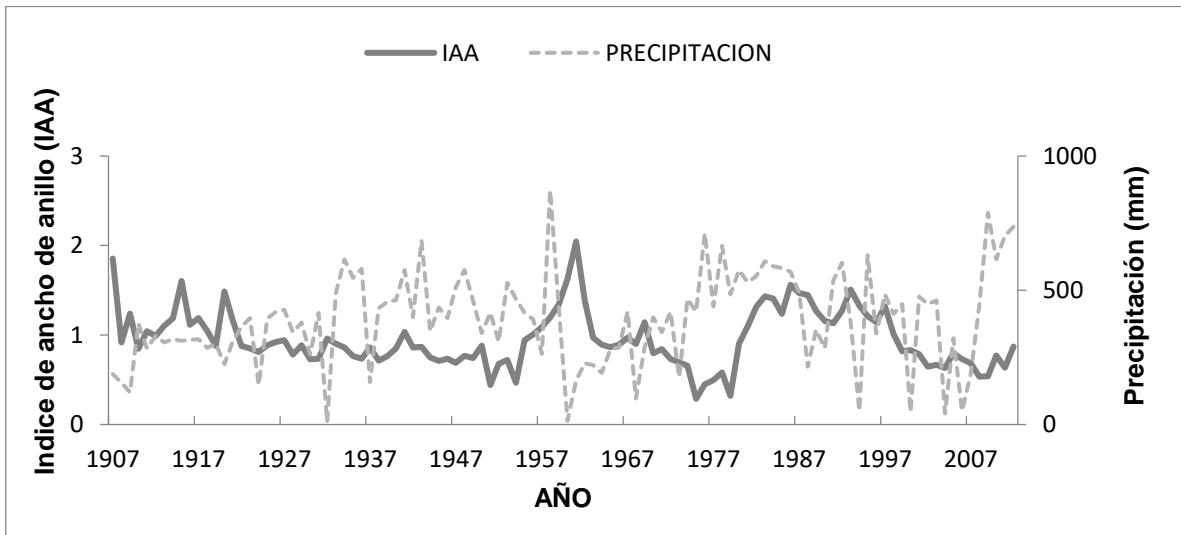


Figura 2. Comparación de serie dendrocronológica generada para el parque Guadalupe Victoria con registros de estación climática cercana.

Por otro lado al comparar los registros climáticos de precipitación con la serie dendrocronológica del Parque Venustiano Carranza, se observó una alta correspondencia entre el buen crecimiento radial de los años 1968 y 1971 y una precipitación de 260 mm (figura 3). Aunque el año de 1979 fue seco, los árboles indicaron adecuado crecimiento, lo que se puede atribuir a la aplicación de agua mediante riego; situación similar ocurrió en 1997 y en el período 2007-2009. La aplicación del riego en este sector del bosque, dividido en 16 sectores para este propósito, se lleva a cabo diariamente en un período de 20 a 30 minutos (Director del bosque Venustiano Carranza del municipio de Torreón, comunicación personal, Ing. Baldomero Huerta, septiembre 2013).

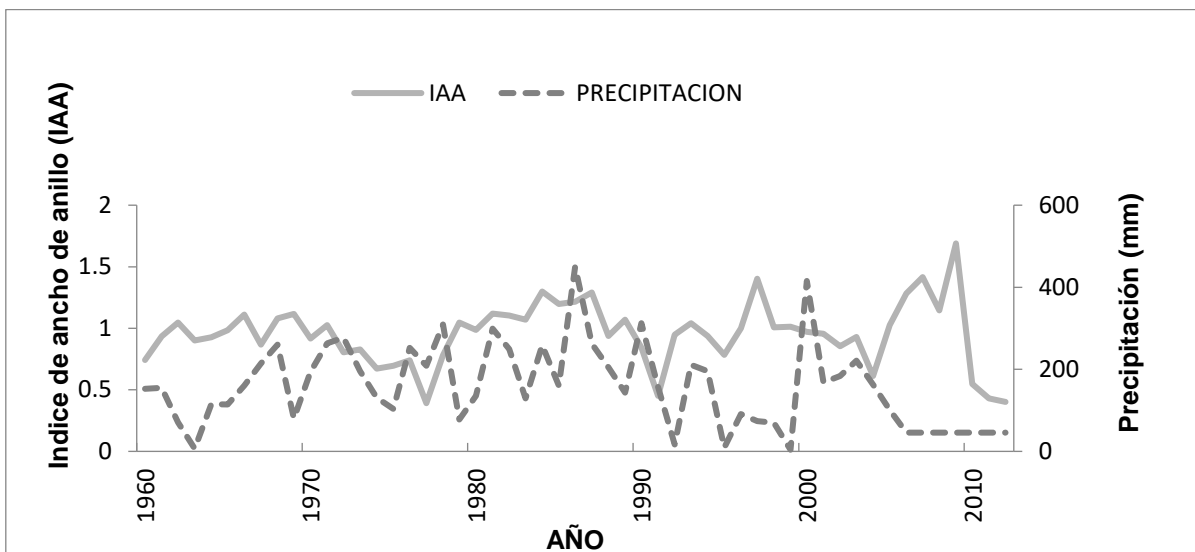


Figura 3. Comparación de serie dendrocronológica generada para el bosque Venustiano Carranza con registros de estación climática cercana.

Períodos con crecimiento radial limitado se detectaron de 1961 a 1965, situación que coincide con baja precipitación (150 mm). El año de 1976 indicó escaso crecimiento, lo cual se atribuye a problemas de disturbio del suelo por la construcción del Museo de Antropología e Historia (Director del bosque Venustiano Carranza del municipio de Torreón, comunicación personal, Ing. Baldomero Huerta, septiembre 2013). Más tarde en 1992 se registró sólo 63 mm de lluvia y no se proveyó al árbol con riego suficiente para permitirle un adecuado crecimiento. El mal funcionamiento del sistema de irrigación aunado problemas



de escasa lluvia han ocasionado un decremento del crecimiento del arbolado en los últimos años; situación que debe mejorarse para permitir que el arbolado continúe desarrollándose de manera adecuada.

Los incrementos radiales del fresno en los sitios estudiados concuerdan con eventos extremos del Niño Oscilación del Sur (ENSO), que afecta en particular la parte alta de la cuenca del río Nazas que produce el agua utilizada posteriormente en la parte baja de dicha cuenca (Cerano *et al.*, 2011). De esta manera, la fase fría de ENSO produjo sequías en los años de 1974-1975 y 1988-1989, situación que se refleja como menor crecimiento para esos años en el arbolado. De otra manera la fase cálida de ENSO incrementó la precipitación en los años de 1987, 1992 y 1997 que derivó en un incremento del crecimiento radial de los árboles de fresno. Esta respuesta se relaciona de manera indirecta, ya que cuando existen escases de agua se reduce el riego y viceversa cuando se capta una mayor cantidad de agua en las presas.

### **CONCLUSIONES**

Acorde a los resultados obtenidos de los programas dendrocronológicos utilizados (COFECHA, ARSTAN), el fresno tiene alto potencial para estudios dendrocronológicos aun en condiciones de manejo como fue el caso de los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza. La formación de crecimientos anuales, permite realizar estudios para determinar la eficiencia del manejo al que es sujeto el arbolado; lo que permite realizar mejoras para maximizar su crecimiento y prolongar la esperanza de vida de la especie.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- J. Argollo, C. Soliz, R. Villalba. 2004. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, vol. 39 (2004), pp. P5-p24
- Cerano-Paredes Julián; Villanueva-Díaz J.; Valdez-Cepeda Ricardo D.; José Arreola-Ávila Guadalupe; Constante-García Vicenta. 2011. El niño Oscilación del sur y sus efectos en la Precipitación en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas. REDALYC. XVII.10.
- CONAFOR 2001. *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Ligels. SIRE-Paquetes Tecnológicos, 7.
- Cook, E.R. And Holmes R.H. 1984. Program ARSTAN and users manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona. Tucson, AZ. 15p.
- Cronista De La Ciudad De Lerdo, Durango, José Vargas, comunicación personal, Marzo 2013.
- Director Del Bosque Venustiano Carranza Del Municipio De Torreón, Baldomero Huerta, comunicación personal, Septiembre 2013.
- Holmes, R.L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating and mesurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- Giraldo Jiménez, J. A. & Del Valle-Arango, J. I. 2011. Estudio del crecimiento de *Prioria copaifera* (Caesalpinaceae) mediante técnicas dendrocronológicas. *Rev. Biol. Trop.*, 59, 1813-1831.
- INEGI 2013. Prontuario de información geográfica municipal, Lerdo, Durango. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica.

- INEGI 2013. Prontuario de información geográfica municipal, Toreón Coahuila. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Rivera Builes, C. 2013. *Potencial dendrocronológico de árboles de la Amazonia Colombiana*. Maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Amazonía.
- Robinson, W. J. And R. Evans. 1980. Amicrocomputer-based tree-ring measuring system. *Tree-ring bulletin*. 40: 59 – 64.
- Stokes, M. A. And T. Smiley. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. University of Chicago Press, Chicago. 73 p
- Villanueva Díaz, J., Luckman, B. H., Stahle, D. W., Therrell, M. D., Cleaveland, M. K., Cerano-Paredes, J., Gutierrez-García, G., Estrada-Ávalos, J. & Jasso-Ibarra, R. 2005. Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: Water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera, Mexico. *ELSEVIER*, 22, 9.
- Grissino Mayer, H. D. 2001. Evaluating cross-dating, accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57(2): 205-221.

## PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE EN MEZCLAS DE TRÉBOL ALEJANDRINO Y AVENA CON Y SIN FERTILIZANTE NITRÓGENADO

Héctor Mario Quiroga Garza<sup>1</sup> y David Guadalupe Reta Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez SN, Col. Valle Verde, CP 27054. Torreón, Coahuila, México. (Ex-INIFAP).  
[hectorm.quirogag@uaaan.edu.mx](mailto:hectorm.quirogag@uaaan.edu.mx). Correspondencia al primer autor.

<sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna, (INIFAP).

### INTRODUCCIÓN

La lechería tecnificada de México está concentrada en los estados del Norte-Centro; como Chihuahua, "La Laguna", Aguascalientes y Querétaro, entre otros. Una característica en común de estos estados es la escasez de agua de riego. El desarrollo de estas cuencas lecheras se ha basado en la explotación de la alfalfa, cultivo con alta calidad forrajera, pero con una baja productividad del agua, y además reduce su productividad por unidad de tiempo al entrar al ciclo de otoño-invierno (Reta *et al.*, 2015). En estas cuencas lecheras, la diversidad de cultivos forrajeros bajo explotación es limitada, centrándose en alfalfa, maíz y sorgo para la producción de ensilajes y el monocultivo de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) durante el ciclo otoño-invierno. Una alternativa para la diversificación de cultivos es el Trébol alejandrino, *Trifolium alexandrinum* L., especie que ha sido detectada con un buen potencial para su explotación bajo los condiciones de la Comarca Lagunera durante el período invernal; el trébol alejandrino es una leguminosa anual de invierno que además de su excelente contenido proteico y digestibilidad de su materia seca, no requiere de la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados, y que puede explotarse en mezcla con gramíneas como el Ryegrass o Ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) (Quiroga y Cueto, 1997) o con Avena forrajera (*Avena sativa* L.) (Quiroga y Reta, 2012).

Sembrar dos o más especies en mezcla, puede presentar grandes beneficios en el rendimiento en comparación a la siembra de las mismas especies por separado como monocultivos (Ahmed, 2012) y mejora el contenido proteico del forraje, inclusive sin la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Foster, *et al.*, 2014; Vlachostergios, *et al.*, 2015). La utilización de mezclas es una práctica común en regiones donde se utilizan pocos insumos, pero también ha tomado importancia en países desarrollados donde se busca reducir los costos de fertilización inorgánica con alternativas de mezclas de leguminosas y cereales. (Hauggaard-Nielsen, *et al.*, 2009). El contenido de PC, de una leguminosa sembrada en mezcla con una gramínea, puede decrecer en comparación al contenido de PC de la misma leguminosa sembrada como monocultivo (Ross *et al.*, 2005).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de diferentes mezclas de trébol alejandrino y avena sin fertilización nitrogenada, en función de la producción de MS y composición química del forraje en las condiciones ambientales de la Comarca Lagunera, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se estableció en terrenos del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el

municipio de Matamoros, Coahuila, México. (25° 31' 57" N, 103° 14' 36.6" O y 1,115 m sobre el nivel del mar); con una precipitación media anual de 210 mm, en un suelo arcilloso "aridisol", con 60% de arcilla y 7.6 de pH.

Las siembras se realizaron en los ciclos otoño-invierno; octubre 9 de 2012 y octubre 23 de 2013. Se evaluaron cuatro mezclas de trébol alejandrino "Big Bee" y avena "Cuauhtémoc", ambos estudios bajo riego (Cuadro 1). Se establecieron en un diseño con distribución de tratamientos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las parcelas experimentales constaron de 25 m<sup>2</sup> y útiles de 4 m<sup>2</sup>. En cada repetición se estableció una parcela adicional de avena sin fertilizante N como indicador del N disponible en el suelo. Cada parcela ocupó exactamente el mismo sitio en los dos años.

Cuadro 1.- Tratamiento evaluados, kg de semilla en las mezclas.

Mezcla	Trébol	Avena	N
	Semilla kg ha <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
T30	30	0	0 <sup>†</sup>
T25A70	25	70	0
T25A60	25	60	0
T25A50	25	50	0
T25A40	25	40	0
A100N	0	100	100 <sup>‡</sup>
A100	0	100	0 <sup>†</sup>

<sup>†</sup> Fosfato Monoamónico MAP (11-52-00) antes de cada siembra, para cubrir una dosis equivalente a los 100 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; lo que también aportó 21 kg de N ha<sup>-1</sup>.

<sup>‡</sup> 100 kg N ha<sup>-1</sup> (50% a la siembra + 50% al primer auxilio), y 100 kg N ha<sup>-1</sup> para obtener un segundo corte. Fuente: Sulfato de Amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Se realizó una fertilización fosfatada general, utilizando Fosfato Monoamónico MAP (11-52-00) para cubrir una dosis equivalente a los 100 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; lo que también aportó 21 kg de N ha<sup>-1</sup>. El trébol alejandrino, fue inoculado con la bacteria, *Rhizobium trifolii*, específica para especies leguminosas del género *Trifolium*. Para la avena en monocultivo se establecieron dos parcelas por repetición, a la primera se le aplicó el 100% del N recomendado para la avena: 100 kg N ha<sup>-1</sup> (50% a la siembra + 50% al primer auxilio), y 100 kg N ha<sup>-1</sup> para obtener un segundo corte; utilizando como fuente Sulfato de Amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; y la segunda parcela con avena, fue sin la aplicación de fertilizante N (la que sirvió como referencia del N disponible en el suelo durante los 2 años).

Se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) para un análisis físico-químico. El contenido inicial de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue bajo, de 3.5 y 1.2 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Los contenidos de N en el suelo, se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenidos de N en el suelo al inicio de cada estudio, por estrato. N de origen nítrico y amoniacal. 2012-2014.

Estudio	Estrato cm	Cultivo Anterior	N amoniacal	N nítrico kg ha <sup>-1</sup>	N total
2012-13	0-30†	-	124.4	349.6	474.0
	30-60	-	104.9	358.1	463.0
2013-14	0-30	T30	212.3	168.1	380.4
	30-60	T30	198.2	145.0	343.3
	0-30	A100N	196.7	164.5	361.3
	30-60	A100N	189.2	131.6	320.8
	0-30	A100	160.8	179.9	340.7
	30-60	A100	194.4	121.2	315.6

† Densidad aparente: 1.20 y 1.25 g cm<sup>-3</sup>, para los dos estratos, respectivamente.

La producción global de forraje, tanto verde como seco, ya fue reportada con anterioridad (Quiroga y Reta, *et al.*, 2014). En este estudio se está reportando el comportamiento de las mezclas en los primeros dos cortes de cada siembra, cuando las dos especies compitieron en mezcla. El primer corte de la primera siembra, se realizó cuando la avena alcanzó el estado fenológico de embuche, el seis de diciembre de 2012 (58 dds) y el segundo corte fue el 15 de enero de 2013 (98 dds); en la segunda siembra, el primer corte se realizó el 13 de enero de 2014 (82 dds) y un segundo corte donde solo se obtuvo Trébol alejandrino el 17 de febrero de 2014 (115 dds). Se consideró este segundo crecimiento para que ambos estudios constaran de dos cortes. De siembra al primer corte, se aplicaron tres riegos, más dos auxilios para obtener el segundo corte. Durante el segundo estudio, aunque se aplicó riego y fertilización después del primer corte, no se logró obtener un segundo corte de avena, por lo que solo se consideró la información del primer corte para el análisis de los índices de competitividad.

Para estimar el rendimiento de forraje verde (FV, t ha<sup>-1</sup>), se pesó el forraje fresco de la parcela útil (4 m<sup>2</sup>); se obtuvo una sub-muestra de entre 600 y 500 g, se secó en una estufa de aire forzado a 60 °C por 72 h, se calculó el contenido de materia seca (MS, %) y se utilizó para estimar la producción de forraje seco (FS, t ha<sup>-1</sup>); y la producción y los contenidos porcentuales de proteína cruda (PC), los datos los cuales fueron transformados por:  $\text{sen}^{-1} \sqrt{x}$  y las medias fueron separadas por medio de Tukey (0.05). Para el análisis estadístico de las variables se utilizó el software SAS (SAS, 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Forraje Seco.* Para esta variable únicamente se consideraron los dos primeros cortes de cada siembra; ya que en ellos fue cuando la avena creció en mezcla con el Trébol alejandrino. Las dos siembras fueron analizadas por separado, ya que las condiciones climatológicas en ambos años fueron diferentes. En la primera siembra, después del primer corte y durante los siguientes 10 días; el promedio de las temperaturas mínimas fue de 8.9

°C con un rango de 2.8 a 15.4 °C. En cambio para la segunda siembra, igual después del errprimer corte y durante los siguientes 10 días, el promedio de las temperaturas mínimas fue de 2.1 °C y un rango de -0.7 a 5.5 °C; estas temperaturas durante el rebrote para el segundo corte de la avena, pudo limitar su desarrollo de este cereal; sobreviviendo solamente unas cuantas plantas de avena (Giambalvo, *et al.*, 2011).

Durante el primer año (2012-13), la producción total de forraje e, del monocultivo de avena en los dos cortes, promedió 7.5 t FS ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente igual ( $P \geq 0.05$ ) al trébol alejandrino y sus mezclas (Cuadro 3). En el primer corte, las mayores producciones de FS correspondieron a la avena como monocultivo y sus mezclas con el trébol, entre 3.5 y 4.2 t FS ha<sup>-1</sup>; y la menor producción de FS y estadísticamente inferior ( $P \leq 0.05$ ), correspondió al trébol alejandrino monocultivo con 2.2 t ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente igual solo a la mezcla 25:70 kg ha<sup>-1</sup> (trébol:avena). Sin embargo, en el segundo corte, el trébol monocultivo presentó la mayor producción de FS (4.1 t ha<sup>-1</sup>); aunque fue estadísticamente igual ( $P \geq 0.05$ ) a la mezcla 25:40, tratamiento que mostró un mejor rebrote en trébol debido a la menor proporción de avena. Lo cual coincide con lo reportado en otros estudios, ya que durante el rebrote después del primer corte la tasa de crecimiento del trébol es mayor a la de la avena, y esto evita el sombreo de la leguminosa por el cereal (Ross, *et al.*, 2005), como ocurrió en el presente estudio en mezclas con densidades de avena superiores a 40 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimientos de forraje seco (FS, t ha<sup>-1</sup>) en mezclas de trébol alejandrino con avena forrajera y sus monocultivos. Durante dos años (2012-13 y 2013-14), por corte y totales por año.

Mezcla	1 Año			2 Año		
	1 Corte	2 Corte	TOTAL	1 Corte	2 Corte <sup>±</sup>	TOTAL
	Forraje Seco t ha <sup>-1</sup>					
100N	4.239 a <sup>†</sup>	3.307 b	7.545 a	6.089 a	-	6.089 ab
T25A40	3.647 a	3.454 ab	7.101 ab	4.308 c	1.543 b	5.851 b
T25A50	3.999 a	2.807 b	6.806 ab	5.072 abc	1.482 b	6.554 ab
T25A60	3.959 a	2.761 b	6.720 ab	4.727 bc	1.067 b	5.794 b
T25A70	3.501 a	2.992 b	6.493 b	5.716 ab	1.063 b	6.779 a
T30	2.233 b	4.107 a	6.340 b	2.232 d	2.587 a	4.819 c
A100	3.968	3.540	7.507	5.341	-	5.341
CV (%) <sup>§</sup>	15.26	9.74	6.45	10.03	23.42	6.60
DSM	1.26	0.72	1.01	1.08	0.82	0.91

† Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, Tukey ( $P = 0.05$ ).

§ Coeficiente de Variación (%) y Tukey, Diferencia Significativa Mínima ( $P = 0.05$ ).

± Solo crecimiento de trébol alejandrino.

En el segundo año (2013-14), las dos especies crecieron en mezcla solo durante el primer corte, la avena ya no rebrotó para obtener un segundo corte. En cambio, con el trébol si se logró obtener un segundo corte, en el monocultivo y el trébol sembrado originalmente en mezcla (Cuadro 3). En el primer corte, la avena A100N, logró el mayor rendimiento de FS ( $6.1 \text{ t ha}^{-1}$ ) siendo estadísticamente igual ( $P \geq 0.05$ ) a las mezclas T25A50 y T25A70 con  $5.1$  y  $5.7 \text{ t FS ha}^{-1}$ , respectivamente. El trébol en monocultivo, en este primer corte del segundo año, fue estadísticamente inferior ( $P \leq 0.05$ ) a los demás tratamientos; aunque su rendimiento fue muy parecido al logrado en el primer corte del primer estudio.

La falta de rebrote en la vena en el segundo estudio (2013-14), pudo ser el efecto directo de la temperatura. En estudios anteriores, también con mezclas de trébol alejandrino y avena (Giambalvo, *et al.*, 2011), no logró obtener un segundo corte del cereal y fue atribuido a las bajas temperaturas que ocurrieron inmediatamente después del primer corte, durante el mes de febrero de 2011; fluctuando las temperaturas mínimas entre  $-10$  y  $-3 \text{ }^\circ\text{C}$  en los siguientes cuatro días después del corte. En nuestro estudio las temperaturas mínimas fluctuaron entre los  $-0.7$  y  $3.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante la semana inmediata a la fecha del primer corte; no fueron tan extremas como en el 2011, pero no lograron superar los  $3.8 \text{ }^\circ\text{C}$ . En cambio, en la semana siguiente al primer corte del primer estudio (2012-13), la temperatura mínima fluctuó de  $2.8$  a  $12.6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Las reservas de carbohidratos no estructurales en las gramíneas, se acumulan en la parte basal de los tallos. En los primeros 2 a 7 días después de un corte, el crecimiento del rebrote depende totalmente de estas reservas (White, 1973). Después de la primera semana de crecimiento, el rebrote de la planta depende totalmente de la actividad fotosintética y en las enzimas involucradas en este proceso, como la Ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa presente en las plantas  $C_3$ ; alcanzando su máxima actividad en el rango de temperaturas de  $5$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (Treharne y Cooper, 1969). En nuestro caso, las temperaturas mínimas no superaron los  $3.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , en los primeros días después del primer corte, por lo que metabolismo del rebrote no se activó y no hubo crecimiento de los renuevos.

En el forraje seco acumulado en el segundo año de estudio (2013-14), y a diferencia del primer año, si se encontraron diferencias estadísticas ( $P = 0.05$ ) entre los tratamientos. Esto puede ser atribuido directamente a la falta de crecimiento de la avena en el segundo crecimiento, las bajas temperaturas mínimas registradas en los siguientes diez días después del corte, afectaron el rebrote de la avena. En trébol alejandrino se han considerado temperaturas base de  $0$  a  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  (Clapham y Fedders, 2004) y de  $3.5 \text{ }^\circ\text{C}$  (Iannucci, *et al.*, 2008) para los modelos de crecimiento y acumulación de unidades calor. Para el trébol alejandrino se reportan temperaturas de sobrevivencia entre los  $-8$  y  $-6 \text{ }^\circ\text{C}$ , e inclusive hasta  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$  (Knight, 1985).

*Calidad de Forraje, PC:* El contenido de PC por corte, global y en ambos años, se muestra en el Cuadro 4. En los dos corte de la primera siembra (2012-2013) no se encontró diferencia estadística en el contenido de PC de la materia seca ( $P \geq 0.05$ ), lo cual puede ser atribuido al alto contenido de N inicial en el suelo (Cuadro 2). Sin embargo, al analizar el rendimiento total de PC obtenido en la primera siembra, el trébol en monocultivo presentó el menor rendimiento, y fue estadísticamente inferior a la avena con fertilizante nitrogenado y a la mezcla con la menor proporción de avena, sin fertilizante N ( $P \leq 0.05$ ). Los valores de PC encontrados en la avena, fueron muy altos a pesar de ser una gramínea y puede ser atribuido al alto contenido de N en el suelo. Este alto contenido de N en el suelo limitó el establecimiento y actividad de la bacteria fijadora del  $\text{N}_2$ , y esto se reflejó en una menor

producción de forraje y PC. En este caso, la mayor producción de PC correspondió a la avena con fertilización nitrogenada, con poco más de 2 t PC ha<sup>-1</sup>; siendo estadísticamente superior ( $P \leq 0.05$ ) al trébol alejandrino en monocultivo, con 1.5 t PC ha<sup>-1</sup> y a las dos mezclas con el mayor contenido de avena (Cuadro 5).

Cuadro 4. Contenido de proteína cruda (PC g kg<sup>-1</sup>) sin transformar, por corte y global en siembras de mezclas de trébol alejandrino con avena forrajera y sus monocultivos. Dos años (2012-13 y 2013-14).

Mezcla	1 Año						2 Año					
	1 corte		2 corte		PC g kg <sup>-1</sup>		1 corte		2 corte <sup>±</sup>		PC g kg <sup>-1</sup>	
	PC g kg <sup>-1</sup>		PC g kg <sup>-1</sup>		Global		PC g kg <sup>-1</sup>		PC g kg <sup>-1</sup>		Global	
A100N	289	a <sup>†</sup>	261	a	274	a	172	b	-	-	172	c
T25A70	292	a	247	a	255	ab	201	b	229	a	176	cb
T25A60	268	a	246	a	255	ab	185	b	205	a	179	cb
T25A50	267	a	240	a	259	ab	174	b	200	a	190	cb
T25A40	262	a	249	a	270	a	173	b	193	a	208	ab
T30	266	a	227	a	241	b	251	a	220	a	234	a
A100	268		231		250		174		-		174	
CV <sup>§</sup>	3.03		4.13		2.34		4.14		4.51		4.01	
DSM	.037		.047		.027		.042		.046		.040	
	(36.4)		(45.0)		(28.3)		(35.3)		(42.2)		(32.3)	

† Medias (g kg<sup>-1</sup>) con la misma literal son estadísticamente iguales, Tukey ( $P = 0.05$ ).

Separación de medias con transformación  $\text{sen}^{-1}\sqrt{x}$ .

§ Coeficiente de Variación (%) y Tukey, Diferencia Significativa Mínima ( $P = 0.05$ ).

Números en paréntesis: DSM sin transformar (g kg<sup>-1</sup>).

± Solo crecimiento de trébol alejandrino.

Para la segunda siembra (2013-2013), el contenido de N en el suelo disminuyó (Cuadro 2), permitiendo una mayor actividad de la bacteria fijadora de N<sub>2</sub>, que se reflejó en un mayor contenido de PC en la materia seca del trébol alejandrino al primer corte, (251 g PC kg<sup>-1</sup>), siendo estadísticamente superior ( $P \leq 0.05$ ) a la avena y a sus cuatro mezclas. Al segundo corte no se encontró diferencia estadística ( $P \geq 0.05$ ) en los contenidos de PC entre los tratamientos (193 a 229 g PC kg<sup>-1</sup>), ya que la avena no rebrotó. Al no obtener un segundo crecimiento de avena y al acumular las producciones de PC en los dos crecimientos de esta segunda siembra, la mejor mezcla T25A70 (sin fertilizante N) produjo rendimientos similares (1.277 t PC ha<sup>-1</sup>) a la avena con fertilización N (1.042 t PC ha<sup>-1</sup>), (Cuadro 5). En el primer año del estudio, la aportación de N por la leguminosa a la mezcla, fue insuficiente para lograr un rendimiento de PC similar a la avena con el 100 % de fertilizante N, tal y como lo indican otros estudios (Hauggaard-Nielsen, 2009). Sin embargo, los resultados obtenidos en el segundo ciclo sugieren que puede lograrse ventajas en las mezclas entre una leguminosa y un cereal, con un mayor rendimiento y calidad de forraje (Tuna y Oral, 2007).



Cuadro 5. Producción de proteína cruda (PC kg ha<sup>-1</sup>), por corte y global en siembras de mezclas de trébol alejandrino con avena forrajera y sus monocultivos. Dos años (2012-13 y 2013-14).

Mezcla	1 Año			2 Año		
	1 Corte	2 Corte	TOTAL	1 Corte	2 Corte <sup>±</sup>	TOTAL
	PC t ha <sup>-1</sup>					
A100N	1.218 a	0.856 ab	2.074 a	1.043 a	-	1.043 a
T25A40	1.035 a	0.853 ab	1.659 bc	0.867 a	0.350 b	1.216 a
T25A50	1.069 a	0.692 c	1.761 bc	0.937 a	0.302 b	1.240 a
T25A60	1.062 a	0.654 c	1.716 bc	0.824 ab	0.213 b	1.037 a
T25A70	0.915 ab	0.744 bc	1.921 ab	0.990 a	0.201 b	1.191 a
T30	0.590 b	0.933 a	1.523 c	0.561 b	0.567 a	1.128 a
A100	1.057	0.804	1.860	0.932	-	0.932
CV <sup>§</sup>	15.1	8.4	7.5	13.9	21.8	8.6
DSM	0.35	0.15	0.31	0.28	0.16	0.28

† Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, Tukey (P = 0.05).

§ Coeficiente de Variación (%) y Tukey, Diferencia Significativa Mínima (P = 0.05).

± Solo crecimiento de trébol alejandrino.

Uno de los objetivos de la mezcla avena-leguminosa es la reducción del contenido de fibras, al aumentar la proporción leguminosa en la mezcla (Ross, *et al.*, 2005); una de las especies que permiten realizar este objetivo es el trébol alejandrino por su bajo contenido de fibras y el hecho de tener una mayor digestibilidad de la materia seca que el ryegrass anual y la avena, e igual a la alfalfa (Núñez, *et al.*, 1997). Debido a esto, el consumo de MS del trébol alejandrino se incrementa al tener una mayor tasa de degradación de su MS y proteína (Quiroga y Cueto, 1993).

### CONCLUSIONES

La inclusión del trébol alejandrino en las dietas para rumiantes, tiene un gran potencial, ya que al incluirse con un forraje de emergencia como lo es la avena, incrementara el contenido global de PC del forraje obtenido, y no requerirá de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, químicos o sintéticos. El contenido de PC en esta leguminosa la convierte en una especie ideal para ser sembrada en mezcla con una gramínea.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed M., S.A. 2012. Assessing the land equivalent ratio (LER) of two leguminous pastures (Clitoria and Siratro) intercropping at various cultural practices and fencing at Zalingei–Western Darfur State – Sudan. *ARPN J. Sci. Techno.* 2(11):1074-1080.
- Clapham, W.M. y Fedders, J.M. 2004. Modeling vegetative development of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) as a function of growing degree-days using linear regression and neural networks. *Can. J. Plant Sci.* 84: 511–517.
- Foster, A., Vera, C. L., Malhi, S. S. y Clarke, F. R. 2014. Forage yield of simple and complex grass\_legume mixtures under two management strategies. *Can. J. Plant Sci.* 94:41\_50.

- Giambalvo, D., Ruisi, P., Di Miceli, G., Frenda, A. S. y Amato G. 2011. Forage production, N uptake, N<sub>2</sub> fixation, and N recovery of berseem clover grown in pure stand and in mixture with annual ryegrass under different managements. *Plant Soil* 342:379–391.
- Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P. Pristeri, A., Monti, M. y Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping and short-term subsequent crop effects across European organic cropping conditions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 85:141-155.
- Iannucci, A.; Terribile, M.R. y Martiniello, P. 2008. Effects of temperature and photoperiod on flowering time of forage legumes in a Mediterranean environment *Field Crops Research* 106 (2008) 156–162.
- Knight, W. E. 1985. Miscellaneous annual clovers. En: Taylor, N. L. (Ed.) *Clovers science and technology*. Ame. Soc. of Agronomy. Agronomy N° 25. Madison, WI, USA. pp 547-562.
- Núñez H., G., Quiroga G., H.M., Márquez O., J.J. y De Alba A., A. 1997. Production and quality of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) for dairy cattle in the north and central regions of Mexico. *AGROCIENCIA*. 31:157-164.
- Quiroga G., H.M. y Cueto W., J.A. 1997. *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje y fijación de N<sub>2</sub> en mezclas de trébol alejandrino con ballico anual*. *TERRA* 15(2):229-236.
- Quiroga G., H.M. y Cueto W., J.A. y Aceves J., J. 1993. *Berseem clover: A new forage for dairying in Mexico*. *Proc. XVII International Grassland Congress*.
- Quiroga G., H.M. y Reta S., D.G. 2012. Producción de forraje invernal con mezclas de trébol alejandrino y avena en la Comarca Lagunera. *AGROFAZ* 12(4):131-134.
- Quiroga G., H.M. y Reta S., D.G. 2014. Producción de forraje con mezclas de trébol alejandrino y avena sin la aplicación de fertilizante nitrogenado. *AGROFAZ* 14(3):59-64.
- Reta S., D.G.; Figueroa V., U.; Serrato C., J.S.; Quiroga G., H.M.; Gaytán M., A. y Cueto W., J.A. 2015. Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 6(2):153-170.
- Ross, S.M.; King, J.R.; O'Donovan, J.T. y Spaner, D. 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. *Grass and Forage Science*, 60:74–86.
- SAS. 1990. SAS/STAT. User's guide. Volume 2, GLM-VARCOMP. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Treharne, K.J. y Cooper J.P. 1969. Effect of temperature on the activity of carboxylases in tropical and temperate gramineae. *Exp. Bot.* 20(1):170-175.
- Tuna, C. y Oral, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *J. Agric. Biolo. Sci.* 2(2):14-19.
- Vlachostergios, D. N.; Dordas, C.A. y Lithourgidis, A. S. 2015. Forage yield, protein concentration and interspecific competition in red pea-cereal intercrops. *Expl. Agric.* 51(4):1-16.
- White, L. M. 1973. Carbohydrate reserves of grasses: A review. *J. Range Manage.* 26(1):13-18.

## ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO AGROFORESTAL DE RIEGO EN YUCATÁN

Ramírez Jaramillo G<sup>1</sup>, Lozano Contreras M. G<sup>2</sup>, Ramírez Silva J. H<sup>3</sup>.

<sup>1 y 3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Centro de Investigación Regional Sureste. Programa para el Desarrollo de los Trópicos. Calle 6 No. 398. Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. Mérida, Yucatán México. <sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochá, Km 25 Carretera Mérida-Motul, Yucatán, México. Email: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El problema de la degradación de suelos y ambiental, es de origen multifactorial y su atención implica una suma de esfuerzos entre los diferentes actores involucrados (gobierno federal, estatal y municipal, asociaciones civiles y sociedad). El enfoque tradicional de concebir la restauración como la simple reforestación y conservación de áreas protegidas debe ser sustituido por un enfoque que logre restaurar las funciones de los ecosistemas, logrando un equilibrio entre los diferentes intereses y mantener las bases sociales y culturales (González-Maya et al, 2012).

De acuerdo a un estudio realizado por Pronatura Península de Yucatán (UICN-PPY, 2014), de una superficie utilizada para el análisis de 13, 584 637.00 ha, el 60.9 % se encontraba en un estado de conservación de bueno a muy bueno, mientras que en estado regular el 29.1 % y con alta y muy alta degradación un 10 %. Para el caso del área degradada por estado, Yucatán presento el mayor porcentaje en los estratos de alto y muy alto con 22 %, seguido de Campeche con 6 % y en menor proporción Quintana Roo con 3.1 %.

En base a esta información, de 3 952,400 hectáreas el estado de Yucatán contaba con una superficie de 869,528 hectáreas degradadas en las que es necesario implementar medidas para su restauración.

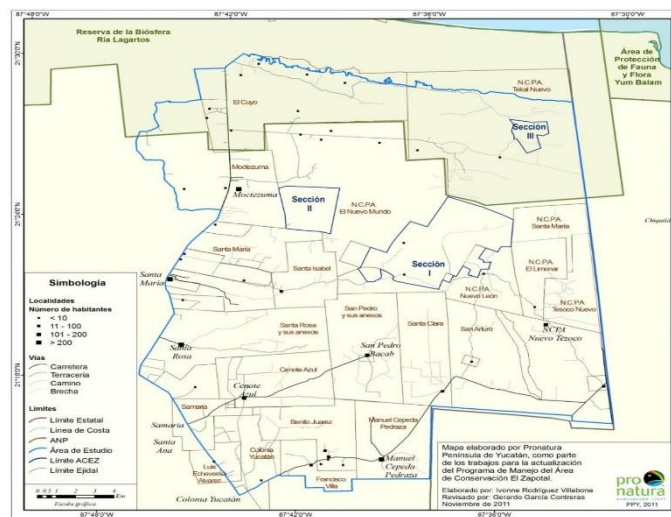
En lo que se refiere al estado de Yucatán, las acciones productivas que han favorecido la deforestación y degradación de los suelos son: los monocultivos del maíz, henequén, además de la ganadería extensiva y la agricultura migratoria (Roza-Tumba-Quema), en gran medida por las extensiones de superficie que ocupan con niveles de productividad muy bajos.

La región oriente del estado es donde más se ha fomentado la ganadería y uno de los municipios en los que más se ha incrementado la deforestación y degradación de los suelos es el municipio de Tizimín, el cual cuenta con la mayor superficie dedicada a la ganadería, cuyas características son: ser extensiva, principalmente de temporal, con especies forrajeras gramíneas en monocultivo lo que ha provocado el deterioro ambiental del municipio y la necesidad de crear Áreas Naturales Protegidas como la de Ría Lagartos, Dzilam Bravo con recursos públicos y la del Área de Conservación El Zapotal con recursos privados, por la presión que ejerce esta actividad sobre las zonas de amortiguamiento y la biodiversidad (Ramírez et al, 2018).

Con base en la problemática planteada, se establecieron cuatro modelos de sistemas agroforestales en parcelas de productores, que sean productivos y rentables, con el propósito de que además de apoyar a la restauración funcional del paisaje, sean amigables con el medio ambiente. Uno de los Modelos Agroforestales establecidos, fue el Agroforestal de Riego, del cual se presentan los resultados en su primer año de desarrollo.

## MATERIALES Y METODOS

El modelo se estableció en agosto de 2018 en una superficie de 1 hectárea en la localidad de El Limonar, en el área de influencia de la reserva privada el Zapotal a cargo de Pronatura Península de Yucatán (PPY), ubicada en el Municipio de Tizimín, Yucatán, con una extensión aproximada de 56,250 hectáreas (Figura 1). La zona de interés comprende los tres polígonos que conforma el Área de Conservación El Zapotal, y su zona de influencia que está conformada por la totalidad de los Ejidos de Moctezuma, NCPA El Nuevo Mundo, NCPA Santa María, NCPA Nuevo León, NCPA El Limonar, NCPA Tesoco Nuevo, San Arturo, Santa Clara, San Pedro y sus Anexos, Santa Isabel, Santa María, Santa Rosa y sus Anexos, Cenote Azul, Benito Juárez y una parte de los ejidos de El Cuyo, NCPA Tekal Nuevo, Samaria, Luis Echeverría Álvarez, Colonia Yucatán, Francisco Villa y Manuel Cepeda Pedraza



**Figura 1.** Área de conservación el Zapotal y su zona de influencia

Las especies seleccionadas en el modelo agroforestal de riego debían cumplir con el requisito de no competir por luz y espacio entre ellas, que se complementen en lugar de competir, que permitan obtener recursos a corto, mediano y largo plazo, además de disponer de tecnología ya sea sola o en asociación con otras especies.

## Establecimiento, manejo y toma de información de campo

**Selección del terreno.** Se considerará en la elección del lugar para el establecimiento de los sistemas agroforestales la accesibilidad, que no tenga problemas de inundaciones, el

nivel de pedregosidad y que tenga la opción a una ampliación del proyecto. De acuerdo con los recorridos que se tendrán en la zona elegida se establecerán los requerimientos específicos de las especies previamente elegidas en el taller con los ejidatarios, así como los requerimientos técnicos para cada una de ellas.

**Diseño del modelo agroforestal de riego.** Es un modelo agroforestal propuesto para una hectárea en condiciones de riego que puede llevarse a cabo en suelos con buen drenaje y aprovechar especies perennes como: limón persa, cocotero, cedro y caoba, bianuales como papaya y de ciclo corto como maíz, frijol y sandía con el propósito de obtener ingresos a corto, mediano y largo plazo. En la periferia de la superficie, el modelo contempla el establecimiento de cedro y/o caoba, especies maderables con buena demanda en el mercado (Figura 2).



**Fuente:** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

**Figura 2.** Diseño Secuencial del Modelo Agroforestal de Riego

**Establecimiento de la plantación.** Posterior a la selección de las especies y un análisis de las condiciones físicas, edáficas y climáticas de cada una de ellas, la situación social y el tipo de actividades económicas que se realizan en la zona, información que se deberá comparar con las necesidades requeridas para cada uno de los cultivos propuestos por ellos mismos y seleccionar la mejor opción para el establecimiento de los sistemas y las forma de establecer la plantación.

**Registro de los Datos.** La información del manejo del modelo agroforestal de riego y de la tecnología se registraron en un libro de campo en donde se vació la información de datos generales del predio, tecnologías aplicadas y datos de rendimiento, para posteriormente analizar la factibilidad técnico-productiva.

**Difusión de la Tecnología.** Para la difusión del modelo agroforestal de riego se consideró dos aspectos fundamentales: uno es la capacitación de los técnicos participantes de PPY y otro es las demostraciones de resultados que se llevó a cabo.

### RESULTADOS Y DISCUSION

**Establecimiento.** El productor contaba con una superficie de 50 hectáreas, cuatro de las cuales ya fueron abiertas al cultivo y una de ellas, disponía de un sistema de riego en la cual se sembró maíz un año antes bajo condiciones de temporal y 20 plantas de limón persa con cuatro años de edad bajo temporal y con problemas de enfermedades, las cuales empezaba a regar, pero sin ninguna perspectiva para el futuro, por lo que se decidió eliminarlos y empezar con el modelo agroforestal de riego propuesto.

El modelo se estableció en la parcela de la productora cooperante Sra. Leila Esther Ucan Dzul, en una hectárea bajo condiciones de riego. En este modelo se pretende aprovechar especies perennes como limón persa, cocotero, cedro y caoba; bianuales como papaya y de ciclo corto como maíz, frijol y sandía con el propósito de obtener ingresos a corto, mediano y largo plazo, así como la sustentabilidad productiva y económica (Figura 3).



**Figura 3.** Establecimiento del Modelo Agroforestal de Riego

**Resultados al primer año de establecido.** En septiembre de 2018 se inició con el establecimiento de limón persa y cocotero, para posteriormente sembrar el maíz con la variedad VS-536 de INIFAP y por interés de la productora se sembraron otras especies como: pepino, calabaza, sandía, calabaza mensejo, cilantro, rábano entre otros y papaya se sembró en diciembre. Las producciones logradas en cada una de las especies de ciclo corto, así como su precio y el valor de la producción se muestra en la tabla.1.

Respecto a los indicadores económicos como costos de producción, ingreso bruto e ingreso neto obtenido en el modelo agroforestal de riego a mayo de 2019 se muestran en la tabla 2. En los costos de producción se incluye los jornales aplicados en el modelo agroforestal de riego para la preparación de suelos, siembra, fertilización, riego, control de maleza, control de plagas y enfermedades, cosecha; así como los fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas utilizados. Es importante mencionar que existe una corrida financiera proyectada a 25 años del modelo agroforestal de riego, pero en este caso solo se presentan los resultados logrados de septiembre de 2018 a mayo de 2019.

**Difusión de la tecnología.** Para presentar los avances del modelo agroforestal de riego se organizó una demostración de resultados en las cuales participaron como instructores: la Dra. Mónica G. Lozano Contreras investigadora del C.E. Mocochoá, MC. Genovevo Ramírez Jaramillo y M. C. Jorge H. Ramírez Silva, investigadores de la Unidad Dirección Regional Administrativa Sureste.

En la demostración se tuvo una asistencia de 103 participantes, de los cuales 34 eran mujeres y 69 hombres (11 productores, 19 técnicos, 3 académicos y 70 estudiantes). Por la cantidad de participantes fue necesario dividir en dos grupos de aproximadamente 50 participantes por grupo y por lo cual uno de ellos se atendió en aula en la palapa de la Comisaria Ejidal de Nuevo Tesoco y el otro en campo en la parcela del Modelo Agroforestal de Riego en la localidad de El Limonar, para posteriormente intercambiar a los grupos. En cada sitio se tuvo una duración de 4 horas (Ramírez *et al*, 2019).

**Tabla 1.** Valor de la Producción de las Especies Producidas en el Modelo Agroforestal de Riego de septiembre de 2018 a mayo de 2019.

Producto	Unidad de medida	Cantidad	Precio en \$	Valor de Producción
Maíz Elote	Pieza	2,000.00	1.00	2,000.00
Maíz grano	Kilogramo	150.00	4.00	600.00
		14,000.0		
Sandía	Kilogramo	0	3.00	42,000.00
Calabaza criolla	Pieza		180.00	3.00
Calabaza Mensejo	Pieza	180.00	5.00	900.00
Pepino	Pieza	2,000.00	5.00	1,000.00
Rábano	Atados	300.00	5.00	1,500.00
Cilantro	Atados	10.00	3.00	2,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>50,540.00</b>

**Tabla 2.** Indicadores Económicos del Modelo Agroforestal de Riego a mayo de 2019.

Indicador económico	En \$
Costos de producción	30,455.00
Ingreso Bruto	50,540.00
Ingreso Neto	20,085.00



**Figura 4.** Uno de los grupos participantes en la demostración

### CONCLUSIONES

En su primer año de establecido el modelo agroforestal de riego presento los siguientes beneficios: una producción diversificada que permite a la Unidad de Producción Familiar Campesina variar su dieta al tener diversos productos para el consumo y mercado, el modelo permite un eficiente uso del espacio y del riego, que prácticamente con el total de los cultivos se logró obtener ingresos y de los cuales sobresale la sandía con un 80 % de la aportación al ingreso bruto, se logró un ingreso neto de \$ 20,085.00 considerando solo los costos de producción variables y parte de los fijos (sin incluir la infraestructura de riego de la cual ya disponía el productor).

### BIBLIOGRAFIA

- González M. J. F., Víquez R. L. R., Cruz L. I., Cepeda A. A. 2012. Repensando la restauración ecológica en Latinoamérica: ¿hacia dónde queremos ir? *Revista Latinoamericana de Conservación* 2 (2) 3 (1): 1-6.
- Hernández G. G., Soto R. J. M., Canales C. R. 2015. Evaluación de módulos agroforestales establecidos en tierras de productores en Calakmul como apoyo al programa de la cruzada contra el hambre en Campeche. *Memoria de la XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015*. Tabasco, México.
- Ramírez J. G. 2018. Proyecto: Validación de Modelos Agroforestales en el Estado de Yucatán. Primera Etapa de Establecimiento. Pronatura Península de Yucatán-Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP. Inédito. Mérida, Yucatán.
- Ramírez J. G., Castillo H. J., Ramírez S, J. H., Centeno E, L. R., López H, A., Tucuch H, J. I., Rivera L, R., Cano G, A., Góngora G., S. F. 2019. Informe Final: Validación de Modelos Agroforestales en el Estado de Yucatán. Primera Etapa de Establecimiento. Pronatura Península de Yucatán-Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP. Inédito. Mérida, Yucatán.



## MICORRIZAS COMERCIALES ASOCIADAS CON ABONOS ORGÁNICOS Y SU RESPUESTA EN LA ETAPA VEGETATIVA-REPRODUCTIVA DE CHILE TIPO POBLANO (*Capsicum annuum* L.), EN INVERNADERO CICLO OTOÑO-INVIERNO

Lucio Leos Escobedo<sup>1</sup>, Juan de Dios Ruíz de la Rosa<sup>1</sup>, Claudio Ibarra Rubio<sup>1</sup>, Emilio Duarte Ayala<sup>1</sup>, Urbano Ávila Peralta<sup>2</sup>, Teresa Pérez Pérez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Suelos, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Parasitología, <sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad. Periférico y carretera a Santa Fe. Torreón, Coahuila.

<sup>2</sup> Estudiante Tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura.

<sup>3</sup> Maestro en Ciencias en Riego. Colaborador egresada del Instituto Tecnológico de Torreón. Ejido Ana, Torreón, Coahuila  
E. mail: [lleose@yahoo.com.mx](mailto:lleose@yahoo.com.mx)

### INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.), es la segunda hortaliza de mayor importancia en México, considerado como su centro de domesticación y de diversidad genética. Dentro del género *Capsicum*, esta especie tiene la mayor importancia económica. El género *Capsicum annuum* L., presenta una gran variedad de tipos, uno de los cuales el chile “poblano” o “mulato”, que por ser ingrediente básico de platillos tradicionales tiene gran importancia gastronómica, económica y social en Puebla. (Toledo–Aguilar *et al.*, 2010).

El uso de estiércoles como un fertilizante orgánico es una de las prácticas más antiguas utilizadas en la agricultura por el hombre. Su aplicación al suelo determina un aumento de la fertilidad, como también la mejoría de las propiedades físicas. En este contexto se hace necesario caracterizar los diferentes materiales para predecir su aporte de nutrimentos. Esta necesidad de predecir su efecto se acentúa además debido a que pueden provocar contaminación ambiental al aplicar dosis excesivas ya sea por pérdidas gaseosas de nitrógeno (procesos de desnitrificación y volatilización de amoníaco) como por la posibilidad de pérdidas por lixiviación de nitratos (NO<sub>3</sub>) Del Pino, (2012).

Trappe, (1994), define a las micorrizas en términos funcionales y estructurales, como “órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbioses viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas) de las plantas terrestres. En esta asociación, la planta proporcionará al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un micro hábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrimentos minerales con baja disponibilidad en el suelo (principalmente Fósforo y Zinc), así como defensas contra patógenos. (Camargo-Ricalde *et al.*, 2012). El uso de los invernaderos actualmente se justifica donde los mercados son cada vez más exigentes en la calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido de frutos. Esto hace que los productos generados en invernadero presenten nichos de alto nivel. Una agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales que limitan la producción. (Quesada–Roldan *et al.*, 2012). Evaluar la respuesta de las micorrizas asociadas con abonos orgánicos en la etapa vegetativa-reproductiva del chile ancho tipo poblano en condiciones de invernadero durante el ciclo otoño-invierno fue el objetivo del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero de 36 m<sup>2</sup> en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Este trabajo se inició durante el ciclo otoño-invierno del año 2018. Para este trabajo primero se realizaron una caracterización química de los cinco abonos orgánicos (Estiércol Bovino, E. Equino, E. Caprino, Compost y Paja de trigo), mezclados con arena de río y suelo agrícola en varias proporciones 100:100, 75:100, 50:100 y 25:100, base V/V en laboratorio determinando pH y C.E. Enseguida y de acuerdo a valores obtenidos se prepararon soluciones con agua corriente y ácido cítrico hasta encontrar valores en el rango 6.3 a 6.8 para el pH y en el rango 1.7 a 2.3 en mS cm<sup>-1</sup> para la Conductividad eléctrica. Después se acondicionó el área del invernadero, seguido de la recolección y acarreo de abonos orgánicos colectados en los corrales de los animales dentro de la Universidad. La arena de río fue obtenida del lecho seco del río Nazas y pasada por una malla de 5 mm. Las mezclas de abonos orgánicos, arena de río y suelo agrícola acorde a la caracterización química. Se utilizaron bolsas de plástico capacidad de 18 kg, rellenas a un 75% de su capacidad. La siembra se realizó en semillero de unisel de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. El genotipo de chile poblano que se utilizó fue una variedad de polinización abierta. El trasplante se realizó cuando la plántula presentó alrededor de 10 a 11 hojas verdaderas o una altura de ocho a diez cm. La inoculación de micorrizas fueron cuatro gramos por planta antes del trasplante. El trabajo se estableció bajo el arreglo de un diseño experimental Completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento obteniendo 25 unidades experimentales. Cada planta conformó la unidad experimental. Los tratamientos de estudio fueron:

- T1= Suelo agrícola + Arena de río + Micorrizas
- T2= Estiércol bovino + Arena de río + Micorrizas
- T3= Estiércol equino + Arena de río + Micorrizas
- T4= Estiércol caprino + Arena de río + Micorrizas
- T5= Compost + Arena de río + Micorrizas
- 

Las variables de estudio evaluadas fueron: En la etapa vegetativa la altura de la planta (cm), el grosor del tallo (mm), el Número de hojas verdaderas y en la etapa reproductiva: el Número de flores por planta y el Número de frutos cuajados (de 2 cm de longitud). Además del volumen de raíz y la producción de biomasa por planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

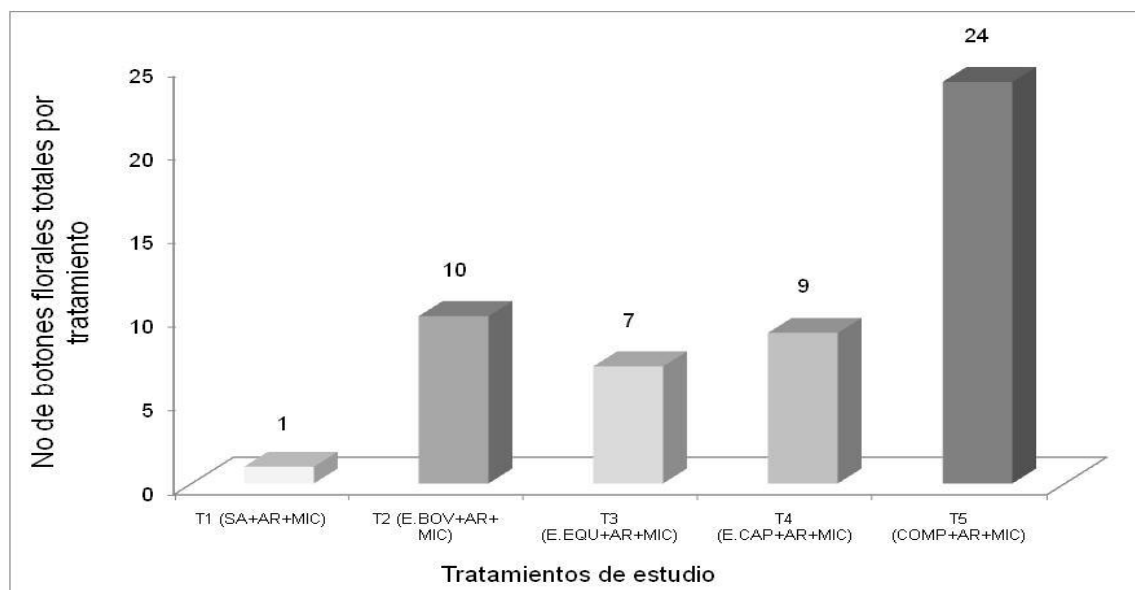
En la etapa vegetativa se encontró para altura de la planta alta significancia estadística con prueba de Tukey (0.05) a los 35 y 42 días después de trasplante (ddt), encontrando que el Tratamiento sobresaliente fue el T5 que refiere a Compost más arena de río más micorrizas (**Cuadro 1**), mientras que para el grosor del tallo nuevamente sobresalió el T5, con 4.37 mm en el tallo. El tratamiento poco favorable en este estudio lo presentó el T1, que refiere una mezcla de suelo agrícola más arena de río más micorrizas. Los organismos (Micorrizas) agregados a las plantas permitieron una mejor respuesta en la captación de agua y los nutrimentos minerales influyendo en el desarrollo y el engrosamiento de la misma (Trappe, 1994).

**Cuadro 1.** Medias obtenidas para la variable altura de planta y grosor del tallo expresado en cm y mm en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

	Altura de la planta (cm)		Diámetro de tallo (mm)
	35 ddt	42 ddt	42 ddt
T1 (SA+AR+MIC)	9.05 c	9.50 c	2.41 d
T2 (E.BOV+AR+ MIC)	10.67 bc	11.20 bc	2.84 c
T3 (E.EQU+AR+MIC)	11.32 bc	12.32 bc	3.13 bc
T4 (E.CAP+AR+MIC)	13.02 ab	13.80 b	3.28 b
T5 (COMP+AR+MIC)	15.50 a	17.82 a	4.37 a
C.V.	16.78%	16.92	5.14
DMS	2.99	3.29	0.36

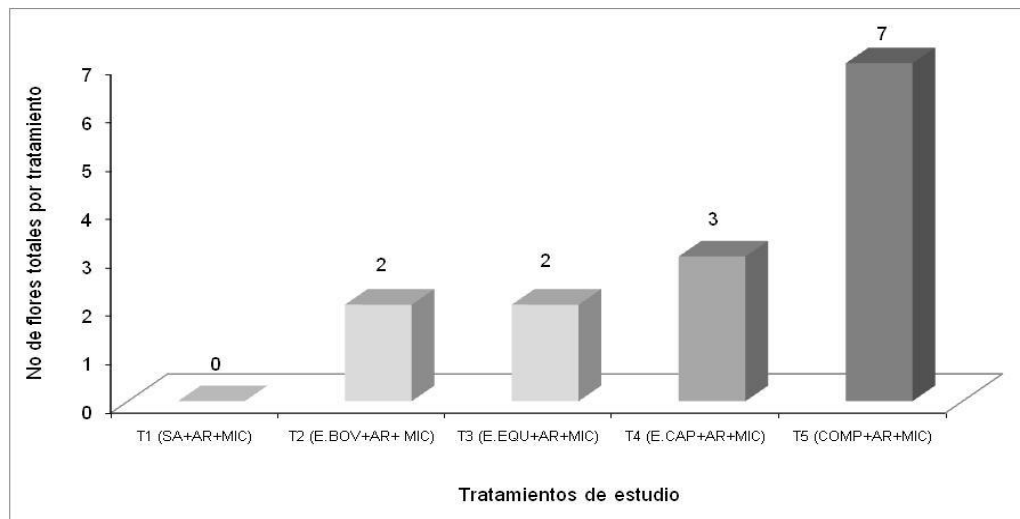
SA= Suelo agrícola, E. BOV= Estiércol bovino, E. EQU= Estiércol equino, E. CAP= Estiércol caprino, COMP= Compost, A.R= Arena de río, MIC= Micorrizas.

Respecto al número de botones florales totales por tratamiento contabilizados a los 28 ddt, se encontró de nueva cuenta que sobresalió el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas) con 24 botones florales como se aprecia en la Figura 1.



**Figura 1.** Número de botones florales totales obtenidos en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

La etapa reproductiva en una planta hortícola se inicia cuando aparece la primera flor (Ruíz de la Rosa, 2015). Para el número de flores totales por tratamiento contabilizadas a los 35 ddt, se encontró que sobresalió el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas) con siete flores como se aprecia en la **Figura 2**, seguido del Tratamiento 4. La tendencia a utilizar abonos orgánicos, permitirá no alterar el medio ambiente, estimular el crecimiento general de la planta, lo cual se traduce en un mayor desarrollo vegetativo, mayor rendimiento y una mejor calidad de las cosecha. Lo primordial los abonos orgánicos constituyen un grupo diverso de materiales procedentes de residuos de animales que presentan altos contenidos de materia orgánica (Potisek *et al.*, 2013).



**Figura 2.** Número de flores totales obtenidas en los cinco tratamientos de estudio. 2018.

## CONCLUSIONES

En los resultados preliminares de un trabajo de investigación (Tesis del nivel licenciatura), se puede concluir que: Que las micorrizas asociadas con abonos orgánicos presentaron muy buena respuesta y para ello estudiar las asociaciones más sobresalientes como Micorrizas-Compost y Micorrizas-Estiercol caprino. El tratamiento más sobresaliente en las variables de la etapa vegetativa y reproductiva fue el Tratamiento 5 (Compost + Arena de río + Micorrizas), el que favoreció la aparición de las primeras flores. Seguido del T4 (E. Caprino + Arena de río + Micorrizas).

## BIBLIOGRAFÍA

- Del Pino., A., C. Repetto., C. Mori., y C. Perdomo. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 26:43-52.
- Camargo-Ricalde S., L., N. M. Montañó., C. J. De la Rosa-Mera., S. A. Montañó A. 2012. Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Revista UNAM. Mx. Digital Universitaria*. México, D, F. 13(7):3-19.
- Potisek M., C. Gonzales., M. Agustín., V. Valle., H. Rodríguez., A. Román. 2013. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de Bioespacio ó casa-sombra. Folleto Técnico Núm. 31. 1 ed. Gómez Palacio, Durango. 55 p.

- Quezada R., G., y C. Méndez S. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*. 16(2):171-183.
- Ruiz de la R., J.D. 2015. Apuntes del curso Producción de plantas hortícolas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila.
- Toledo-Aguilar., R., H. López-Sánchez., P. Antonio L., J.D. Guerrero-Rodríguez., A. Santacruz-Varela., y A. Huerta-De la Peña. 2016. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de Chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(5):1005-1015.
- Trappe J., M. 1994. What's is a mycorrhiza? Proceedings of the fourth. European Symposium on Mycorrhizae.

---

## RESPUESTA DE DOS HÍBRIDOS DE SANDÍA A LA FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL

Luis Enrique Lira Lòpez<sup>1</sup>, María Esther Ríos Vega<sup>2</sup>, y Ma. de Jesús Urrutia Olivarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumno tesista de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Dom. Con. Ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Durango., México  
e-mail: [enrique\\_lira@hotmail.es](mailto:enrique_lira@hotmail.es)

### INTRODUCCIÓN

La sandía es uno de los cultivos hortícolas que se cultiva en casi todo el mundo participando China, Turquía, Irán, Estados Unidos, Egipto, México, Corea, Kazajistán, España y Grecia. Debido a la demanda que tiene se produce un total de 105,375 millones de kilogramos de sandía, según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes de Faostat, el organismo de estadística de la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013).

En México la importancia de la sandía radica tanto en la demanda de mano de obra como en la captación de divisas de esta hortaliza. La superficie cosechada promedio de sandía en México durante el año 2017 fue de 15,871 ha con un rendimiento promedio de 24.7 t ha<sup>-1</sup> y una producción total de 509,409 toneladas. Los principales estados productores son: Sonora, Chihuahua y Guerrero con participaciones de 31.3, 16.6 y 9.8% de la superficie cosechada total respectivamente. La Región Lagunera participa con 6.1 % de la producción nacional, la superficie cosechada dedicada a este cultivo es de 974 ha., (SIAP, 2017). El municipio de Tlahualilo tuvo una superficie cosechada de 95 ha con un promedio de 42 toneladas por hectárea (SIAP, 2015)

En la Comarca Lagunera en específico en el municipio de Tlahualilo, Dgo., los problemas para la producción de sandía son la disponibilidad de agua para riego, baja producción, plagas, enfermedades y comercialización. A pesar de la importancia de la sandía en la región, se ha realizado poca investigación, por lo que se requiere generar y adaptar tecnología para incrementar su productividad. Una alternativa es buscar mejorar las producciones con la utilización de híbridos que se adapten a las condiciones de clima y suelo que se encuentran en la Comarca Lagunera. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de los híbridos de sandía Summer Flavor 800 y Montreal Escarlette en el municipio de Tlahualilo, Durango, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se realizó en la parcela del Ing. Emeterio Lira Cortés situada en el Ejido San Julio, municipio de Tlahualilo, Durango, México. Localizado a la altura del km 48 carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ubicado geográficamente en los paralelos 25°93'72" de latitud norte y los meridianos 103°41'72" de longitud oeste a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante es seco estepario, presenta una temperatura media anual de 21°C.

El experimento se estableció en un suelo de textura arcillo arenosa con una densidad aparente de 1.3 g/cm<sup>3</sup>, la conductividad eléctrica de 0.57 ds/m, el pH de 7.8. La preparación del terreno constó de un barbecho a 30 cm. de profundidad, un paso de rastra y un empareje con escropa. Finalmente se construyeron las camas meloneras con medidas de 7 m de centro a centro. Se realizaron dos muestreos de suelo: el primero, antes de establecer el cultivo cuyas variables nos indicaron las características generales del suelo: textura, densidad aparente, conductividad eléctrica, pH, amonio y nitratos., y el segundo, al terminar el quinto corte. Las variables determinadas fueron amonio y nitratos del suelo, además se realizarán muestreos de humedad para el control del experimento. Se aplicaron 7 riegos distribuidos en: riego de pre-siembra y seis auxilios. El intervalo entre riegos fue de 14 días. La siembra se realizó el día 14 de marzo del 2017 en suelo húmedo. La densidad de siembra fue de 2196 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizaron dos híbridos de sandía: Summer flavor 800 nunhems de Bayer (T1) y Montreal nunhems de Bayer (T2) respectivamente.

La fertilización fue en base a la dosis: 150 - 80 – 00. Se utilizó fosfato mono amónico (map) como fuente de fosforo. Se aplicó todo el map 10 días antes de la siembra con ayuda de una fertilizadora., y sulfato de amonio como fuente de nitrógeno; se dividió en cinco partes iguales y se aplicaron antes de cada riego de auxilio. La aplicación fue de forma manual, se realizó una zanja lineal a 15 cm de las plantas, posteriormente el fertilizante fue sepultado.

La parcela experimental fue de 10.5 m de largo por 7 m de ancho para obtener un total de 73.5 m<sup>2</sup>. Cada parcela constó de dos surcos por cama y 8 plantas por surco a una distancia de 1.3 m. Se realizó un escarde antes de cada riego con la finalidad de guardar humedad en el suelo, eliminar malezas y facilitar la expansión de raíces. Los implementos a utilizar fueron lilliston y bordeadora. El control de maleza sobre la cama se realizó de forma manual cuantas veces fue necesario. No se requirió la aplicación de insecticidas químicos ya que la presencia de insectos plaga se mantuvo por debajo del umbral económico. Se realizaron 5 cortes de forma manual, se consideró la madurez comercial del cultivo. La calidad del fruto se determinó con un Refractómetro Digital Brixometro 0-55 °Brix Hm Digital para determinar los grados Brix (°Brix) en una muestra representativa de cada parcela.

Las variables a evaluar en el cultivo fueron: Días después de la siembra a floración femenina (DDS F.F), Días después de la siembra a floración masculina (DDS F.M), Numero de flores femeninas(No F.F), Numero de flores masculinas(No F.M), Días después de la siembra al inicio del llenado (DDS I.LL), Peso promedio (PESO PROM), Peso por parcela (PESO/PARC), Diámetro ecuatorial (D.E), Diámetro polar (D.P), Calidad ° BRIX, Rendimiento (Ton/ha) (REND). Las variables en el suelo fueron: Nitratos y Amonio en partes por millón (ppm) 0-30 y 30-60

Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 10.5 m de largo por 7 m de ancho con una superficie de 73.5 m<sup>2</sup>. La parcela constó de dos surcos con un total de 8 plantas por surco. La parcela útil fue de 27.3 m<sup>2</sup>. Los datos se analizaron en el software estadístico Infostat con múltiple comparación de medias (LSD).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) en Días después de la siembra a floración femenina (DDS F.F) y Días después de la siembra a floración masculina (DDS F.M). La media fue de 53 y 50 respectivamente.

Para Numero de flores femeninas (No F.F) y Numero de flores masculinas (No F.M) no se mostraron diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 2.99 y 9.89. En Días después de la siembra al inicio del llenado (DDS I.LL) no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 60.1.

En el peso promedio del fruto (PESO PROM) Kg Los tratamientos evaluados fueron estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ) en todos los cortes. La media fue de 6.93 kg. Estos resultados difieren a lo obtenido por Calizaya (2013), reporta un promedio de 12.10 kg., en esta variable el presente experimento supera a Miles *et al.* (2006) en una comparación de variedades con polinización normal reportan una media de 4.03 kg., en peso por fruto. En peso por parcela (PESO/PARC) Kg, los tratamientos fueron estadísticamente iguales en cada uno de los cortes ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 17.57 kg.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) en la variable diámetro ecuatorial (D.E) cm. La media fue de 55.15 cm. En el análisis de varianza (ANVA) no se presentó diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados en Diámetro polar (D.P) cm. La media fue de 75.12 cm. Estos resultados superan a lo obtenido por Calizaya (2013), quien obtuvo una media de 41.54. Mullins y Smith (2001). Mencionan que la variedad Feedrom sandías sin semillas alargadas fueron las más grandes, y reportan una media de 33.02 cm de diámetro polar.

En el análisis de varianza (ANVA) los tratamientos fueron estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ) en frutos de primera (PRIMERA CLASE). La media fue de 6. Todos los cortes de comportaron de igual forma. No existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) en frutos de desecho (CLASE DESECHO). La media fue de 1.

En el análisis de varianza (ANVA) no se encontró diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados en Calidad ° BRIX. La media fue de 9.79. Estos resultados no concuerdan con Miguel *et al.* (2004) evaluaron aplicaciones de CPPU en sandía y no encontraron diferencias en solidos solubles y superan mucho a lo obtenido por Huitrón *et al.* (2007), en un experimento de sandía triploide comparando un efecto del 2,4-D y CPPU obtuvieron con CPPU una media de 8°Brix.

En el análisis de varianza (ANVA) los tratamientos fueron estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ) en rendimiento. La media fue de 32.91 ton/ha<sup>-1</sup>. Estos resultados difieren mucho a lo a lo obtenido por Huitrón *et al.* (2007), evaluando sandías triploides con el uso de CPPU en dosis de 50, 100, 150 y 200 ppm reportan un rendimiento medio de 91 ton/ha<sup>-1</sup>. Camacho y Huitrón (2007) encontraron que la producción más alta se obtuvo con CPPU a 200 ppm con 9.65 kg/m<sup>2</sup>.

En el análisis de varianza (ANVA) no se encontró diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) de Amonio en el suelo de 0-30 cm (ppm) y Amonio en el suelo de 30-60 cm (ppm). La media fue de 5.21 y 6.04 respectivamente. No se mostró diferencia significativa entre tratamientos en la variable nitratos en el suelo de 0-30 cm (ppm) y nitratos en el suelo de 30-60 cm (ppm) ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 15.78 y 18.13 respectivamente.



---

## CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en las variables evaluadas en el experimento, esto significa que los híbridos de sandía evaluados son estadísticamente iguales; es decir, no existe diferencia entre ellos. De acuerdo a los resultados obtenidos es posible obtener resultados similares en producción de sandía utilizando cualquiera de los híbridos evaluados con la fertilización convencional.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar A. J. M. 2014. Calidad y rendimiento en sandía con fertilización orgánica comparada con la fertilización convencional. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de carreras agronómicas. Torreón Coahuila, México. Pág. 39.
- ASERCA, 2002. La sandía tradición exportadora claridades agropecuarias Vol. 75. México D.F. Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. 40 p México.
- Calizaya, G. A. (2013). Tesis influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus Thunb*) en la zona de la Yarada-Departamento de Tacna. Tacna-Perú.
- Camacho F. F. V. y Huitrón R. 2007. Evaluar el efecto de fitorreguladores en la producción y calidad de sandía Triploide. Disponible en:
- Cháirez A. C. J. y Palerm V. 2006. El entarquinamiento: el caso de la Comarca Lagunera. [En Internet]. 2006. Colegio de Postgraduados. Disponible en: [http://www.geocities.com/jacinta\\_palerm/boletin\\_AHA/textos\\_boletin\\_chairez/chairez.PDF](http://www.geocities.com/jacinta_palerm/boletin_AHA/textos_boletin_chairez/chairez.PDF)
- Espinoza A. J. J.; Orona C. I.; Narro R. J.G y León R.M. J. 2015. Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización del cultivo de la sandía en la comarca lagunera. [En Internet]. Revista Mexicana de Agronegocios. Sistema de Información Científica Redalyc. Disponible en:
- FAO. Information System on Water and Agriculture, Aquastat. 2003.
- Feltrim. A. L., Cecilio F. B., Vinicius G. M. y Pavani L. C. 2011. Distancia entre plantas y dosis de nitrógeno y potasio en sandía sin semillas fertirrigada. [En Internet]. Pesquisa Agropecuária Brasileira. vol.46 no.9 Brasília Sept. 2011. Disponible en:
- Figueroa, V.U. 2003. Fertilización en maíz forrajero. Estrategia de apoyo a la investigación de tecnología en la región Lagunera. México.  
<file:///F:/proy%20sandia%202017/arch%20internet/sandia%20pdf%20redalyc.html>  
[http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=559\\_18](http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=559_18).  
<http://www.ual.es/doctorado/AIZS/resúmenes/r1.html>  
[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2000\\_2106.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf)  
[http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT\\_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores\\_SAGARPA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores_SAGARPA.pdf)  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2011000900003&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011000900003&lng=en&nrm=iso&tlng=es)  
<https://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit52.pdf>
- Huitrón, M.V., Díaz, M., Diáñez, F., y Camacho F. 2007. Effect of 2,4 D and CPPU On triploid watermelon production and quality. *Horscience* 42 (3):559-564.
- INIFAP, 2003. Cadena agroalimentaria de sandía. Caracterización de los eslabones de la cadena e identificación de los problemas y demandas tecnológicas. [En Internet]. Campeche, Campeche. Pág. 5. Disponible en:
- Maroto, J., Gómez, A. y Pomarez, F. 2002. El cultivo de sandía. Fundación Caja Rural de Valencia. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Miguel, A. J. V. Maroto; S. y Lopez- Galarza. 2004. Triploid seedless watermelon production without pollinators. Effect of the number of sprayed flowers on fruit size. *ISHS Act Horticulture* 559:

- V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies. Disponible en:
- Reche M. J. 2000. El cultivo intensivo de la sandía. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, [En Internet]. Libro. ISBN 84-491-0668-0. Disponible en:
- Ruiz R. J. D. 1985. El cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. Desplegable CAELALA No. 9. Secretaria de Agricultura y recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas. Centro de investigaciones Agrícolas del Norte. Campo experimental de la laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- SAGARPA, 2016. Cuarto informe de labores 2015-2016. [En Internet]. Pag. 16. Disponible en:
- SARH. INIFAP, citado por Aguilar J. M. A. 2014. Calidad y Rendimiento de Sandía con Fertilización Orgánica Comparada con Fertilización Convencional. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Siglo de Torreón, 2017. Resumen económico y de noticias 2017. Especial del Siglo de Torreón. Torreón Coahuila, México. Pág. 24.

## DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE *Pinus rzedowskii* MADRIGAL & M. CABALL. EN MICHOACÁN MÉXICO

<sup>1</sup>López-López Fatima, <sup>2</sup>Delgado-Valerio Patricia, <sup>3</sup>González- Rodríguez Antonio, <sup>4</sup>Vázquez-Lobo Yurén Alejandra, <sup>5</sup>Piñero-Dalmaú Daniel

<sup>1</sup>PSP, Saltillo Coahuila, [fatima.frutloops@gmail.com](mailto:fatima.frutloops@gmail.com), <sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Uruapan Michoacán, <sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM campus Morelia, <sup>4</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos, <sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de México.

### INTRODUCCION

Las condiciones biogeográficas, geológicas, orográficas y climatológicas de México han fomentado la diversificación de muchos linajes de plantas y animales. Entre ellos se encuentra el género *Pinus*, del cual México cuenta con el mayor número de especies del mundo (Delgado, 1999). Varias de estas especies son endémicas de México y están representadas por poblaciones muy pequeñas y algunas de ellas se encuentran en peligro de desaparecer local o globalmente (Delgado, 1999).

Una de las áreas de investigación que estudian los procesos genéticos que influyen en la extinción de una especie es la genética de poblaciones que trata de analizar la genética del proceso adaptativo. Fundamentalmente persigue dos objetivos: 1) evaluar los niveles de variación genética dentro y entre poblaciones, a partir de las frecuencias alélicas y de las frecuencias de los genotipos y 2) analizar esta variación en términos de las llamadas fuerzas evolutivas (Hedrick, 1983). La llamada Ley del equilibrio Hardy-Weinberg predice la relación entre las frecuencias alélicas y las genotípicas suponiendo la ausencia de cualquier fuerza evolutiva (Hedrick, 1983). De esta manera, uno de los enfoques de la genética de poblaciones es estudiar el efecto que tienen las fuerzas evolutivas sobre el equilibrio Hardy Weinberg (Eguiarte, 1990). Por ejemplo, cuando las poblaciones son pequeñas o han sufrido fragmentación, los niveles de variación y estructura genética dependen mucho de la deriva génica (pérdida de heterócigos, fijación de alelos y diferenciación entre poblaciones; Wright, 1965; Hedrick 1983; Hartl y Clark, 1989). Además, la genética de poblaciones nos permite estimar otros parámetros como el nivel de endogamia ( $F$ ) y el tamaño efectivo ( $N_e$ ) de las poblaciones (Hartl y Clark, 1989).

Bajo este contexto el presente trabajo tiene como objetivo estudiar cómo está distribuida la variación genética entre y dentro de las poblaciones de *Pinus rzedowskii* y el grado de estructuración genética de la especie con el uso de marcadores moleculares microsatélites nucleares. Esta especie es un sistema de estudio muy interesante de analizar debido a que i) es una especie endémica de México y considerada en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT 2010), ii) tiene una distribución restringida al Sur-Oeste de la Sierra de Coalcomán, Michoacán, y iii) está representada por 12 poblaciones con tamaños censales pequeños. Además, las poblaciones se encuentran fragmentadas espacial y ecológicamente, ya que se establecen en fragmentos o parches de suelo de tipo calizo muy particulares.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

Se inspeccionaron las poblaciones reportadas por Madrigal (1969) y Delgado *et al.* (1999), las cuales se ubicaron geográficamente y se registraron las coordenadas y altitud de cada una apoyándonos con un GPS, con información de los habitantes de la zona y dueños de predios fue posible localizar seis poblaciones más, dos de las cuales tienen una distribución más al sur que las reportadas anteriormente. Se tomaron muestras de acículas de acuerdo a la densidad y accesibilidad de cada población (cuadro 1, figura 1). El muestreo de las poblaciones se realizó de tres maneras, transectos altitudinales, al azar en cuatro puntos y uno central (mayor densidad de individuos), y muestreo de todos los individuos en poblaciones con tamaño censal menor a 20 individuos.

Cuadro 1. Poblaciones de *Pinus rzedowskii* y número de individuos muestreados por localidad. Con asterisco las localidades consideradas como poblaciones no registradas previamente.

Población	Individuos muestreados
1 El Durazno	16
2. Chiqueritos	30
3. La Soledad	5
4. Jesús Ortíz*	15
5. La Magueyera*	25
6. La Aguacatera	17
7. El Fresno	24
8. La Alberca	31
9. La Carretilla*	28
10. Vaca Pinta	5
11. Predio Varaloso	31
12. El Huarache*	21
13. La Canoyita*	4
14. Las Tabernas	1
15. La Tepamera*	2

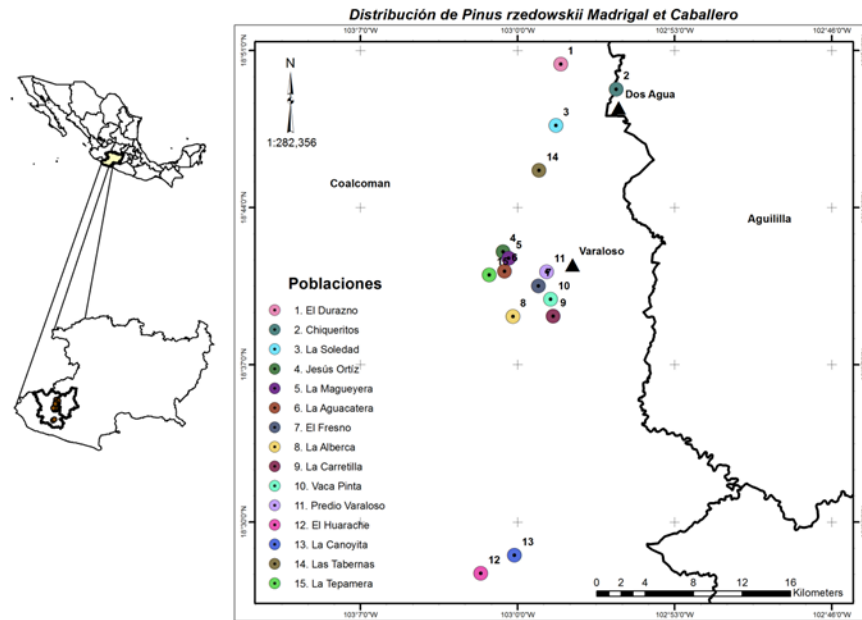


Figura 1. Mapa de la localización geográfica de las poblaciones de *Pinus rzedowskii* y poblados de referencia cercanos a los sitios.

### Extracción de ADN

Se obtuvo ADN genómico de las muestras obtenidas por población utilizando el método Miniprep CTAB 2X modificado por Vázquez-Lobo (1996); utilizando el buffer de extracción preparado con Tris-HCl 100 mM (pH 8.0), CTAB 2 %, NaCl 1.4 M, EDTA 20 mM y  $\beta$ -Mercaptoetanol 1 %. Para verificar la calidad de la extracción de ADN total, se elaboraron geles de agarosa al 0.5 %. La electroforesis se realizó en una cámara Mini Sub Cell GT de BIORAD a 120 V durante 15 minutos (Figura 2).



Figura 2. Electroforesis en geles de agarosa al 0.5 % para ADN total. A) El Fresno y B) La Alberca.

### Amplificación de microsatélites

Se utilizaron cinco iniciadores: RPS34b, RPS2, RPS18, RPS25b, RPS50, RPS84. La amplificación se hizo mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Las condiciones de reacción y amplificación utilizadas fueron modificadas a partir de las propuestas por Karhu y Williams (2000). La mezcla de reacción para cada individuo consistió en 2.5 uL de Buffer Tris (1M, pH 9), 2.0 uL de dNTPs (4X, 100 mM), 0.5 uL de primer Forward (10 uM), 0.5 de primer Reverse (10 uM), 11.3 uL de agua destilada, 3.0 uL de  $MgCl_2$  (50 mM), 0.2 uL de Taq plimerasa (1U) y 3.0 uL de ADN (30 ng/uL) para obtener reacciones de 23 uL. El programa de amplificación fue el mismo para todos los microsatélites, solo varió en la temperatura de alineamiento la cual es específica para cada microsatélite y se hizo en un termociclador C1000™ Thermal Cycler de BIO-RAD usando el

siguiente protocolo: 1) desnaturalización inicial a 94° C por un minuto, dos ciclos a 94° C por un minuto, 60° C por un minuto y 72° C por 35 segundos; 2) 45 segundos a 94° C, 45 segundos a la temperatura de alineamiento específica para cada microsatélite y disminuyendo 0.5° C durante 20 ciclos hasta bajar 10° C, extensión a 72° C durante 45 segundos; 3) comprende 20 ciclos durante los cuales ocurre una desnaturalización a 94° C durante 30 segundos, 30 segundos a la temperatura final de alineamiento y una extensión por un minuto a 72° C; 4) extensión final a 72° C durante 5 minutos y finalmente una disminución de la temperatura a 4° C. La amplificación de los fragmentos se verificó mediante electroforesis con bromuro de etidio 200 mM en geles de agarosa al 2 % utilizando una cámara horizontal Wide mini-sub Cell GT, de BIORAD.

Las muestras amplificadas se procesaron en un secuenciador ABI Prism Hitachi en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco, UNAM campus Morelia) y los tamaños de los fragmentos fueron calculados con el programa Peak Scanner ver. 1.1.

### Analisis de datos

Con los tamaños de los fragmentos obtenidos se hizo una base de datos a partir de la cual obtuvimos los estimadores de la variación y estructura genética e información sobre la historia demográfica de las poblaciones de la especie.

Los índices de variación evaluados fueron el número total de alelos población ( $n$ ), el número promedio de alelos por locus ( $A$ ), la heterocigosis observada ( $H_o$ ), la heterocigosis esperada ( $H_e$ ), la desviación del equilibrio Hardy-Weinberg, el índice de endogamia ( $F_{IS}$ ), y el tamaño efectivo de las poblaciones ( $N_e$ ). Las estimaciones se hicieron con el programa Arlequin 3.5 (Excoffier *et al.*, 2005). Para calcular el nivel de estructuración genética de la especie se hizo un AMOVA (Arlequin v 3.5; Excoffier *et al.*, 2005), un análisis de inferencia bayesiana mediante el programa BAPS v. 6 (Corander *et al.*, 2003); y una correlación de probabilidad de pertenencia con el programa STRUCTURE v. 2.3 (Pritchard *et al.*, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En total se obtuvieron de 35 alelos para los cinco loci usados, siendo RPS84 el más variable con 8 alelos, seguido de RPS2 con 7 alelos, RPS34b con 7 alelos, RPS18 con 6 y RPS50 solo 4 (Figura 2). La población que presentó el mayor número de alelos para todos los loci fue La Alberca con 24, mientras que el valor menor lo obtuvo La Canoyita con 12 alelos. El promedio del número de alelos por locus ( $A$ ) fue de 2.36. Las poblaciones que presentaron alelos únicos fueron El Huarache en el locus RPS2 (alelos 171 y 177 pb) y en el RPS84 (161 pb), El Fresno en el locus RPS18 (162 pb), El Pinabete en RPS50 (128 pb), La Alberca en RPS84 (165 pb) y Chiqueritos en RPS84 (171 pb).

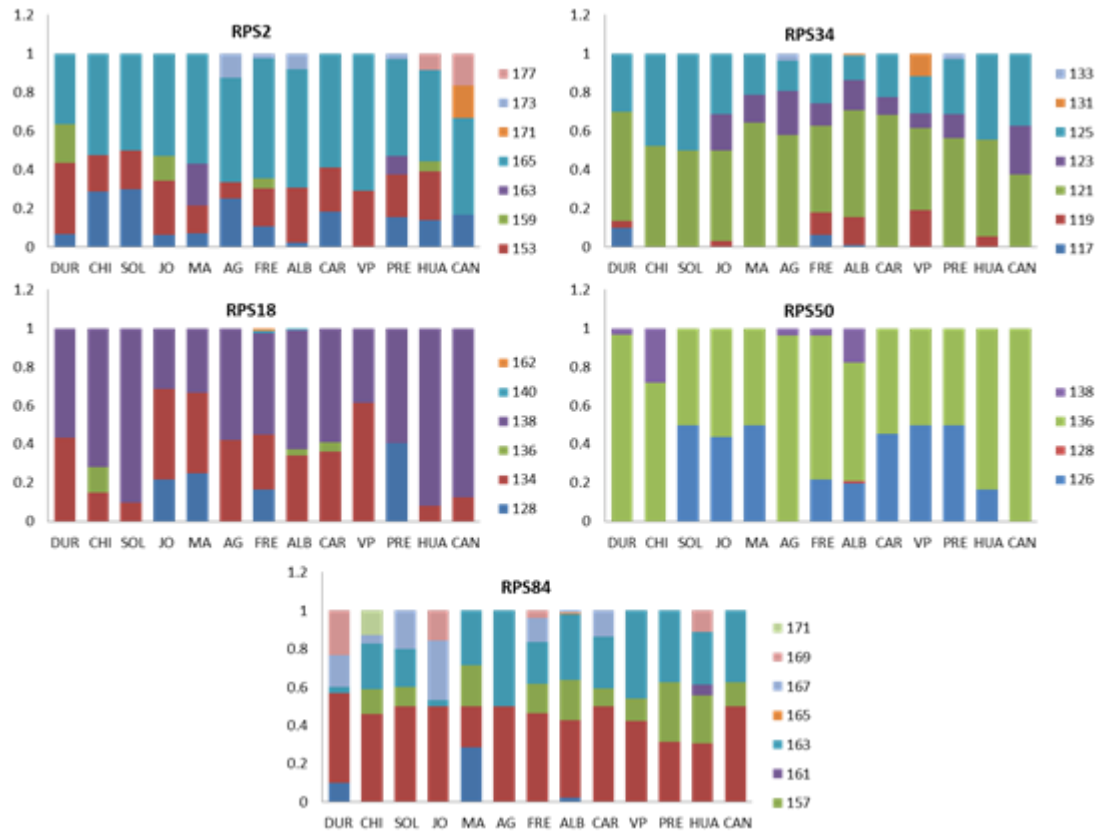


Figura 2. Frecuencias alélicas por población por locus analizado.

La variabilidad genética fue alta con valores de heterocigosis observada mayores a los esperados ( $H_o=0.714$   $p=0.23$ ,  $H_e=0.568$   $p=0.10$ ), con una estructura genética baja ( $F_{ST}=0.065$ ,  $p=0.000$ ) y un valor de  $F_{IS}$  negativo ( $-0.244$ ,  $p=0.050$ ; Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimadores de la variación genética en poblaciones de *Pinus rzedowskii*.

Población	N	n	A	Ae	Ho	He	F	$\theta$ (4Nu)	Ne
1 El Durazno	15	17	3.4	2.3	0.720	0.519	-0.376	3.32	830
2. Chiqueritos	23	15	3	2.2	0.712	0.543	-0.297	3.7	925
3. La Soledad	5	<b>13</b>	2.6	2.1	<b>0.840</b>	0.546	-0.648	3.8	950
4. Jesús Ortiz*	16	17	3.4	2.5	0.825	0.623	-0.386	6.03	1507.5
5. La Magueyera*	7	16	3.2	2.6	<b>0.642</b>	<b>0.653</b>	-0.100	6.84	1710
6. La Aguacatera	13	14	2.8	2.0	0.660	<b>0.473</b>	-0.385	2.6	650
7. El Fresno	39	23	4.6	2.6	0.670	0.603	-0.122	5.34	1335
8. La Alberca	48	24	4.8	2.4	0.658	0.585	-0.121	4.8	1200
9. La Carretilla*	11	15	3	2.2	0.690	0.566	-0.264	4.3	1075
10. Vaca Pinta	13	14	2.8	2.3	0.747	0.563	-0.381	4.23	1057.5

11.	Predio	16	16	3.2	2.4	0.700	0.599	-0.189	5.2	1300
Varaloso										
12.	El Huarache*	18	17	3.4	2.3	0.677	0.497	-0.340	2.9	725
13.	La Canoyita*	4	12	2.4	2.1	0.750	0.619	-0.367	5.8	1450
<b>Promedio</b>		<b>16.38</b>	<b>3.27</b>			<b>0.714</b>	<b>0.568</b>	<b>-0.305</b>		<b>1131.9</b>

N= número de individuos, n=número de alelos, A= promedio de alelos por locus, Ae= promedio del número de alelos efectivos, Ho= Heterocigosis observada, He= Heterocigosis esperada, F= índice de endogamia, Ne= Tamaño efectivo.

El análisis de agrupación bayesiana formó cinco grupos, dos forman la zona norte de la distribución de la especie, la zona centro con tres grupos genéticos compartiendo uno de los grupos con la zona norte, y la zona sur con un grupo completamente diferenciado (Figura 3).

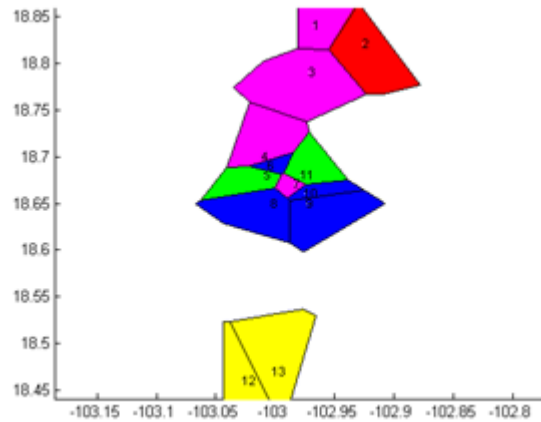


Figura 3. Agrupamiento del análisis bayesiano de acuerdo a distancias geográficas y genéticas de las poblaciones de *Pinus rzedowskii*.

El análisis de estructura genética formó tres grupos, éstos se encuentran distribuidos de manera muy heterogénea dentro y entre las poblaciones mostrando un patrón de distribución similar al análisis bayesiano (Figura 4).



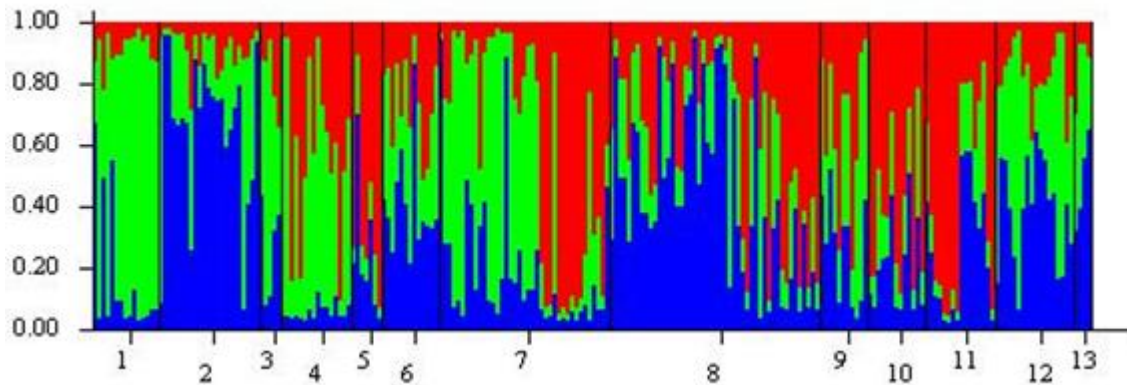


Figura 4. Pertenencia de las poblaciones de *Pinus rzedowskii* a cada grupo genético de acuerdo al software STRUCTURE.

El análisis de la demografía histórica sugiere que la especie estuvo conformada por una gran población, la cual se fragmentó y se encuentra en proceso de diferenciación genética debido probablemente a una dinámica de reducción (cuellos de botella) del tamaño de algunas poblaciones e incremento (colonización o expansión) de otras.

### CONCLUSIONES

Los microsatélites utilizados resultaron adecuados para el análisis de la diversidad genética de *Pinus rzedowskii*. A pesar de la fragmentación, el aislamiento y el tamaño pequeño de las poblaciones de la especie, ésta presenta una variación genética alta, que podría no corresponder a una riqueza genética sino más bien al efecto que está ocasionando un proceso de selección de caracteres que favorecen su adaptación y supervivencia. Al evaluar el grado de estructuración genética de las poblaciones se observa la formación de tres grupos genéticos que geográficamente no corresponden a un patrón de distribución de las poblaciones, sino que deja claro que la especie no se ha diversificado genéticamente a pesar de la fragmentación que presentan sus poblaciones, apoyando la hipótesis de Delgado (1997) que anteriormente era una población grande que se fragmentó por eventos naturales. El resultado del análisis de cuellos de botella revela la existencia de éstos para el caso de las poblaciones con tamaños censales pequeños. Es muy importante encontrar opciones de manejo adecuado para la especie y repoblar las zonas de distribución natural. Una de las sugerencias es la propagación *in vitro* ya que estudios realizados en la especie han demostrado que el porcentaje de germinación y sobrevivencia de la especie es muy baja.

### BIBLIOGRAFIA

- Corander, J., Waldmann, P. y M. J. Sillanpää. 2003. Bayesian analysis of genetic differentiation between populations. *Genetics*, 163: 367-374.
- Corander, J., Waldmann, P. y M. J. Sillanpää. 2003. Bayesian analysis of genetic differentiation between populations. *Genetics*, 163: 367-374.
- Eguiarte. 1990. Genética de poblaciones de *Astrocaryum mexicanum* Liebm, en los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Doctoral. Centro de Ecología UNAM. México D.F. 190pp.
- Excoffier, L. Laval G. y Schneider S. 2005. Arlequin, ver 3.0: an integrated software package for population genetics data analysis. *Evol Bioinf Online* 1:47-50.

- Hartl D. L. y Clark. 1989. Principles of Populations Genetics. 2do Sinauer Associates, Inc., Sunderland, M.A.
- Hedrick P. W. 1983. Genetics of populations. Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York.
- Madrigal S. X. 1986. Claves para la identificación de las coníferas silvestres del estado de Michoacán. Escuela de Biología, UMSNH. México. Pag. 101.
- NOM-59-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación.
- Pritchard, J. K., M. Stephens y P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155: 945-959.
- Wright, S. 1965. The interpretation of populations structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*. 19: 395-420.

## EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS SELECTIVOS Y DE AMPLIO ESPECTRO PARA EL CONTROL DE MOSCA BLANCA EN EL CULTIVO DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.)

Jorge Maltos-Buendía<sup>1</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>2,3</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>3</sup>, Enrique Hernández-Leal<sup>1</sup> y José Luís García-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, e-mail: maltos.jorge@inifap.gob.mx. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.

### INTRODUCCIÓN

El algodón es un cultivo importante para el país, tanto por la superficie sembrada como por el valor de su producción. Durante el ciclo agrícola de 2017, se sembraron en México 202,924 has de algodón, con un valor de la producción de \$ 12, 011, 895 030 obtenido en ese año. En la región Lagunera de Durango, se estableció una superficie de 3039 has, con un valor de producción de \$165,284,440 mientras que, en la región Lagunera de Coahuila, la superficie sembrada en el mismo año fue de 18,017 has, con un valor de la producción de \$854, 856, 440 (SIAP, 2018).

Desde el otoño de 1994, la mosca blanca se convirtió en un serio problema fitosanitario en la Comarca Lagunera. Durante 1996 provocó pérdidas en los cultivos desde un 40 hasta un 100% en rendimiento y ha provocado un incremento en el número de aplicaciones de productos que se utilizan para su control (Sánchez *et al.* 1996, Nava y Cano 2000). Este insecto provoca daños directos a las plantas por la extracción de la savia, reduciendo su vigor y su producción, excreción de mielecilla sobre las hojas que favorece el crecimiento de fumagina, la cual interfiere la actividad fotosintética de las hojas, lo que puede provocar una reducción en el rendimiento (Torres-Pacheco *et al.* 1996).

En el cultivo de algodón, la excreción de mielecilla contamina la fibra volviéndola pegajosa, lo que afecta el proceso de hilado, disminuye su calidad y aumenta el desgaste de maquinaria. Cuando el contenido de mielecilla en la fibra rebasa los límites de contenido, ocurren sanciones económicas al productor (Hendrix *et al.* 1996).

En 1999, en Arizona, el brote de mosca blanca provocó una pérdida anual de \$100 millones de dólares hasta el 2001. El número de aplicación de insecticidas se incrementó a el nivel más alto observado en 25 años; más de 25 aplicaciones por acre, sin mencionar el impacto ambiental, el cual no pudo ser medido.

La mosca blanca interrumpe y disminuye el flujo del floema en las plantas, además la excreción de mielecilla que contamina las hojas y la fibra del algodón con azúcares. Estos hacen que la fibra cosechada se vuelva pegajosa al momento de ser procesada en las máquinas de alta velocidad. También es el medio de crecimiento de hongos que debilitan y decoloran la fibra. Actualmente, el sistema de clasificación del algodón utilizado por el

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) y los sistemas de comercialización no miden los niveles de contaminación de azúcar en la fibra, no existe un método en el mercado que permita evitar el alto costo del paro de las máquinas que resulta del procesamiento de fibra contaminada. Es por eso que la solución ha sido el evitar la compra de fibra de regiones de las que se sospeche provenga algodón contaminado con niveles inaceptables de azúcar. Esto ha producido una presión del mercado sobre los precios lo que a su vez ha provocado que algunas regiones del mundo reciban precios relativamente bajos por su producción de algodón, aunque estas estén libres de azúcares (Ellsworth, 2006).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de insecticidas selectivos y de amplio espectro para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en el cultivo de algodón.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano del 2019. Se realizaron dos experimentos en parcelas con productores cooperantes del municipio de San Pedro, Coahuila.

El primer experimento se realizó en el ejido San Rafael de Abajo, mientras que el segundo se estableció en el ejido Emiliano Zapata.

El estudio consistió en hacer 2 aplicaciones de diferentes productos con diferentes modos de acción, con un intervalo de 7 días entre cada aplicación y observar el efecto sobre la población de mosca blanca, tanto en adultos como en ninfas. Se utilizó un diseño completamente al azar; cada tratamiento consistió de 20 surcos de 200 m de largo por 15 m de ancho, con una superficie de 3000 m<sup>2</sup>. Los tratamientos evaluados fueron: 1.- Productos de amplio espectro; 2.- Productos reguladores del crecimiento de los insectos; 3.- Productos de origen vegetal y 4.- Testigo comercial (Cuadro 1). Las variables evaluadas fueron porcentaje de hojas infestadas por adultos de mosca blanca y porcentaje de hojas infestadas por ninfas.

Las aplicaciones en el experimento del ejido San Rafael de Abajo se realizaron los días 19 y 26 de julio, mientras que en el experimento del ejido Emiliano Zapata las aplicaciones fueron los días 3 y 10 de agosto del 2019. Se utilizó una aspersora motorizada marca Arimitsu de 25 lts de capacidad, se utilizó un aguilón de 4 boquillas de cono hueco. El volumen de aplicación fue de 250 lts/ha. Se acidificó el agua con Acidex, 1 ml/lit de agua y en cada tratamiento se agregó 1 ml/lit del coadyuvante Surfacid.

En el experimento del ejido San Rafael de Abajo, los muestreos se realizaron los días 12, 26 de julio y 1 de agosto; mientras que en la localidad del ejido E. Zapata se realizaron el 30 de julio, 9 y 16 de agosto del 2019.

La metodología para el muestreo de población de mosca blanca fue binomial, la cual consistió en revisar la hoja del quinto nudo, considerándose hoja infestada si tenía 3 ó más moscas blancas por hoja. En total, se revisaron 20 hojas por cada repetición, 80 hojas por

cada tratamiento. En el caso de las ninfas, también se revisó la hoja del quinto nudo, considerándose hoja infestada cuando presentó 1 o más ninfas grandes de tercer o cuarto instar. Una vez que se registró el número de adultos, se colectaron las hojas en bolsas de papel y se refrigeraron para el conteo de ninfas en el laboratorio del INIFAP utilizando un estereoscopio electrónico.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados contra mosca blanca en algodón. Ejido San Rafael de Abajo y ejido Emiliano Zapata, San Pedro, Coahuila.

Tratamiento	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis/ha
Insecticidas de amplio espectro	Muralla Max	Betacyflutrin	+ 250 ml
	Herald	Imidacloprid	
Insecticidas reguladores del crecimiento de insectos	Knack	Fenpropatrin	500 ml
	Stone	Pyriproxifen	500 ml
Extractos vegetales	Cinnamix	Varios extractos vegetales	1.5 lts
	Biotika	Extracto de ajo	2 lts
Testigo comercial	Malathion ULV, otros	Malathion	1.0 lts

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos en el experimento del ejido San Rafael de Abajo, los tres tratamientos tuvieron buen control de adultos, observándose más claro el efecto en el segundo muestreo después de la aplicación (Figura 1); mientras que para el control de ninfas, el mejor desempeño se observó en el tratamiento 2 de productos reguladores del crecimiento con diferencias altamente significativas (Figura 2, Cuadro 2).

En el experimento del ejido Emiliano Zapata, el tratamiento 1, productos de amplio espectro, fue el que obtuvo mejor control de adultos de mosca blanca, seguido por los tratamientos 2 y 3, mientras que el testigo comercial presentó la población más alta (Figura 3).

Para el control de ninfas de mosca blanca, las menores poblaciones se obtuvieron con los tratamientos 1, 2 y 3, aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa. La población más alta de ninfas se registró en el testigo comercial (Figura 4, Cuadro 3).

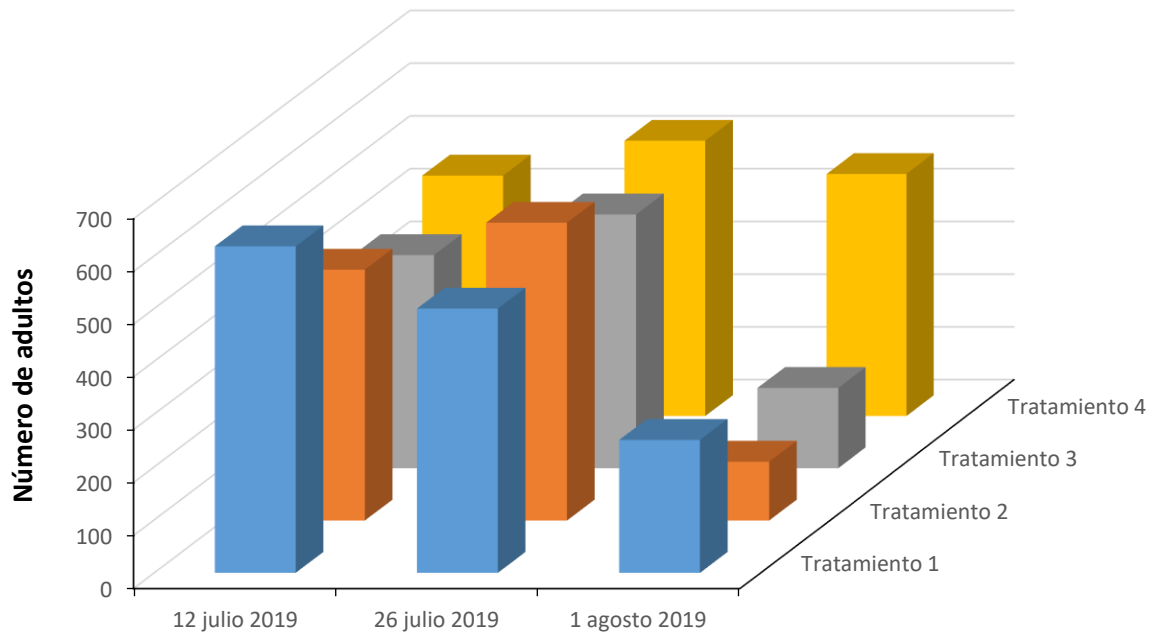


Figura 1. Efectividad de los tratamientos contra adultos de mosca blanca. Ejido San Rafael de Abajo. San Pedro, Coahuila.

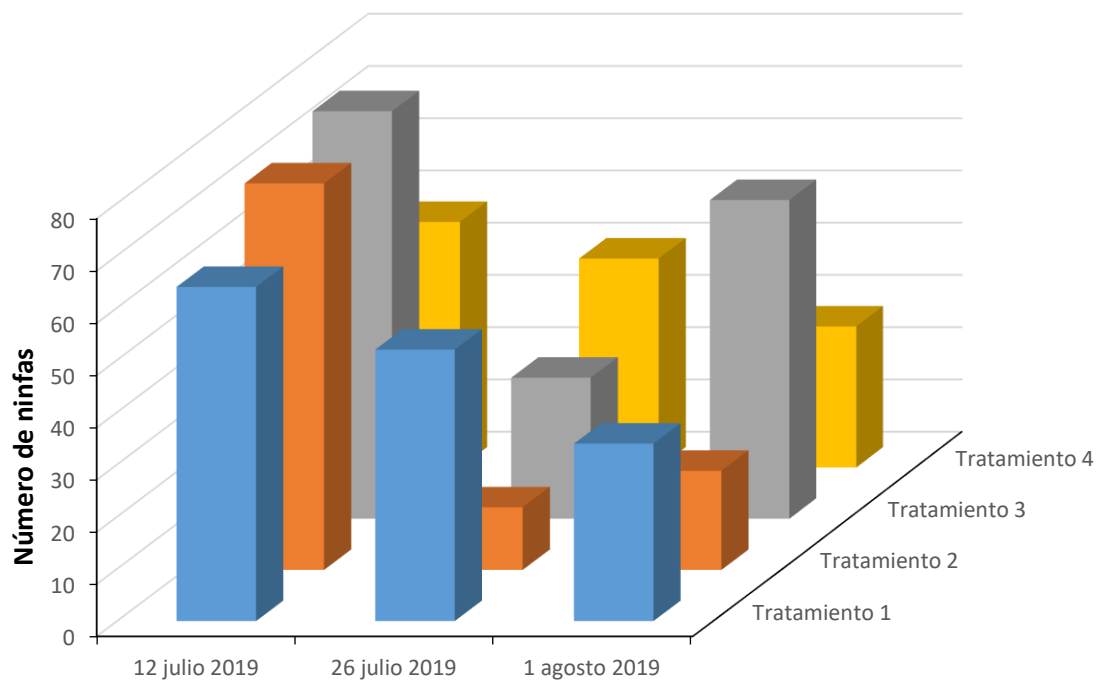


Figura 2. Efectividad de los tratamientos contra ninfas de mosca blanca. Ejido San Rafael de Abajo. San Pedro, Coahuila.

Cuadro 2. Promedios de adultos y ninfas de mosca blanca por hoja de algodónero y significancia estadística para los tratamientos de insecticidas evaluados en el ejido San Rafael de Abajo, San Pedro, Coahuila.

Tratamiento	26 de junio		1 de agosto	
	Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
1	6.25	0.65 a	3.14 ab	0.43 ab
2	7.05	0.15 c	1.39 b	0.24 b
3	6.01	0.34 bc	1.90 a	0.76 a
4	6.53	0.50 ab	5.74 b	0.34 b
Pr > F	0.96	0.0071	0.0113	0.0341
DMS	7.95	0.27	2.33	0.35

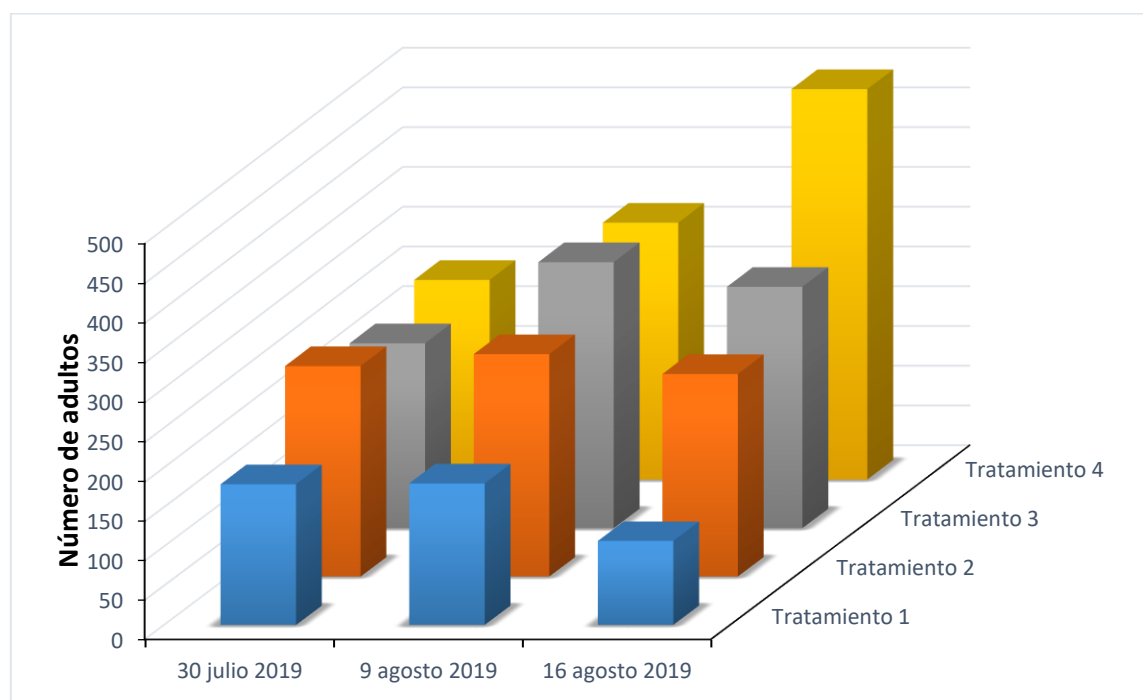


Figura 3. Efectividad de los tratamientos contra adultos de mosca blanca. Ejido Emiliano Zapata. San Pedro, Coahuila.

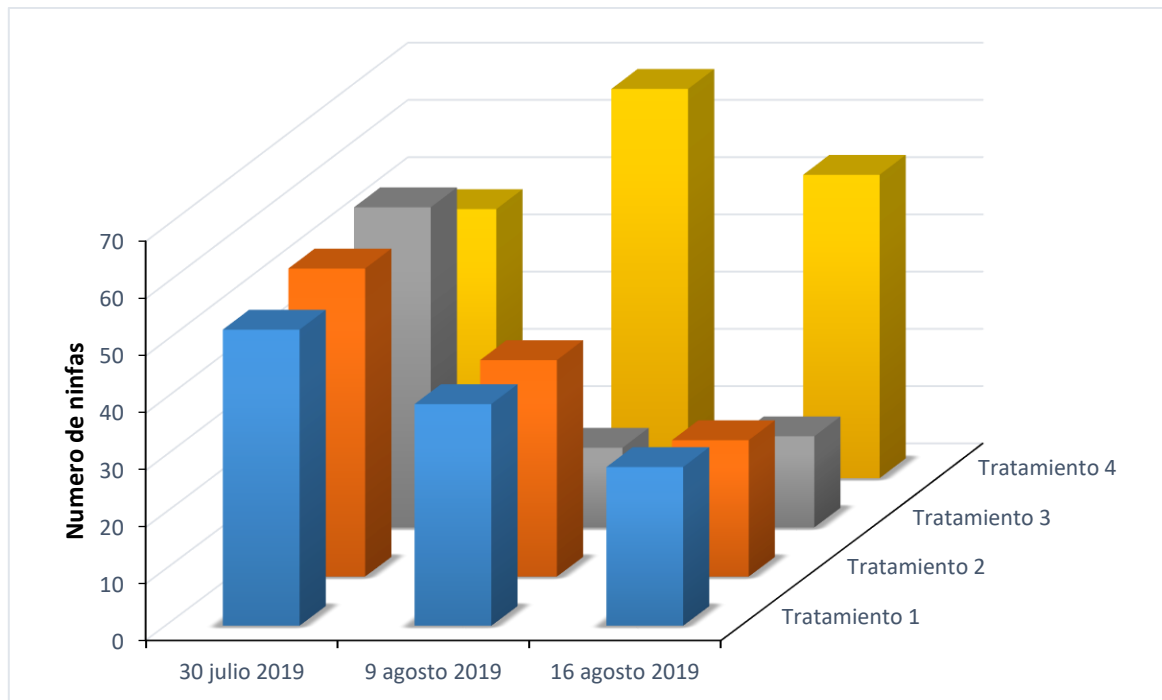


Figura 4. Efectividad de los tratamientos contra ninfas de mosca blanca. Ejido Emiliano Zapata. San Pedro, Coahuila.

Cuadro 3. Promedios de adultos y ninfas de mosca blanca por hoja de algodnero y significancia estadística para los tratamientos de insecticidas evaluados en el ejido Emiliano Zapata, San Pedro, Coahuila.

Tratamiento	9 de agosto		16 de agosto	
	Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
1	2.25	0.49 b	1.34 c	0.35
2	3.51	0.48 b	3.33 b	0.30
3	4.19	0.18 c	3.80 b	0.20
4	4.04	0.85 a	6.14 a	0.66
Pr > F	0.1671	0.0039	0.0021	0.1044
DMS	2.33	0.35	2.66	0.37

### CONCLUSIONES

El tratamiento más efectivo para el control de ninfas de mosca blanca fue el número 2, a base de insecticidas reguladores del crecimiento de insectos y selectivos para insectos benéficos, mientras que para el control de adultos no se observó un efecto contundente de alguno de los tratamientos evaluados debido principalmente a la constante migración de los adultos.



## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el apoyo financiero como parte del proyecto “Manejo Integrado de mosca blanca *Bemisia spp.*, para incrementar la productividad del algodón en el norte de México”. Número 259410.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ellsworth P., Moore L., Allen C. Beasley B. Henneberry T. and F. Carter. 2006. s/f. Pink bollworm management. A project of the Arizona-Cooperative extension. 1(2): 1- 2. En línea: <http://ag.arizona.edu/crop/cotton/insects/pbw/NCCPBWnewsNo2.pdf> Fecha de consulta 10 de junio de 2019.
- Hendrix, D.L., T. L. Steele. And H. H. Perkins. 1996. Bemisia honeydew and sticky cotton. In: Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Gerling. D and R. T. Mayer (Eds.). Intercept, Andover. UK. Pp: 189-199.
- Nava Camberos, U; Cano Ríos, P. 2000. Umbral Económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia, Vol.34, núm.2, marzo/abril, 2000, pp. 227 - 234
- SANCHEZ G. et al, 1996. Manejo integrado de plagas en el algodón. Guía General Corpoica – ICA. 31 p
- TORRES-PACHECO, I., J. A. GARZÓN-TIZNADO, J. K. BROWN, A. BECERRA-FLORA, AND R. F. RIVERA-BUSTAMANTE. 1996. Detection and distribution of geminivirus in Mexico and the southern United States. Phytopathology 86 (11): 1186-1192.
- SIAP. 2018. Anuarios de producción agrícola 2018. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Consulta en línea. <http://siap.sagarpa.gob.mx>

## **INCIDENCIA DE MOSCA BLANCA EN ALGODONERO Y SU RELACIÓN CON EL CULTIVO DE MELÓN EN LA COMARCA LAGUNERA**

**Jorge Maltos-Buendía<sup>1</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>2,3</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>3</sup>, Enrique Leal<sup>1</sup> y Homero Sánchez-Galván<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. e-mail: maltos.jorge@inifap.gob.mx.

### **INTRODUCCIÓN**

En los últimos 15 años las moscas blancas han pasado de ser plagas secundarias a ser las plagas de mayor importancia en un gran número de cultivos, tanto en campo abierto o bajo invernaderos alrededor del mundo (López-Ávila, 2004). Existen reportadas alrededor de 1,200 especies de moscas blancas, la mayoría se alimentan de diversas especies de plantas, normalmente son específicas para las plantas que atacan. Estos insectos causan un debilitamiento de la planta al alimentarse de sus hojas, reduciendo la capacidad fotosintética al cubrir las hojas de mielecilla y fumagina (Byrne y Bellows, 1991). A partir de 1991 se estableció la mosca blanca en el Valle de Mexicali, causando daños severos, avanzando hacia el resto del país llegando al sur de Sonora en 1993, afectando en diversos grados otros cultivos como cucurbitáceas, solanáceas y algodón (CESAVESON, 2014).

El daño que ocasiona la mosca blanca en algodón reside en interrumpir y disminuir el flujo del floema en las plantas y también en la excreción de mielecilla, la cual contamina las hojas y la fibra del algodón con azúcares. Estos azúcares hacen que la fibra cosechada se vuelva pegajosa al momento de ser procesada en las máquinas de alta velocidad. Asimismo, estos azúcares también sirven como medio de crecimiento de hongos que debilitan y decoloran la fibra. Debido a que el sistema actual de clasificación del algodón utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) y los sistemas de comercialización no miden los niveles de contaminación de azúcar en la fibra, no existe un método en el mercado que permita evitar el alto costo de la detención del proceso de hilatura de las máquinas que resulta del procesamiento de fibra contaminada. Es por eso que la solución ha sido el evitar la compra de fibra de regiones de las que se sospeche provenga algodón contaminado con niveles inaceptables de azúcar. Esto ha producido una presión del mercado sobre los precios lo que a su vez ha provocado que algunas regiones del mundo reciban precios relativamente bajos por su producción de algodón, aunque estas estén libres de azúcares (Ellsworth, 2006).

Para obtener información sobre la biología y el comportamiento de las moscas blancas, así como para disminuir los daños que producen y, contrarrestar su repercusión económica, es necesario realizar muestreos periódicamente. Para cuantificar las poblaciones de moscas blancas se ha recurrido tradicionalmente al conteo de los diferentes

estadios inmaduros (Onillon, 1973; Garrido et al., 1976; Swirski et al., 1986; Soto et al., 2001) y al muestreo de adultos (Meyerdirk y Moreno, 1984; Haynes et al., 1986).

La distribución de moscas blancas en las hojas se concentra en el haz, próximas a la nervadura principal; existiendo cierta polarización hacia la zona basal y apical. Las ninfas, se desplazan hacia el exterior en sentido contrario a la nervadura de la hoja. Por eso es necesario realizar muestreos en los adultos con trampas pegajosas y de agua, las primeras son más fáciles de manejar y mantener ante diversos factores climáticos, mientras que las trampas de agua mantienen a los insectos capturados en mejores condiciones para su identificación, y se pueden separar especímenes de insectos mucho más rápidamente (Southwood y Henderson, 2000).

Para el algodonerero el muestreo binomial es el que más se utiliza para determinar cuándo es necesario realizar aplicaciones para el control de moscas blancas. El muestreo consiste en determinar la presencia-ausencia de individuos, basado en separar el número de unidades de muestreo con presencia de la plaga de las que no la presentan, en nuestro caso, por moscas blancas, precisa la existencia de una clara relación entre la proporción de hojas infestadas y el número de insectos por hoja. Para realizar el muestreo de mosca blanca, se recomienda revisar la hoja del quinto nudo, volteándola lentamente y contar el número de adultos presentes en el envés, así como los adultos que vuelen de la hoja cuando se voltea. Se cuenta como hoja infestada si presenta 3 adultos o más por cada hoja. Posteriormente, se desprende la hoja por el pecíolo para realizar el conteo de ninfas grandes de los instares 3o y 4o, considerándose como hoja infestada cuando se encuentre una ninfa grande o más (Ellswort *et. al.* 2012).

El objetivo del presente estudio fue determinar la incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de algodonerero en tres municipios de la Comarca Lagunera en función de la distancia al cultivo de melón.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano del 2019 en los ejidos El Fénix y Corona pertenecientes al municipio de Matamoros, Coahuila; Emiliano Zapata y San Miguel del municipio de San Pedro, Coahuila; ejidos Horizonte y Tlahualilo del municipio de Tlahualilo, Durango, donde se realizaron muestreos semanales en predios comerciales de algodonerero. En cada municipio se eligió un predio de algodón cercano al cultivo de melón y otro alejado del melón. En el municipio de Matamoros, el predio cercano a melón fue el ejido Corona, mientras que el predio alejado se ubicó en el ejido El Fénix. Para el municipio de San Pedro, la localidad cercana a melón fue el ejido San Miguel, mientras que la localidad alejada del melón fue el ejido Emiliano Zapata. En la Comarca Lagunera de Durango la parcela cercana a melón se ubicó en el ejido Tlahualilo; mientras que la localidad alejada fue el ejido Horizonte. Para determinar la dinámica poblacional de la mosca blanca en cada una de las localidades, se realizaron muestreos semanales del 29 de mayo al 13 de agosto del 2019. En cada fecha el muestreo de adultos y ninfas de mosca

blanca consistió en revisar al azar 30 plantas distribuidas de manera representativa en todo el predio. De manera visual, en cada planta se revisó de manera cuidadosa la hoja del quinto nudo, registrando el número de adultos en el envés de la hoja y las ninfas grandes (3º y 4º instares) en un disco foliar de una pulgada cuadrada tomado del segundo sector de la hoja (aproximadamente corresponde al área de una moneda de cinco pesos o de un cuarto de dólar). En el muestreo binomial la estimación del porcentaje de hojas o discos foliares infestados se basó en considerar como hoja “infestada” cuando tenía 3 adultos o más y como disco foliar “infestado” al haber 1 ninfa o más.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el municipio de Matamoros, el ejido Corona fue el primero en rebasar el umbral de acción (40% de hojas infestadas con 3 adultos o más), en la segunda fecha de muestreo (5 de junio), esto se debió a que fue la que estuvo cercana al cultivo de melón. En los municipios de San Pedro y Tlahualilo, el umbral de acción se alcanzó un mes después (2 de julio) que en el municipio de Matamoros. Las localidades que estuvieron alejadas del cultivo de melón, como fue el caso del ejido Horizonte fueron los últimos en rebasar el umbral de acción. En el ejido Tlahualilo el umbral de acción se rebasó el 10 de julio, 5 semanas después que en el ejido Corona, mientras que en el ejido Emiliano Zapata perteneciente al municipio de San Pedro, el umbral se rebasó el 26 de julio, 7 semanas después que el ejido El Corona; el ejido el Fénix fue el único que no rebasó el umbral de acción (Cuadro 1, Figura 1).

**Cuadro 1.** Porcentaje de hojas infestadas por adultos y ninfas de mosca blanca en el cultivo de algodón en tres municipios de la Comarca Lagunera.

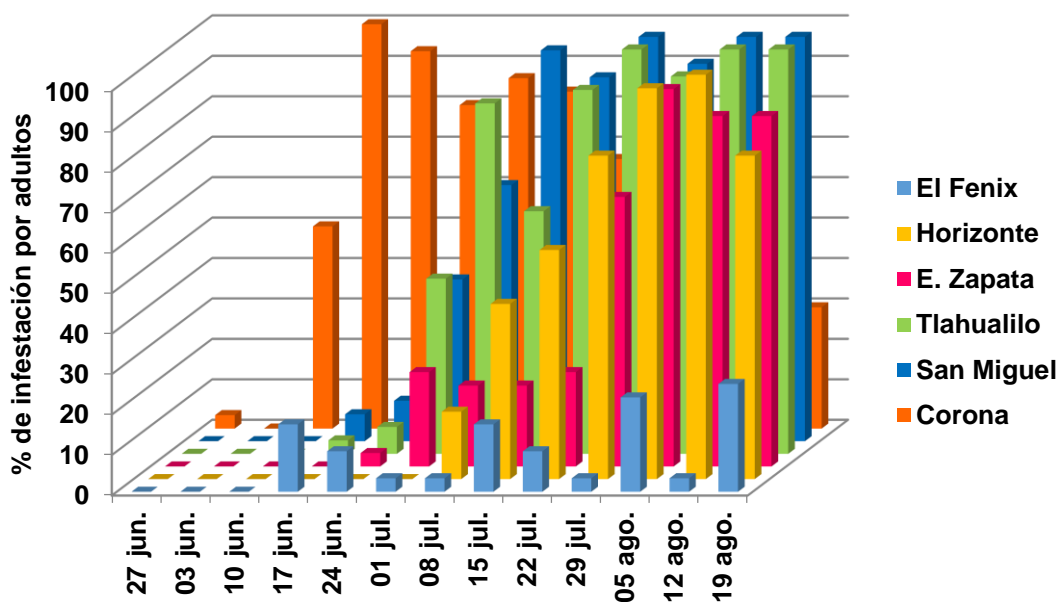
Fecha de muestreo	Hojas infestadas (%)	Matamoros		San Pedro		Tlahualilo	
		Corona	El Fénix	E. Zapata	San Miguel	Horizonte	Tlahualilo
27 junio	Adultos	3.3	0	0	0	0	0
	Ninfas	0	0	0	0	0	0
03 junio	Adultos	0	0	0	0	0	0
	Ninfas	6.7	0	0	0	0	0
10 junio	Adultos	50.0	0	0	0	0	0
	Ninfas	13.3	0	0	3.3	0	0
17 junio	Adultos	100.0	16.7	0	6.7	0	3.3
	Ninfas	20.0	0	0	3.3	0	0

---

24 junio	Adultos	93.3	10.0	3.3	10	0	6.7
	Ninfas	56.7	0	0	3.3	0	10.0
01 julio	Adultos	80.0	3.3	23.3	40	0	43.3
	Ninfas	46.7	13.3	33.3	56.7	10.0	83.3
08 julio	Adultos	86.7	3.3	20.0	63.3	16.7	86.7
	Ninfas	73.3	0	26.7	16.7	30.0	36.7
15 julio	Adultos	83.3	16.7	20.0	96.7	43.3	0
	Ninfas	76.7	3.3	16.7	20.0	40.0	56.7
22 julio	Adultos	66.7	10.0	23.3	90.0	56.7	90.0
	Ninfas	76.7	20.0	53.3	63.3	50.0	70.0
29 julio	Adultos	46.7	3.3	66.7	100.0	80.0	100.0
	Ninfas	76.7	16.7	26.7	76.7	30.0	86.7
05 agosto	Adultos	33.3	23.3	93.3	93.3	96.7	93.3
	Ninfas	63.3	26.7	50.0	80.0	60.0	60.0
12 agosto	Adultos	36.7	3.3	86.7	100.0	100.0	100.0
	Ninfas	33.3	10.0	36.7	63.3	66.7	46.7
19 agosto	Adultos	30.0	26.7	86.7	100.0	80.0	10.0
	Ninfas	33.3	16.7	36.7	56.7	46.7	86.7

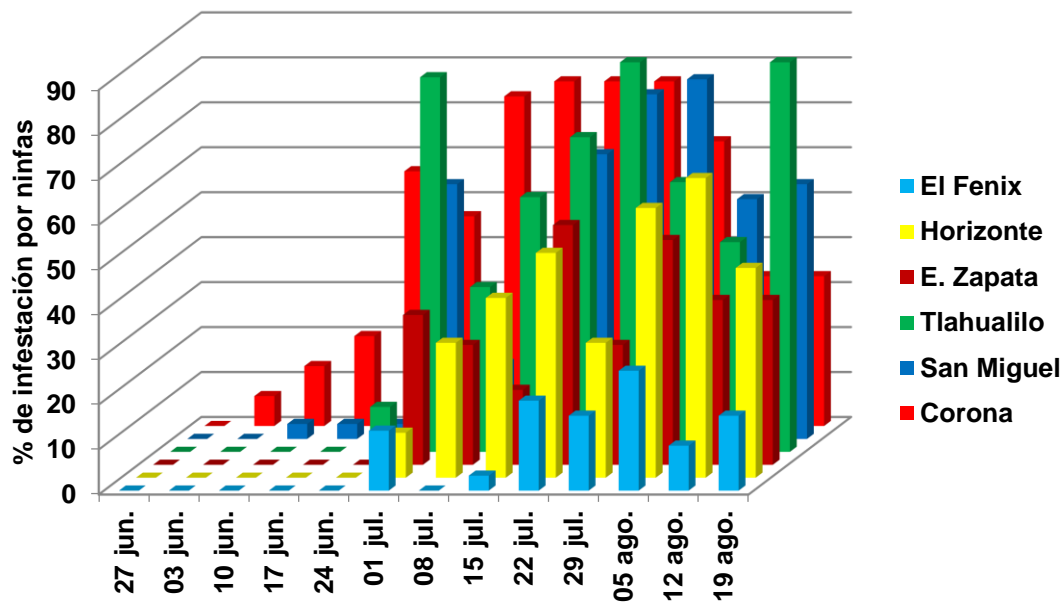
---

El incremento en la población de mosca blanca en el cultivo de algodnero está estrechamente relacionado con la cercanía a las áreas donde se cultiva melón, debido a que en esta hortaliza se genera una gran cantidad de mosca blanca, la cual, una vez que el cultivo termina su fase de cultivo, las plagas tienden a migrar hacia otros hospedantes, como es el caso del cultivo del algodnero. Esta es una razón por la cual los predios de algodnero más alejados del cultivo de melón presentaron los niveles de infestación promedio más bajos de adultos y ninfas de mosca blanca a lo largo del ciclo del cultivo (Cuadro 2).



**Figura 1.** Porcentajes de hojas infestadas por adultos de mosca blanca en el cultivo de algodón en tres municipios de la Comarca Lagunera.

En el municipio de Matamoros, el ejido Corona alcanzó un 56.7% de hojas infestadas por ninfas el 25 de junio, con una tendencia de incrementarse hasta llegar a su máxima incidencia a partir del 10 de julio (76.7% de hojas infestadas), manteniéndose constante; por el contrario en el ejido el Fénix la máxima incidencia fue de 30% de hojas infestadas por ninfas, lo cual se debió a que dicho predio estaba muy distante del cultivo de melón. En el municipio de San Pedro el ejido San Miguel fue el que presentó el mayor porcentaje de infestación con un 86% el 6 de agosto, debido a su cercanía al cultivo de melón; por el contrario el ejido Emiliano Zapata presentó una menor incidencia (53%) el 26 de julio. En el municipio de Tlahualilo, en el ejido Tlahualilo la plaga rebasó el umbral de acción (40% de discos foliares infestados por 1 ninfa grande o más) el 2 de julio, mientras que en el ejido Horizonte fue el 16 de julio (Cuadro 1, Figura 2).



**Figura 2.** Porcentajes de discos foliares infestados por ninfas de mosca blanca en el cultivo de algodonoero en tres municipios de la Comarca Lagunera.

**Cuadro 2.** Porcentajes promedio de infestación por adultos y ninfas de mosca blanca durante el ciclo del cultivo de algodonoero en tres municipios de la Comarca Lagunera.

Localidad	% de infestación	
	Adultos	Ninfas
Corona	56.7 a	45.3 ab
San Miguel	50.0 a	32.2 ab
Tlahualilo	40.3 ab	33.6 ab
Zapata	28.1 ab	20.3 bc
Horizonte	24.5 ab	18.3 bc
Fenix	7.5 b	7.5 c
DMS	33.3	19.5

### CONCLUSIONES

La población de mosca blanca está íntimamente relacionada con el cultivo del melón; de acuerdo con los datos obtenidos, las localidades colindantes al melón presentaron las poblaciones más altas de mosca blanca, tanto adultos como ninfas,

mientras que la localidad más alejada no rebasó el umbral de acción de 40% de hojas o discos foliares infestados. Esto se debe a la migración de adultos de mosca blanca cuando el cultivo de melón empieza a deteriorarse. El muestreo binomial es una herramienta esencial para detectar poblaciones y los niveles de infestación de mosca blanca que permite tomar decisiones oportunas de control de manera rápida y sencilla.

### AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el apoyo financiero como parte del proyecto "Manejo Integrado de mosca blanca *Bemisia spp.*, para incrementar la productividad del algodón en el norte de México". Número 259410.

### BIBLIOGRAFÍA

- Byrne, D. N. and Bellows, Jr. 1991. Whitefly biology. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 431-457.
- Garrido, A., Tarancón, J., Busto, T. y Martínez, M. C. 1976. Repartición y estudio poblacional de *Aleurothrixus floccosus* Mask. a nivel del árbol y equilibrio con su parásito el *Cales noacki* How. *An. INIA, Serv. Prot. Veg.* 6: 89-121.
- Haynes, K. F., Parrela, P. M., Trumble, J. Y. and Millar, T. A. 1986. Monitoring insecticide resistance with yellow sticky cards. *California Agriculture* Nov-Dec.: 11-12.
- López-Ávila, A. 2004. Manejo integrado de las moscas blancas. Folleto Técnico. 61 p.
- Meyerdirk, D. E. and Moreno, D. S. 1984. Flight behaviour and color-trap preference of *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Homoptera:Aleyrodidae) in a citrus orchard. *Environmental Entomology* 13: 167-170.
- Onillon, J. C. 1973. Possibilités de régulation des populations d' *Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt., Aleyrodidae) sur agrumes par *Cales noacki* How. (Hymenopt., Aphelinidae). *EPPO Bulletin* 3: 17-23.
- CESAVESON (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora). 2014. Plan de manejo fitosanitario regional de mosca blanca en la región de San Luis Rio Colorado, Sonora. ([http://www.cesaveson.com/JLSV/san\\_luis/textos/Plan%20regional%20MB%20San%20Luis%20R%20C.pdf](http://www.cesaveson.com/JLSV/san_luis/textos/Plan%20regional%20MB%20San%20Luis%20R%20C.pdf)).
- Soto, A., Ohlenschlager, F y García Mari, F. 2001. Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri* y *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cítricos Valencianos. *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas* 27: 3-20.
- Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. 2000. *Ecological methods*. Ed. Blackwell Science Ltd. London, Great Britain.
- Swirski, E., Izhar, Y., Wysoki, M. and Blumenberg, D. 1986. Overwintering of the Japanese bayberry whitefly, *Parabemisia myricae*, in Israel. *Phytoparasitica* 14: 281-286.



---

## EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE DOS HORTALIZAS DE HOJA BAJO TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PARA AUTO CONSUMO

Maihualy Martínez Fernández<sup>1</sup>, Sonia Berenice Pérez Castro<sup>2</sup>, Saúl Santana Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Forestales (INIFAP); Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5.; <sup>2</sup> Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, Carretera México km. 22, Villa Montemorelos, Dgo.  
[mmf1206@hotmail.com](mailto:mmf1206@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Las hortalizas ocupan un lugar importante dentro de la alimentación diaria de la población, forman parte fundamental de la tradición gastronómica de nuestro país, ya que poseen un alto valor nutrimental. De esto surge la importancia vital de los vegetales para el hombre.

Los datos más recientes reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO), sitúan a México como el séptimo productor mundial de frutas y hortalizas, con un total de 32 millones de toneladas anuales (Alcázar, 2010).

La importancia de la utilización de invernaderos es obtener producciones fuera de época, en circunstancias climáticas en las cuales el cultivo al aire libre no sería posible. Mejorar la calidad de las cosechas producidas, con una mayor seguridad de cosecha debido fundamentalmente a la protección que ejercen los invernáculos sobre ciertos fenómenos climáticos (Capdevilla, 1981).

La producción de alimentos para autoconsumo es una necesidad imperiosa para mucha gente para obtener productos sanos y generados por su trabajo mediante el simple aprovechamiento de los recursos locales disponibles: los sistemas de producción de alimentos para el autoconsumo que contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria y la economía de los pequeños agricultores. Según su dimensión y nivel de productividad, pueden llegar a proporcionar una variedad de alimentos durante todo el año. En las granjas o en las áreas rurales con bajos recursos económicos y deficiencias alimentarias, tiene gran importancia para el mejoramiento de los niveles de seguridad alimentaria y nutricional de los habitantes en comunidades rurales para la producción de autoconsumo (Benson, 1999).

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar diferentes alternativas para la siembra de dos hortalizas de hoja

## **MATERIALES Y METODOS**

Para la obtención de plántula de acelga, betabel, rábano y espinaca se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, se empleó como sustrato peat moss de la marca cosmocel®, la siembra se realizó el 18 de julio de 2018 registrándose la germinación acelga, rábano y betabel, 3 días después de su establecimiento

Los sistemas de siembra utilizados para el desarrollo del cultivo de las diferentes hortalizas, fueron:

- Invernadero Pasivo

Para la preparación del suelo en el invernadero se realizó la limpieza del área quitando malezas y utilizando la rastra con el fin de desmenuzar los terrones que se encontraban en el suelo y realizando las camas tipo meloneras utilizando un azadón y aplicando en cada una de las camas composta comercial. Se colocó la cintilla encima de las camas para así facilitar su riego.

- Tinas de concreto de concreto

Para la preparación del establecimiento del experimento se realizó camas pequeñas en las tinas de concreto ubicadas bajo un invernadero de vidrio colocando suelo y formando pequeñas camas las cuales fueron abonadas con diferentes tratamientos, 1. Bocachi, 2. composta INIFAP y 3. composta convencional.

- Maceta

Para este método de siembra se utilizaron bolsas negras de polietileno, el llenado en las bolsas de polietileno con suelo agrícola, con la utilización de palas y criba para el suelo.

Trasplante de hortalizas

El trasplante se realizó a los 10 DDS (días después de la siembra), se realizó el trasplante aplicando un riego que permitiera la manipulación de las plántulas y realizando la primera aplicación de lixiviado de lombriz a todas las plantas como pre tratamiento de adaptación del cultivo al suelo. Se realizaron los riegos en base a las necesidades de los cultivos en sus diferentes etapas fenológicas de acuerdo a la variación del clima.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de evaluación de la espinaca en donde se evaluó el largo y ancho de su hoja, así como el ancho y largo de su tallo y su peso donde el mejor sistema de producción fue en el invernadero pasivo con promedio de producción más alto con 0.54 puntos porcentuales (pp), seguido por los dos sistemas anteriores, camas y macetas que entre sí no mostraron diferencias ambas con 0.46 y 0.42 pp, respectivamente (Figura 1).

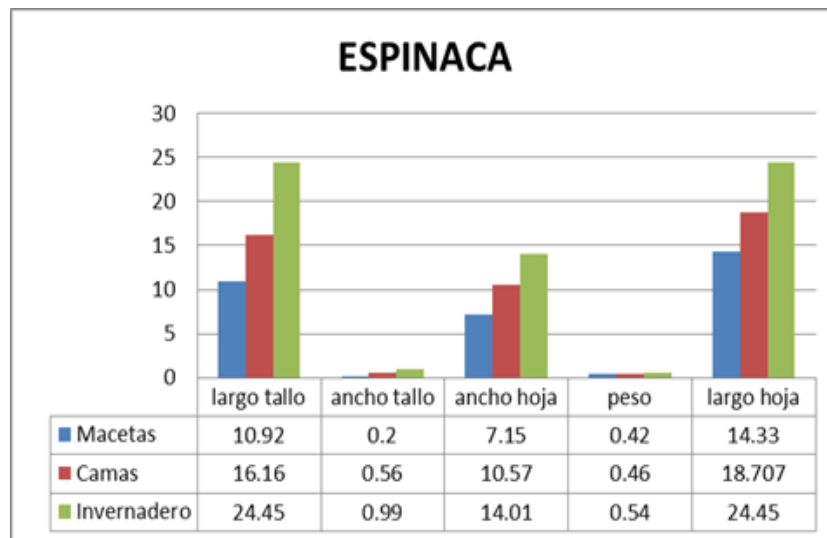
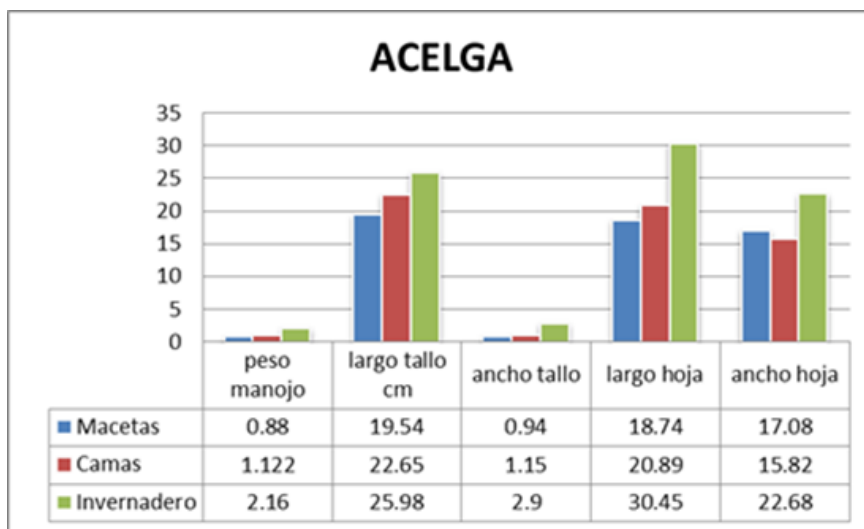


Figura 1. Resultados del rendimiento obtenidos bajo los tres sistemas de producción en el cultivo de espinaca

Los resultados de la evaluación de acelga donde se tomaron datos de las variables del largo y ancho de su hoja y diámetro de tallo muestra que el mejor sistema de producción para la acelga fue en el invernadero ya que hubo una mayor producción con 2 pp, sin embargo, las opciones de macetas y camas muestran ser una alternativa, habiendo obtenido 1. 1 pp en camas y 0.8 en macetas (Figura 2).



### CONCLUSIONES

Los mejores resultados se obtuvieron de la producción obtenida en el sistema de producción de invernadero, bajo el cual se pueden realizar recomendaciones para producir en condiciones de traspatio. Los resultados obtenidos en los sistemas de macetas y camas, no mostraron diferencias significativas, por lo que aunque su rendimiento fue mucho menor, estos sistemas de producción se recomiendan para implementarse como sistemas de producción de para autoconsumo.

### BIBLIOGRAFIA

- ALCAZAR. 2010. Manual Básico "Producción de Hortalizas "Instituto de Agricultura Mexico. 145-165p.
- BENSON, 1999) El cultivo del huerto .Instituto de agricultura y ciencias .cultivo de huertos pequeños. Guía para la horticultura. CECSA MEXICO.
- CAPDEVILLA, J. (1991). Frutales y hortalizas. Erradicación de elementos hostiles. Biblioteca AEDOS. . 213 – 215 pp.

---

## GÉNEROS DE MOSQUITAS BLANCAS EN EL ÁREA DE POANAS, DURANGO

Maihualy Martínez-Fernández<sup>1</sup> y Rodolfo Velásquez-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle de Guadiana – INIFAP, Carr. Durango – El Mezquital, km. 4.5 <sup>2</sup>  
Campo Experimental Zacatecas, km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R.,  
Zacatecas, México. CP 98500. velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Desde el ciclo de cultivo primavera verano 2014 en el área de Poanas, Durango se ha presentado una epifitía en el cultivo de chile (Velásquez-Valle *et al.*, 2014) que involucra la infección por al menos dos patógenos: *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso) y representantes del género *Begomovirus*. CLso es transmitido por el psilido *B. cockerelli* mientras que el vector los *Begomovirus* son las mosquitas blancas pertenecientes a la especie *Bemisia tabaci* comúnmente conocida como la mosquita blanca del camote que los transmite de una manera persistente y circulativa (Rosen *et al.*, 2015). La severidad de la epidemia que se ha denominado como “virosis” en las parcelas de chile para consumo en fresco y seco ha obligado a la destrucción de parcelas a las pocas semanas después del trasplante (Velásquez-Valle *et al.*, 2014), lo cual podría indicar que las plántulas de chile son infectadas desde la fase de almácigo. La sintomatología asociada con la “virosis” del chile en Durango (mosaico amarillo brillante, deformación de follaje) coincide con la reportada en otras regiones como Baja California Sur, México donde se ha identificado al virus del mosaico dorado (*Pepper golden mosaic virus*: PepGMV) como agente causal de esta sintomatología (Holguín-Peña *et al.*, 2004). Por otro lado, la mosquita blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Tv), de acuerdo con Mena-Covarrubias (2014) se encuentra presente en la zona productora de chile y su presencia es importante ya que se ha mencionado como vector del virus de la clorosis del jitomate (*Tomato chlorosis virus*: ToCV) en plantas de chile en Costa Rica (Vargas-Asencio *et al.*, 2013). Los estudios para identificar los *Begomovirus* asociados con la “virosis” en Durango se encuentran actualmente en progreso por lo que se consideró necesario confirmar la presencia de su vector, *B. tabaci* en la región; consecuentemente, el objetivo del trabajo consistió en corroborar la presencia de *B. tabaci* (Bt) en el área productora de hortalizas de Poanas, Dgo durante las épocas de producción de plántula y de desarrollo del cultivo

## MATERIALES Y METODOS

Se colectaron adultos de mosquita blanca entre 2018 y 2019 en maleza dentro y alrededor de parcelas comerciales de diferentes tipos de chile, en almácigos de chile, manchones de maleza y otros cultivos. Para atrapar los adultos de mosquita blanca se utilizó un succionador; los adultos capturados se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) para su identificación y cuantificación. La identificación de las mosquitas blancas pertenecientes a la especie *B. tabaci* se logró por medio de la información proporcionada por Carapia y Castillo-Gutiérrez (2013) y Mena-Covarrubias (2014) considerando la morfología de los ocelos; los adultos de *B. tabaci* muestran ojos compuestos divididos y cada ojo consiste de dos grupos separados de omatidias con una omatidia formando un puente entre los dos grupos de omatidias ya mencionados. Por el contrario, en los adultos de *T. vaporariorum* las omatidias se encuentran completamente separadas (Figura 1).

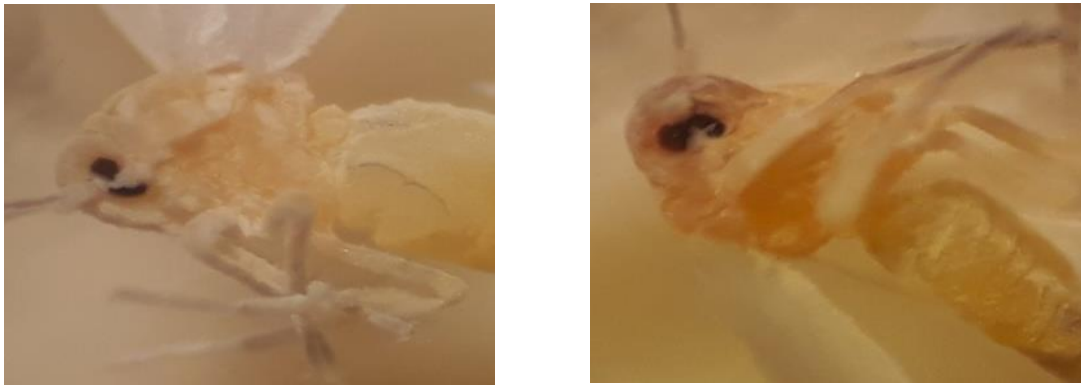


Figura 1. Características morfológicas de *B. tabaci* y *T. vaporariorum*.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se colectaron adultos de mosquita blanca en 25 parcelas o sitios de muestreo que incluían parcelas comerciales de chile (14), frijol (3) y calabaza (3), almácigos de chile (2) y manchones de maleza (3) en el área de Poanas, Durango (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presencia de especies de mosquita blanca en parcelas de chile, frijol, calabaza, almácigos de chile y manchones de maleza en Poanas, Durango.

<b>Mosquita blanca</b>				
<b>Parcela/sitio de muestreo</b>	<b>Tipo de chile / hospedero</b>	<b><i>Bemisia tabaci</i></b>	<b><i>Trialeurodes vaporariorum</i></b>	<b><i>Trialeurodes abutilonea</i></b>
1	Tornachile	46.1 <sup>1</sup>	53.8	0.0
2	Chile Puya	33.3	66.6	0.0
3	Chile Mirasol	75.0	25.0	0.0
4	Frijol	53.8	46.1	0.0
5	Frijol	23.5	76.4	0.0
6	Frijol	63.6	36.3	0.0
7	Calabaza	50.0	50.0	0.0
8	Maleza (hoja ancha)	50.0	50.0	0.0
9	Chile Mirasol	37.5	62.5	0.0
10	Chile Jalapeño	27.3	72.7	0.0
11	Calabaza	83.3	16.7	0.0
12	Chile Ancho	68.7	31.2	0.0
13	Maleza (hoja ancha)	50.0	37.5	12.5
14	Chile Anaheim	75.0	25.0	0.0
15	Chile Mirasol	33.3	66.6	0.0
16	Maleza (hoja ancha)	66.6	33.3	0.0
17	Chile (almácigo)	50.0	50.0	0.0
18	Chile (almácigo)	100.0	0.0	0.0
19	Chile Mirasol	28.6	71.4	0.0
20	Chile Mirasol	66.6	33.3	0.0
21	Calabaza	45.4	54.5	0.0
22	Chile Mirasol	28.6	71.4	0.0
23	Chile Mirasol	75.0	25.0	0.0
24	Chile Mirasol	70.0	30.0	0.0
25	Chile Mirasol	50.0	25.0	25.0

<sup>1</sup> Porcentaje de la población total capturada en cada parcela o sitio de muestreo.

En la mayoría de las parcelas o sitios de muestreo se capturaron poblaciones mixtas de Bt y Tv aunque en proporciones variables; destacan un almácigo de chile donde el 100% de las mosquitas blancas capturadas pertenecían a Bt y una manchón de maleza donde además de Bt y Tv se capturaron especímenes de la mosquita blanca de las alas manchadas, *T. abutilonea*.

Es importante destacar la presencia de Bt en los dos almácigos de chile que podría ayudar a explicar la alta incidencia de la “virosis” durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo inmediatamente después del trasplante. La presencia de Tv en uno de los dos almácigos muestreados agrega un potencial mayor riesgo de infección viral (Cuadro 1).

Poblaciones mixtas de Bt y Tv se encontraron en parcelas de frijol; aunque las plantas de este cultivo son mencionadas como un hospedero no preferido de Bt, este insecto puede alimentarse y reproducirse sobre las plantas leguminosa (Cuellar y Morales, 2006), por lo que la presencia de Bt en ellas debe considerarse dentro de un programa de manejo integrado de la “virosis”, aunque es necesario comprobar que las poblaciones de Bt presentes en el cultivo de frijol son capaces de infectar plantas de chile.

Un caso especial es de los manchones de maleza, principalmente de hoja ancha donde se detectaron poblaciones mixtas de Bt y Tv, sin embargo, en uno de esos manchones se identificó también a la mosquita de las alas bandeadas, *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman) (Ta), la cual es reconocida por las bandas oscuras en zig-zag en las alas frontales en tanto que las alas posteriores no las presentan y los ojos muestran una coloración rojo oscuro y se encuentran completamente separados (Figura 2). Adultos de Ta fueron colectados en una parcela de chile Mirasol aunque en menor proporción que Bt y Tv. La presencia de Ta ha sido mencionada en la Comarca Lagunera (Avila, 2000).

Aunque los hospederos registrados de Bt incluyen al menos 540 especies en 77 familias botánicas, un trabajo realizado en Brasil (Bezerra *et al.*, 2004) reveló que Bt mostró un patrón de preferencia de oviposición entre cuatro especies de malas hierbas, entre las cuales, una especie de quelite, *Amaranthus deflexus* L. fue el menos infestado, por lo que es probable que la composición botánica de los manchones donde se encontraron poblaciones de las tres especies de mosquitas blancas en el actual trabajo haya influido en la presencia y proporción de esos insectos.





Figura 2. Adulto de la mosquita blanca de las alas bandeadas mostrando el patrón gris en las alas anteriores.

Se colectaron poblaciones de mosquitas blancas en tres parcelas con plantas de chile para consumo en fresco (anaheim, tornachile y jalapeño) y 11 para secado (ancho, puya y mirasol); independientemente del tipo de chile, en siete de esas parcelas fue mayor el número de especímenes de Bt mientras que en las otras siete parcelas preponderó el de Tv. En dos de las parcelas de chile para consumo en fresco el porcentaje de Tv fue mayor que el de Bt mientras que en seis de las parcelas de tipos para consumo en seco predominó Bt y en cinco fue mayor la población de Tv. Es importante mencionar que Ta sólo fue encontrada en una parcela de chile mirasol en donde también se encontraron, en mayor proporción, Bt y Tv. (Cuadro 1).

## CONCLUSIONES

En el área de Poanas, Durango se identificaron tres especies de mosquitas blancas *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum* y *Trialeurodes abutilonea* en cultivos de importancia económica como chile, calabaza y frijol así como en manchones de maleza. Su presencia en esta área es de importancia fitopatológica dada su capacidad para actuar como vectores de virus.

## BIBLIOGRAFIA

Ávila GMR. 2000. Identificación de especies de mosquitas blancas y sus plantas hospedantes en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

- Bezerra M-A, de Oliveira MRV, Vasconcelos SD. 2004. Does the presence of weeds affect *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera:Alyrodidae) infestation on tomato plants in a semi-arid agroecosystem? Neptropical Entomology 33:769-765.
- Carapia RVE y Castillo-Gutiérrez A. 2013. Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* Gennadius) (Hemiptera:Aleyrodidae). Acya Zoológica Mexicana 29:178-193.
- Cuellar, ME y Morales FJ. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Colombiana de Entomología 32:1-9.
- Holguín-Peña RJ, Vazquez-Juárez R y Rivera-Bustamante RF. 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.
- Mena-Covarrubias J. 2014. Insectos vectores de virus y fitoplasmas en el cultivo de chile en México. *In: Virus y fitoplasmas de chile: una perspectiva regional*. Libro Técnico Núm. 14. Campo Experimental Zacatecas INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 279 p.
- Rosen R, Kanakala S, Pakkianathan C, Farich BA, Santana-Magal N, Elimelech M, Kontsedalov S, Lebedev G, Cilia M, and Ghanim M. 2015. Persistent, circulative transmission of Begomoviruses by whitefly vectors. Current Opinion in Virology 15:1-8. DOI: [10.1016/j.coviro.2015.06.008](https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.06.008)
- Vargas-Asencio JA, Hernández E, Barboza N, Hammond R, Mora F, and Ramírez P. 2013. Detection of *Tomato chlorosis virus* and its vector *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse-grown tomato and sweet pepper in the Cartago province, Costa Rica. Journal of Plant Pathology 95:627-630.
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR, Mena-Covarrubias J, Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA. 2014. Outbreak of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in dried chile pepper in Durango, Mexico. Agrofaz 14:93-98.

## **METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EJE CARDÁN EN IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS SUSPENDIDOS**

**Martínez Reyes Ernesto<sup>1</sup> y Garibaldi Márquez Francisco<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>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](mailto:martinez.ernesto@inifap.gob.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

Los tractores son la principal fuente de energía utilizada en la producción agrícola. Estas máquinas permiten transmitir potencia de tres maneras diferentes; mediante las ruedas motrices al jalar implementos, con el sistema hidráulico mediante salidas auxiliares y a través de la toma de fuerza (Ayala *et al*, 2013). Debido al su uso tan común de esta última, la alta potencia que pueden transmitir y la intercambiabilidad de implementos se han hecho algunos estándares, la frecuencia de rotación es de 540 rpm o 1000 rpm, con flechas de 6 y 21 estrías respectivamente, además deben tener una dureza de al menos de 48 HRC, también se han establecido las dimensiones en que se debe localizar la flecha de la toma de fuerza, sin embargo esta puede aceptar grandes variaciones de acuerdo al tipo de tractor (ISO, 2014). Este avance en la normalización ha ayudado a los diseñadores a hacer más intercambiables los implementos, manteniendo la seguridad de las personas y la máquina misma, sin embargo aún es necesario establecer algunos criterios de diseño para elementos no normalizados como la relación entre la toma de fuerza y los brazos de levante ya que dada la gran cantidad de tipos y marcas de tractores es muy complicado que los implementos se acoplen adecuadamente todos ellos.

La importancia del diseño adecuado de una máquina puede variar desde su funcionalidad hasta posibles daños a las personas, por ejemplo, Kogler *et al.* (2015) mencionan que de las lesiones ocupacionales en el área agrícola y forestal, el 39.1 % se atribuyen a las máquinas, y no al ambiente ni a errores humanos. Es por lo anterior que el objetivo del presente trabajo fue establecer una metodología que garantice el correcto acoplamiento del eje cardán de la toma de fuerza que une al tractor y a implementos suspendidos con marco de enganche de tres puntos, lo cual será de utilidad para que diseñadores de implementos agrícolas dimensionen y ubiquen de manera adecuada la flecha de la toma de fuerza de los implementos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La utilidad principal de la cinemática es crear los movimientos deseados de los mecanismos a construir y luego calcular matemáticamente las posiciones que los movimientos que tendrán dichos mecanismo durante todo su recorrido, así uno de los primeros pasos en el diseño de máquinas es determinar la configuración necesaria para obtener los movimientos requeridos (Norton, 2009). Por lo que fue desarrollada una metodología de análisis cinemático que permitiera ubicar el punto de acoplamiento para un eje cardán, se realizó la programación de ésta en el software OCTAVE 5.1.0.0 y se realizó un estudio de caso virtual con el software FREECAD 0.16. En este estudio solo se consideró un análisis bidimensional. Para comenzar se determinaron los datos de entrada necesarios para el análisis. Se inició con las dimensiones del sistema de levante de un tractor agrícola, el cual es un mecanismo de cuatro barras accionado por un cilindro hidráulico. Se tomaron las medidas como se muestra en la Figura 1.

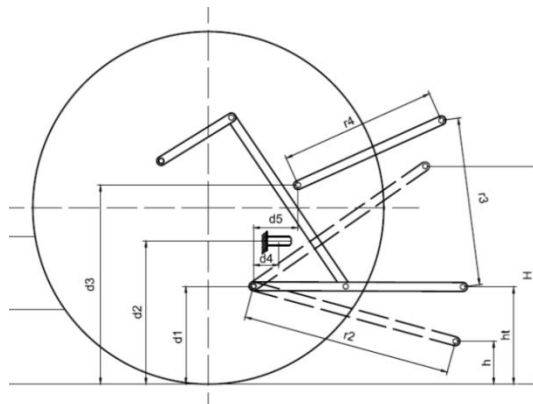


Figura 1. Dimensiones del sistema de levante de un tractor agrícola.

Otras dimensiones necesarias para garantizar que el eje cardán alcance los valores máximos y mínimos requeridos sin que haya interferencia, son las medidas del eje cardán a utilizar, por lo que se tomaron de uno comercial, debido a que la longitud total y la longitud del tubo externo serán los datos de salida y la longitud mínima de acople de tubo interior y exterior en flecha cardán ( $s$ ) es un dato de entrada seleccionado por el diseñador, solo se determinó la dimensión “ $l$ ” de acuerdo a lo mostrado en la Figura 2.

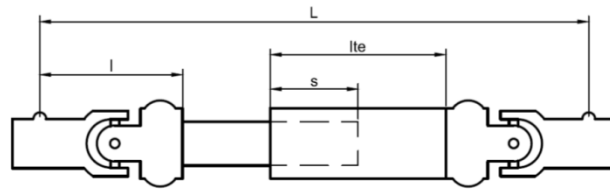


Figura 2. Nomenclatura de las dimensiones del eje cardán.

Finalmente un dato a considerar en el análisis es el ángulo de la flecha cardán en la posición de trabajo ( $\theta_{ttcf}$ ), el cual se recomienda sea cero con la finalidad de transmitir la mayor cantidad de potencia al implemento.

Ya que se tuvieron las dimensiones se prosiguió a determinar la posición de cada eslabón que compone el mecanismo de cuatro barras y la relación que hay entre cada uno, se determinó el valor del eslabón fijo  $r_1$  y los valores mínimo y máximo de  $\theta_2$  y se hizo un análisis cinemático mediante suma vectorial (Figura 3), las ecuaciones resultantes se redujeron aplicando la identidad de Euler e identidades trigonométricas para determinar los ángulos  $\theta_3$  y  $\theta_4$ .

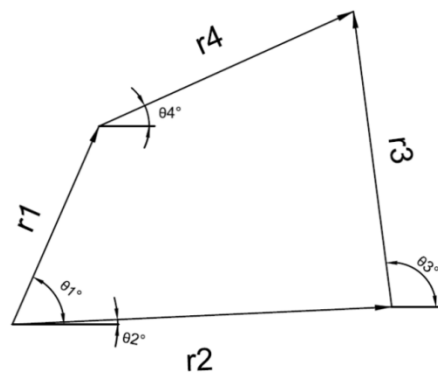


Figura 3. Esquema del mecanismo y nomenclatura.

Una vez que se tuvo determinada la relación entre los elementos, y considerando que la toma de fuerza sería un eslabón más que depende del movimiento de los demás, se determinaron las coordenadas de cada punto (P1-P5) mostrado en la Figura 4, se tomó como origen del sistema coordinado el punto P1.

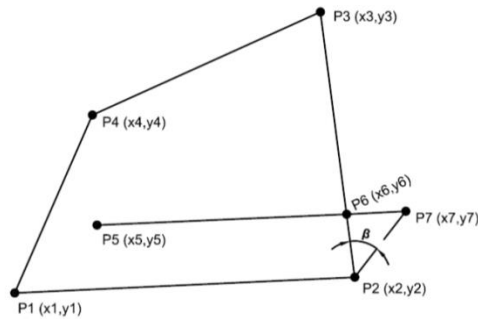


Figura 4. Distribución de puntos en el mecanismo de cuatro barras.

El punto de intersección (P6) entre el eslabón 3 y la toma de fuerza se determinó considerando la posición de trabajo y se resolvió el sistema de ecuaciones dado por la recta que toca los puntos P2 y P3, y la que pasa por el punto P5 y tiene un ángulo equivalente a la inclinación de la toma de fuerza en la posición de trabajo ( $\theta_{\text{ttdf}}$ ).

Se calculó la distancia entre los puntos P2 y P6, con el fin de crear un vector adicional  $r_{3i}$  y de ángulo igual al del vector  $r_3$  ( $\theta_3$ ) mediante la fórmula de distancia entre dos puntos y sus componentes mediante suma vectorial. Con ese vector adicional ( $r_{3i}$ ) se realizó el cálculo de la distancia entre los puntos P5 y P6 para todo el recorrido de los brazos de enganche ( $\theta_{2\text{min}}$  y  $\theta_{2\text{max}}$ ), obteniéndose la variación de la distancia en todo el recorrido.

En seguida se determinan los valores máximo y mínimo de la longitud del cardán ( $L_{\text{max}}$  y  $L_{\text{min}}$ ) para esa posición inicial propuesta. Con base en los resultados anteriores se calculó la dimensión mínima que debería tener el tubo exterior del cardán ( $l_{\text{te}}$ ) para evitar la interferencia. Posteriormente se calculó la distancia máxima que el cardán podría alcanzar con esas dimensiones ( $L_{\text{maxT}}$ ). Finalmente, el criterio de diseño fue que  $L_{\text{max}}$  sea mayor que  $L_{\text{maxT}}$ . Como es probable que en el primer cálculo no se cumpla este criterio fue necesario proponer una dimensión inicial de la toma de fuerza, que en este caso fue  $L_{\text{max}}$ . Sin embargo, punto de sujeción del eje cardán al implemento cambiaría de P6 a P7, por lo tanto fue necesario introducir un vector  $r_{ti}$  que fuera de los puntos P2 a P7, se determinó su ángulo  $\beta$  respecto a  $r_3$  y su longitud. Al añadir estas este vector se fue iterando hasta satisfacer el criterio de diseño, incrementando la longitud del cardán 10 mm en cada iteración.

Con el objetivo de verificar la metodología propuesta se dibujó el enganche de un tractor agrícola y se llevó a las posiciones extremas para comparar estas dimensiones con las obtenidas analíticamente.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla 1 se muestran los datos obtenidos de un tractor de tracción sencilla New Holland 5610s, así como un cardán comercial categoría III.

Tabla 1. Dimensiones obtenidas del tractor y cardán

Dimensiones del tractor NH5610s y cardán comercial categoría III (mm)													
d1	520	d2	700	d3	900	d4	320	d5	230	h	400	H	1000
ht	520	r2	940	r3	610	r4	720	s	100	l	220	$\theta_{ttcf}$	0°

El valor de r3 se tomó de la norma ASAE S217.12 DEC01 para tractores categoría II. Aunque los valores mostrados varían de acuerdo a la marca y modelo de tractor, se podrían utilizar estas dimensiones a fin de iniciar el cálculo en caso de no tener acceso a las dimensiones de un tractor, ya que las medidas d1 y d2 solo fueron 20 y 30 mm mayores respectivamente en un tractor John Deere 5415 de doble tracción, por lo que sugiere las medidas no tienen grandes variaciones.

Las posiciones de los eslabones r3 y r4 del mecanismo, están en función del eslabón de entrada r2, el cual corresponde al brazo inferior de enganche, y las ecuaciones obtenidas para describir su ángulo son las siguientes:

$$\theta_4 = 2 \tan^{-1} \left( \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta_3 = \cos^{-1} \left( \frac{A - r_4 \cos \theta_4}{r_3} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

$$A = r_1 \cos \theta_1 - r_2 \cos \theta_2$$

$$a = A + \frac{r_3^2 - A^2 - r_4^2 - (r_1 \sin \theta_1 - r_2 \sin \theta_2)^2}{2r_4}$$

$$b = -2(r_1 \sin \theta_1 - r_2 \sin \theta_2)$$

$$c = \frac{r_3^2 - A^2 - r_4^2 - (r_1 \text{sen}\theta_1 - r_2 \text{sen}\theta_2)^2}{2r_4} - A$$

La pendiente del eje cardán está dado por la formula  $m = \tan\theta_{ttdf}$  y el punto de intersección entre dicho eje y el marco del implemento, se determinó al resolver el sistema de ecuación de rectas y cuyo resultado son las fórmulas 3 y 4.

$$y_6 = \frac{y_2 y_5 - y_3 y_5 + m y_2 x_5 - m y_3 x_5}{y_2 - y_3 - m x_2 + m x_3} \dots\dots\dots (3)$$

$$x_6 = \left(\frac{y - y_3}{y_2 - y_3}\right)(x_2 - x_3) + x_3 \dots\dots\dots (4)$$

La longitud del tubo externo (lte) y la longitud máxima del cardán con esas dimensiones ( $L_{\text{maxT}}$ ) se calculó mediante las fórmulas:

$$lte = L_{\text{min}} - 2l \dots\dots\dots (5)$$

$$L_{\text{maxT}} = 2(lte + l) - s \dots\dots\dots (6)$$

Se calculó la distancia entre el punto P5 y P2 (d52) mediante distancia entre dos puntos. Y finalmente se calculó el valor final de rti mediante la siguiente fórmula:

$$rti = \sqrt{L_{\text{max}}^2 + d52^2 - \cos\left(\theta_{ttdf} - \tan^{-1}\left(\frac{y_2 - y_5}{x_2 - x_5}\right)\right)} \dots\dots\dots (7)$$

Se determinaron sus componentes con ayuda del ángulo respecto al vector r3, el cual está dado mediante la ecuación 8 y se realizaron las iteraciones hasta satisfacer el criterio de diseño.

$$\beta = \theta_3 - \tan^{-1}\left(\frac{y_{rti} - y_2}{x_{rti} - x_2}\right) \dots\dots\dots (8)$$

Los resultados de la simulación virtual de un mecanismo y los cálculos de las dimensiones y ángulo de la flecha cardán, se muestran en la Figura 5 y en la tabla 2.



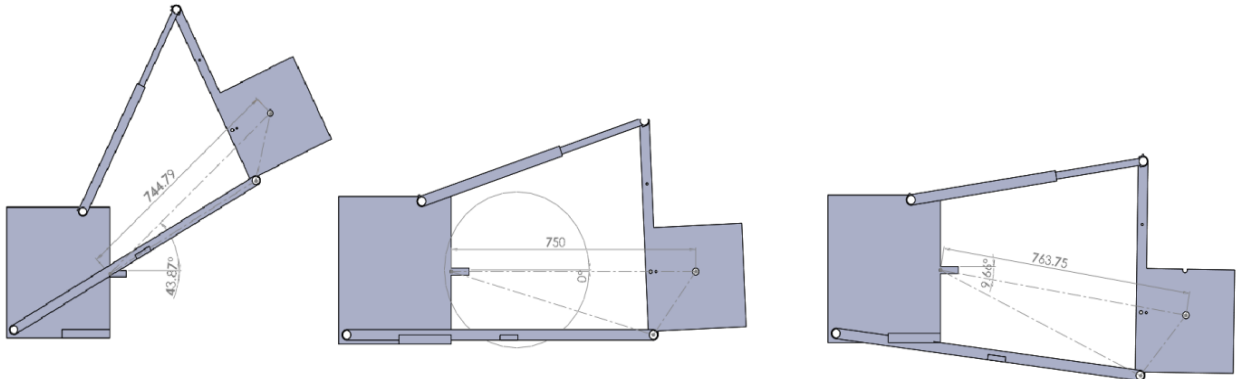


Figura 5. Simulación virtual del mecanismo en la posición a) máxima, b) de trabajo y c) mínima.

Tabla 2. Comparación de resultados simulados y calculados

Posición	$\theta_2$	$L_{TDF}$ medido	$L_{TDF}$ Calculado	$\theta_{ttdf}$ Medido	$\theta_{ttdf}$ Calculado
Mínima	-7.33	763.75	763.747	9.66	-9.660
De trabajo	0	750	750	0	0
Máxima	30.66	744.79	744.793	43.87	43.865

Se puede apreciar que los cálculos proporcionan los mismos resultados que la simulación virtual del mecanismo por lo que la metodología propuesta permite ubicar el cople de una flecha cardan para accionar el mecanismo así como la longitud del tubo externo (la del tubo interno sería de la misma dimensión), que en este caso resultó de 295 mm y con esa configuración la longitud máxima que alcanza es de 890 mm, lo cual está muy por encima de los 764 mm requeridos, esto asegura un correcto accionamiento de la toma de fuerza.

### CONCLUSIONES

Se obtuvieron las ecuaciones que describen la posición de los eslabones del mecanismo de levante de un tractor agrícola, lo permite conocer el rango de los ángulos en que se moverán los implementos. Se propuso una metodología que permite determinar la posición adecuada del acople del eje cardan en los implementos agrícolas con la finalidad de evitar que exista interferencia en su posición más corta o que se separen en su posición máxima.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ASABE, (2006), Three-Point Free-Link Attachment for Hitching Implements to Agricultural Wheel Tractors, American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE Standars ASAE S217.12 DEC01.
- Ayala Garay, Alma Velia, Cervantes Osornio, Rocío, Audelo Benítez, Marco Antonio, Velázquez López, Noé, y Vargas Sállago, José Manuel. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(Supl. 1), 86-93.
- Kogler Robert, Quendler Elisabeth y Boxberger Josef. (2015). Analysis of occupational accidents with agricultural machinery in the period 2008–2010 in Austria, *Safety Science*, Volumen 72, 2015.
- Norton Robert. L., (2009). *Diseño de Maquinaria, síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. Editorial Mc Graw Hill, Cuarta edición. México. Pp 754.
- ISO, (2014), *Agricultural Tractors- Rear-mounted power take off types 1, 2, 3 and 4 – Main PTO dimensions and spline dimensions, loction of PTO*.ISO-500-3.

## FUERZA REQUERIDA PARA EL ARRANQUE DE PLANTAS DE DOS VARIETADES DE FRIJOL DURANTE LA COSECHA

Martínez Reyes Ernesto<sup>1</sup>, Arellano Arciniega Sergio<sup>2</sup> y Rojas Santillán Carlos<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> 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](mailto:martinez.ernesto@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El frijol es uno de los alimentos básicos en la dieta de los mexicanos. El consumo per cápita de esta leguminosa es de 9.9 kg, México es el cuarto productor de frijol a nivel mundial y con la producción nacional se satisface el 89.24% de los requerimientos nacionales, el resto se importa principalmente de Estados Unidos (SAGARPA, 2017). En 2018 se sembraron 1,675,192.45 ha de frijol, obteniendo una producción de 1196156.45 ton (SIAP, 2019). A pesar de la importancia del cultivo en relación a superficie sembrada y consumo, la producción está poco tecnificada, y sobre todo la cosecha se realiza de manera manual, en dicha actividad se pueden requerir hasta 24 jornales por hectárea (Valderrama *et al.*, 1997). Lo cual sugiere una de las actividades que más mano de obra demanda en la producción de esta leguminosa.

En el diseño de máquinas se parte de la detección de la necesidad y se continúa con la definición de los parámetros de ingeniería, que consiste en cuantificar los parámetros de la máquina (Budynas y Nysbet, 2015). En el diseño de una cosechadora para frijol, un dato importante sería determinar la fuerza que se requiere aplicar a las plantas para poder separarlas del suelo, ya que en función de esta fuerza se podría calcular el número de plantas que puede arrancar o el ancho de trabajo de dicha máquina así como los mecanismos idóneos para su diseño. Darwa *et al.* (2016), estudiaron la relación entre la fuerza necesaria para el arranque de plantas de frijol con el rendimiento por hectárea y los días de madurez, sin embargo no presentaron los resultados numéricos de dichas fuerzas. Por lo que el objetivo del presente determinar la fuerza necesaria para desprender las plantas del suelo de dos variedades de frijol (Negro Verdín y Flor de Mayo Dolores). La información proporcionada será de utilidad como parámetro de entrada en el diseño de máquinas cosechadoras y para poder calcular la energía que demanda la cosecha manual del frijol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Pabellón perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Se localiza en el estado de Aguascalientes, México, en las coordenadas 22°09'41.3" latitud norte y 102°17'37.3" longitud oeste. Se realizó en una parcela de riego donde se establecieron dos variedades de frijol: Negro verdín (NV) y Flor de mayo dolores (FMD). El arreglo de siembra fue de 4 hileras en camas, a 28 cm de separación entre líneas, profundidad de 4 cm y distancia entre plantas de 13 cm. Las pruebas se realizaron 92 días después de la fecha de siembra. Las plantas a muestrear se seleccionaron con un esquema completamente al azar con 10 repeticiones por variedad.

Para determinar la fuerza necesaria se utilizó una báscula digital Steren MED-020 con capacidad máxima de 50 kg y una resolución de 0.01 kg. Para medir el diámetro de los tallos arrancados se utilizó un vernier digital TRUPER CALDI 6MP con una tolerancia de 0.05 mm. El procedimiento para coleccionar los datos consistió en sujetar las plantas con una cuerda en su base justo encima del suelo y en el otro extremo de la cuerda se sujetó a la báscula, se aplicó una fuerza de manera vertical hasta que se extrajera la planta y se registró el valor máximo alcanzado como se muestra en la figura 1.

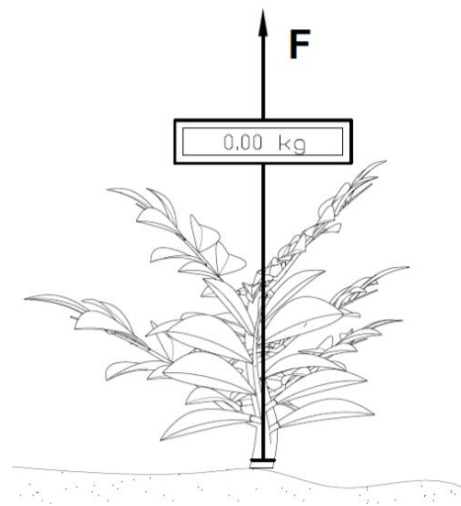


Figura 1. Esquema de la medición de la fuerza de arranque.

Una vez la planta fuera extraída la planta se utilizó el vernier para medir el diámetro del tallo principal de la planta a la altura de la línea entre el suelo y la parte aérea. Se registraron los

datos, se ordenaron y se realizó un ajuste de curva para observar su comportamiento. También se calculó la correlación de Pearson entre la fuerza necesaria para arrancar las plantas del suelo y el diámetro de su tallo.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los datos obtenidos para la variedad NV y el ajuste de curva lineal.

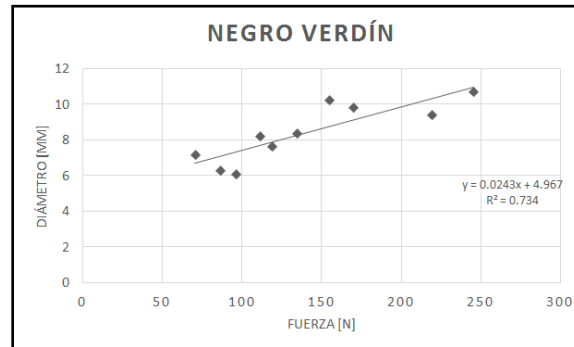


Figura 2. Resultados de la fuerza de arranque y diámetro de tallos en la variedad NV.

La fuerza máxima registrada para la variedad NV fue de 245.4 N, el promedio de 140.9 N y la mínima de 70.6 N. Se puede observar en la figura 2 que existe una alta relación entre el diámetro del tallo de la planta y la fuerza que se requiere para ser arrancada. La correlación de Pearson entre la dos variables obtenida fue de  $r=0.86$ .

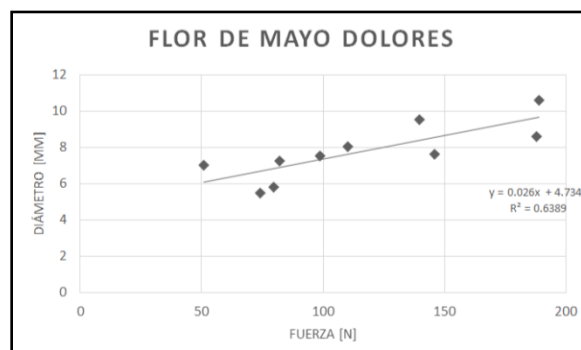


Figura 3. Resultados de la fuerza de arranque y diámetro de tallos en la variedad FMD.

La fuerza máxima registrada para la variedad FMD fue de 188.9 N, el promedio de 115.8 N y la mínima de 50.9 N. Se puede observar en la figura 3 que existe una relación entre el diámetro del tallo de la planta y la fuerza que se requiere para ser arrancada. La correlación de Pearson entre la dos variables obtenida fue de  $r=0.8$ .

Se obtuvo una mayor fuerza requerida para el arranque en la variedad NV, en promedio 25.1 N más, a pesar de que los diámetros de los tallos fueron muy similares con una diferencia promedio de 0.65 mm. Sin embargo, hubo una correlación más grande entre las dos variables estudiadas en la variedad NV ( $r=0.86$ ) comparada con la variedad FMD ( $r=0.8$ ). Una posible explicación a esta diferencia es que la variedad NV alcanza su madurez entre los 67 y 70 días (Tosquy *et al.*, 2016), y al momento de la prueba tenía 92 días después de la siembra por lo que se tenía garantizada una uniformidad de la madurez de las plantas. Mientras que para la variedad FMD alcanza su madurez a los 105 días (Acosta *et al.*, 2011), por lo que aun requerían 13 días para alcanzar madurez y no había homogeneidad en este parámetro de las plantas.

### **CONCLUSIONES**

Se obtuvieron las fuerzas que se requieren para arrancar plantas de frijol de las variedades negro Verdín y flor de mayo Dolores, alcanzando valores máximos de 245.4 N y 115.8 N respectivamente, lo que sugiere una alta demanda energética en la cosecha. Se determinó que existe una correlación entre el diámetro del tallo de las plantas y la fuerza que se requiere para que éstas sean arrancadas en ambas variedades estudiadas.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- ACOSTA GALLEGOS, Jorge Alberto et al . Flor de Mayo Dolores: 2011. Nueva variedad de frijol para riego y temporal en Guanajuato. Rev. Mex. Cienc. Agríc, Texcoco , v. 2, n. 6, p. 993-999, dic. 2011.
- Budynas Richard Gordon y Nisbett J. Keith. (2015). Shigley's mechanical engineering design. Décima edición. Mcgraw-Hill series Ingeniería Mecánica.
- Kwabena Darkwa, Daniel Ambachew, Hussein Mohammed, Asrat Asfaw, Matthew W. Blair,(2016) Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia, The Crop Journal, Volume 4, Issue 5.
- SAGARPA, (2017), Planeación Nacional Agrícola 2017-2030, Frijol Mexicano. Primera Edición. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. (Junio 2019).
- TOSQUY VALLE, Oscar Hugo et al . Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc, Texcoco , v. 7, n. 7, p. 1775-1780, nov. 2016.
- Valderrama N. Yhovana, Ñustez Carlos E. Duarte D L., Alvaro. (1997), Análisis de la tecnología local de producción de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de vega del río Arauca. Agron. colomb., Volumen 14, Número 2, p. 119-126,

## **EVALUACIÓN HIDRAULICA DE SISTEMAS DE RIEGO A PRESION: HERRAMIENTA PARA AMORTIGUAR EL CAMBIO CLIMATICO**

**Juan G. Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, Juan Manuel Covarrubias Ramirez<sup>1</sup>, Victor M. Parga Torres<sup>1</sup> y Antonio Anaya Salgado<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

<sup>2</sup> INIFAP CIRNOC Campo Experimental "La Laguna" Matamoros, Coah.

e-mail: [martinez.juanquillermo@inifap.gob.mx](mailto:martinez.juanquillermo@inifap.gob.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

La población mundial depende de la agricultura para sobrevivir. La agricultura se ve afectada por factores bióticos y abióticos como el clima que es el factor con mayor influencia en el desarrollo y crecimiento de los cultivos (Adams et al., 1998; Wheeler et al., 2000). La temperatura, la radiación solar y la precipitación son los factores clave que influyen en el desarrollo de los cultivos, la maleza, las enfermedades, el daño por plagas y el suministro de agua y nutrientes (Parry et al., 1990; Rosenzweig et al., 2001). Además, el incremento extremo de la temperatura produce estrés calórico en las plantas lo que ocasiona no solo la reducción de la transpiración, sino también la reducción del rendimiento de los cultivos (Rosenzweig et al., 2001; Lobell et al., 2011; Asseng et al., 2014; Trnka et al., 2014). La magnitud del daño dependerá de la etapa fenológica del cultivo y la duración del estrés. La floración, polinización y llenado del grano son las etapas que son más susceptibles al estrés hídrico y calórico (Rosenzweig et al., 2001; Sánchez et al., 2014). Además de estas restricciones climáticas, es muy probable que el cambio climático tenga un gran impacto en la calidad, la cantidad y la distribución de la producción agrícola mundial (Thung y Rao, 1999; Wheeler y von Braun, 2013; Challinor et al., 2014).

El cambio climático está estrechamente relacionado con el cambio de la distribución espacial del agua a nivel global. La agricultura bajo condiciones de riego es la principal responsable de producir alimento en cantidad y calidad suficiente para satisfacer las necesidades de una población cada vez mayor. Los datos indican que para el año 2028 la población mundial será de aproximadamente ocho billones de habitantes (Naciones Unidas, 1999). Siendo que el volumen de agua global es el mismo desde hace millones de años, y que la agricultura es el principal usuario de

ella es necesario hacer un uso más eficiente del agua de riego. La agricultura se ha ido adaptando a esta condición y han emigrado, a través del tiempo, de sistemas de riego superficial a sistemas de riego más sofisticados, como los son los sistemas de riego presurizados. Existe una amplia gama de sistemas de aspersión y goteo dentro de este tipo. El objetivo primordial de estos sistemas es, además de proporcionar suficiente y oportunamente el agua a las plantas, disminuir las pérdidas de agua por conducción y aplicación y así obtener una eficiencia de riego muy alta.

Localmente, la Laguna enfrenta un grave problema en cuanto a disponibilidad de agua de riego. Los productores están emigrando a sistemas de riego presurizados tipo pivote central (SRPV) con la finalidad de ahorrar agua, sin embargo, las eficiencias de aplicación observadas están muy por debajo del 85% que establece el diseño original. Esto, no solo no cumple con el ahorro de agua requerido, sino que contribuye al incremento del abatimiento del acuífero e incrementa los costos de operación debido al mayor número de horas de bombeo utilizado. Todo lo anterior, tiene un impacto negativo en la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios. Esto obliga al desarrollo de metodologías fáciles de implementar y que permitan cuantificar y establecer el nivel de eficiencia del sistema de riego para así, de requerirlo, calibrar y rediseñar la distribución de emisores que permitan tener una mayor eficiencia en el uso del agua de riego. Este trabajo presenta una metodología que permite de manera sencilla determinar la eficiencia de aplicación del agua en un sistema de riego tipo pivote central.

## **MATERIALES Y METODOS**

El presente trabajo se desarrolló en dos ranchos ganaderos localizado en la Comarca Lagunera. En total se evaluaron cinco sistemas de riego tipo pivote central, sin embargo, en este trabajo para fines ilustrativos solo se presentan los resultados de uno de ellos. En todos y cada uno de los ranchos se realizaron muestreos de suelo con la finalidad de determinar las características físicas, así como los parámetros de retención de humedad del suelo. También se localizaron



las diferentes fuentes de agua (pozo profundo, estanques, etc.) con la finalidad de determinar la calidad del agua utilizada.

Los colectores utilizados en esta prueba fueron distribuidos en línea recta en forma perpendicular a la dirección del movimiento de la máquina. De acuerdo a la norma, el primer colector se estableció a los 80 metros de distancia radial del pivote y después de manera uniforme a una distancia de 3 metros cada uno de ellos, según se puede observar en la Figura 1. Se instalaron un total de 105 colectores, siendo su área de captación de 94.2 cm<sup>2</sup>. Todos y cada uno de los colectores fueron nivelados y durante la prueba se verificó que la velocidad del viento fuera menor a 1 m/s.



Figura 1. Distribución de colectores a lo largo del SRPV.

La prueba se realizó teniendo la máquina de pivote central a 100% como velocidad de operación. El volumen colectado y la lámina aplicada en cada una de las diferentes pruebas fue medido en cada colector. Se operó el sistema de riego durante una hora y 43 minutos para que la lluvia pasara sobre todos los botes y se captaron los volúmenes de agua que se muestran en el cuadro 1. Con la finalidad

de interpretar directamente los resultados, se calcularon las láminas aplicadas dividiendo los volúmenes captados (mililitros o centímetros cúbicos) entre el área de los botes (centímetros cuadrados), se obtuvo la lámina (cm) que se captó de la lluvia.

Cuadro 1.- Volumen (cc) y lamina (mm) captada por lo contenedores a lo largo del pivote.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	CONTENEDOR		VOLUMEN (ml)	VOLUMEN (cm3)	LAMINA (mm)	PROMEDIO	INTERVALO	DISTANCIA (m)	LAM X DIST	ABSOLUTO	DIST*ABSOLUTO
7	1		60	60	6.37	6.77	3	80	509.71	0.3	24.4
8	2		60	60	6.37	6.77	3	83	528.82	0.3	25.3
9	3		45	60	6.37	6.77	3	86	547.94	0.3	26.2
10	4		25	60	6.37	6.77	3	89	567.05	0.3	27.1
11	5		30	60	6.37	6.77	3	92	586.17	0.3	28.0
12	6		55	55	5.84	6.77	3	95	554.84	0.8	79.4
13	7		55	55	5.84	6.77	3	98	572.36	0.8	81.9
14	8		60	60	6.37	6.77	3	101	643.51	0.3	30.7
15	9		50	50	5.31	6.77	3	104	552.18	1.4	142.1
16	10		50	50	5.31	6.77	3	107	568.11	1.4	146.2
17	11		45	60	6.37	6.77	3	110	700.85	0.3	33.5
18	12		70	70	7.43	6.77	3	113	839.96	0.8	85.6
19	13		75	75	7.96	6.77	3	116	923.85	1.3	149.5
20	14		180	60	6.37	6.77	3	119	758.19	0.3	36.2
21	15		75	75	7.96	6.77	3	122	971.63	1.3	157.2
22	16		60	60	6.37	6.77	3	125	796.42	0.3	38.1
23	17		70	70	7.43	6.77	3	128	951.46	0.8	97.0
24	18		60	70	7.43	6.77	3	131	973.76	0.8	99.2
25	19		60	60	6.37	6.77	3	134	853.76	0.3	40.8
26	20		50	50	5.31	6.77	3	137	727.40	1.4	187.2
27	21		55	55	5.84	6.77	3	140	817.66	0.8	117.0
28	22		40	60	6.37	6.77	3	143	911.10	0.3	43.5
29	23		50	50	5.31	6.77	3	146	775.18	1.4	199.5
30	24		55	55	5.84	6.77	3	149	870.22	0.8	124.5
31	25		35	60	6.37	6.77	3	152	968.45	0.3	46.3
32	26		40	60	6.37	6.77	3	155	987.56	0.3	47.2
33	27		50	50	5.31	6.77	3	158	838.90	1.4	215.9
34	28		60	60	6.37	6.77	3	161	1025.79	0.3	49.0
35	29		70	70	7.43	6.77	3	164	1219.05	0.8	124.2
36	30		80	80	8.50	6.77	3	167	1418.69	1.8	303.8

Con la información anterior se determinó el Coeficiente de uniformidad para SRTPC, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CUP = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n D_i |V_i - V_m|}{\sum_{i=1}^n V_i * D_i} \right) * 100$$

Donde:

**CUP** – Coeficiente de uniformidad de Christiansen adaptado a pivotes. **Vi**- Volumen captado en el recipiente iesimo (cc) o lámina correspondiente (mm). **Vm**- Volumen medio ponderado captado (cc) o lámina correspondiente (mm). **Di**- Superficie

dominada para el recipiente de captación *i*, o también la posición ocupada por el pluviómetro *i*, siendo 1 el más cercano al centro del pivote y *n* el más alejado (m<sup>2</sup>) y **n** – Número de recipientes de captación.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución espacial de la lámina de riego aplicada por el pivote a lo largo de la distancia radial del mismo se presenta en la Figura 2, en la que se observa la gran variación que existe dentro del predio. La distribución actual de las boquillas ocasiona una variación muy grande según se puede observar en los valores correspondientes al rango de aplicación; estos se encuentran en 5 y 9 mm de lamina para la velocidad evaluada (100%).

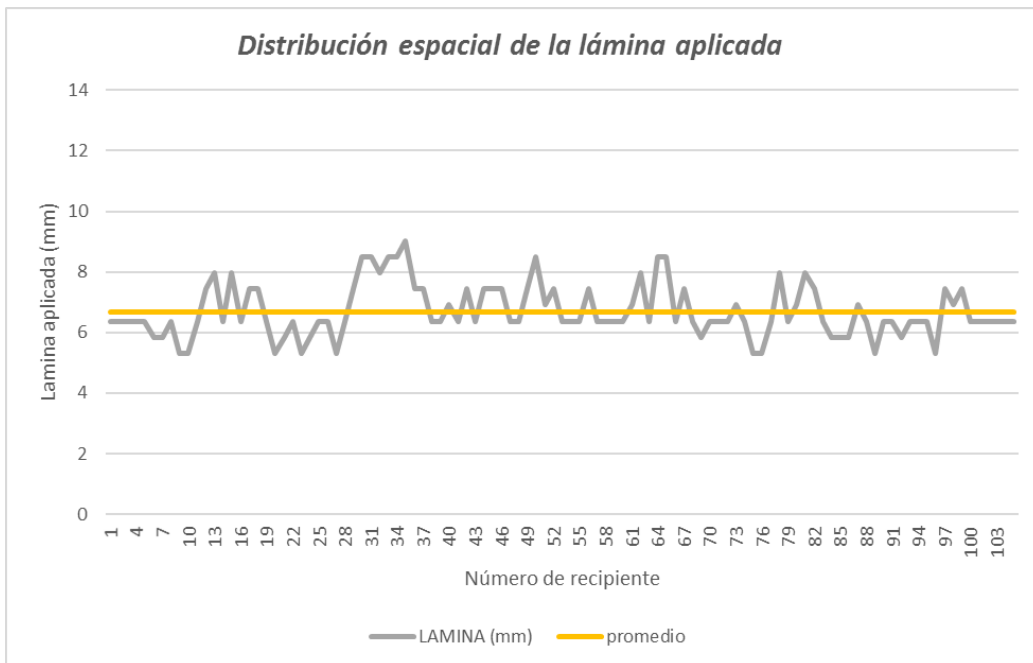


Figura 2. Distribución espacial de la lámina aplicada a lo largo del pivote.

Con respecto a la distribución ponderada por torre, en la Figura 3 se aprecia que las torres 2, 3 4 y 5 están aplicando una lámina de riego por arriba de la media

ponderada (6.5 mm); la torre cuatro está aplicando una lámina superior a 8 mm, lo que se podría traducir en una gran pérdida de agua considerando la distancia radial y el área bajo riego. Por otro lado, las torres 1, 6 y 7 están depositando agua por debajo del promedio, lo que podría traducirse en una falta de agua para el cultivo.

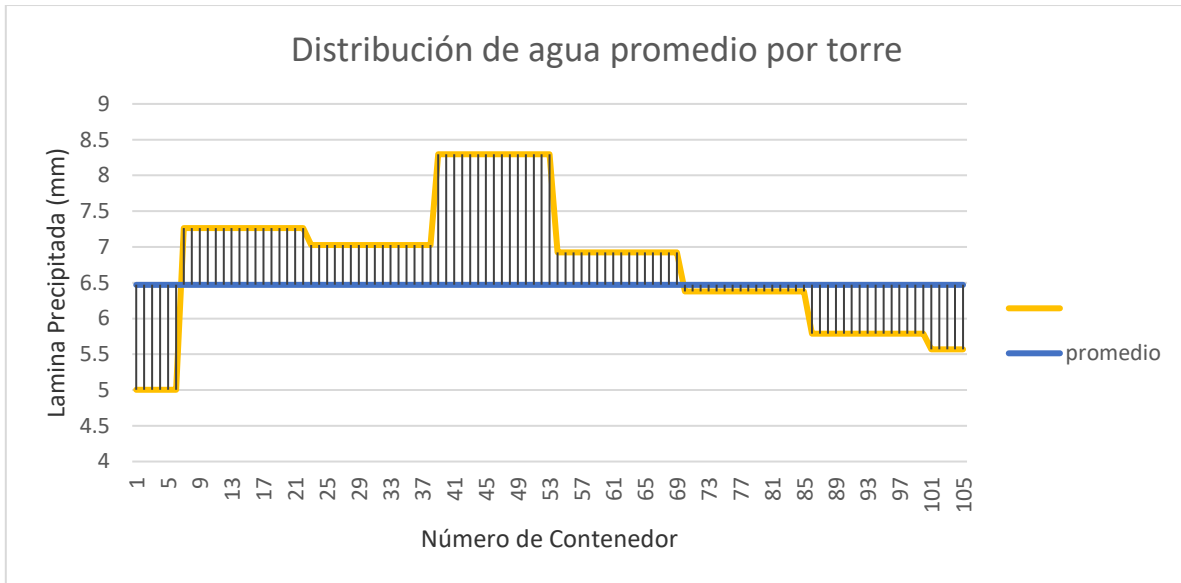


Figura 3. Distribución de agua promedio por torre en el SRTPV.

El coeficiente de uniformidad ( $CU_H$ ) del pivote central se calculo utilizando la ecuación presentada en líneas anteriores, el coeficiente de uniformidad es apenas aceptable (83%), el mínimo requerido en estos sistemas es de 80%. Lo anterior indica que existe una gran oportunidad de mejora en este tipo de sistemas de riego, ya que con el debido ajuste en la distribución de boquillas y el taponamiento de fugas de agua presentes se lograría incrementar esta eficiencia hasta cerca de un 95 %, lo cual se traduciría en un ahorro considerable de agua y un manejo más sustentable de la misma.

Las recomendaciones para estas situaciones son puntuales y se hacen presentes en los reportes individuales requeridos. En dicho reporte, se dan recomendaciones en cuanto al manejo del agua del predio en función de las características del terreno, tipo de boquillas o emisores a utilizar y tiempos de riego utilizados en el rancho. También se presenta el manejo de agua y programación del riego en función de las

necesidades del cultivo con la finalidad de incrementar notoriamente el rendimiento del mismo.

## **CONCLUSIONES**

Las modificaciones en el patrón de distribución de las lluvias debido al cambio climático pronosticado, hace imprescindible que el manejo del recurso hídrico regional sea optimizado en forma superlativa. Si bien el cambio de sistemas de riego de tipo superficial (surcos, melgas, etc.) a otros de tipo presurizados (aspersión, goteo, etc.) presentan un gran ahorro desde el punto de vista de conducción del agua, es necesario evaluar la uniformidad y eficiencia de aplicación en los SRTPV utilizados en la región y su ajuste pertinente. Ya que esto, permitiría incrementar la eficiencia del riego en sistemas de pivote central hasta en un 92% con un ahorro del 30% en el número de horas de riego, así como un incremento en el rendimiento de los cultivos hasta de un 15% debido básicamente al mejoramiento de la oportunidad de aplicación del agua para satisfacer la demanda del cultivo. Por otro lado, el uso de esta metodología permite un ahorro monetario considerable ya que se evita la práctica de nivelar el terreno y reduce la pérdida de agua por escurrimiento superficial.

La implementación de esta metodología se recomienda para ranchos agrícolas que cuentan con sistemas de riego tipo pivote central y que desean conocer que tan eficiente es su sistema de riego, a través de la cuantificación de la eficiencia de aplicación e uniformidad de distribución del agua de riego. Un mejor diseño en la descarga logra un incremento en la eficiencia de aplicación y por consiguiente se incrementa la productividad del agua por parte del productor, teniendo mejores rendimientos y mayores beneficios.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Adams, R.M., Hurd, B.H., Lenhart, S., Leary, N., 1998. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Clim. Res.* 11, 19–30.
- ALA, 2014. Atlas of Living Australia. <http://www.ala.org.au/>.
- Allen, L.H., Boote, K.J., 2000. Crop Ecosystem responses to Climate Change: Soybean. In: Reddy, K.R., Hodges, H.F. (Eds.), *Climate Change and Global Crop Productivity.*, 1st ed. Mississippi State University, USA, pp. 133–160.

- ASCE. 1978. Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70, ASCE, New York. 332 pp.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R., Lobell, D., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M., Wall, G., White, J., 2014. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nat. Clim. Change* 5, 143–147.
- Challinor, A., Watson, J., Lobell, D., Howden, S., Smith, D., Chhetri, N., 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nat. Clim. Change* 4, 287–291.
- Hansen, V.E. 1960. New Concepts in Irrigation Efficiency, Transactions of the ASAE. Vol 3, No. 1, pp. 55-61.
- Howell, T.A., S.R. Evett, A.D. Schneider, R.W. Todd, and J.A. Tolk. 1998. Evapotranspiration of irrigated fescue grass in a semi-arid environment. ASAE Paper no. 982117. ASAE Annual International Meeting, Orlando, FL, July 12-16.
- Jensen, M.E., D.C.N. Robb, and C.E. Franzoy. 1970. Scheduling irrigations using climate-cropsoil data. *Proc. Am. Soc. Civ. Engr., J. Irrig. and Drain. Div.* 96(IR1):25-38.
- Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J., 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333, 616–620.
- Merriam, J.L. and Keller, J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Biological and Irrigation Engineering, 4105 Old Main Hill, Logan, Utah, 84322-4105
- Parry, M., Porter, J., Carter, T., 1990. Agriculture: climatic change and its implications. *Trends Ecol. Evol.* 5, 318–322.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X., Epstein, P.R., Chivian, E., 2001. Climate change and extreme weather events; implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change Hum. Health* 2, 90–104.
- Sánchez, B., Rasmussen, A., Porter, J.R., 2014. Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. *Global Change Biol.* 20, 408–417.
- Thung, M., Rao, I.M., 1999. Integrated Management of Abiotic Stresses. In: Sing, P.S.(Ed.), *Common Bean Improvement In The Twenty-First Century*. Springer, pp.331–370.
- Trnka, M., Rötter, R.P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.C., Olesen, J.E., Zalud, Z., Semenov, M.A., 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nat. Clim. Change* 4, 637–643.
- United Nations (1999) *The World at Six Billion*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, UN Secretariat, available at
- Walker, W. R. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO Irrigation and Drainage Paper 45, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 137p.
- Wheeler, T., von Braun, J., 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* 341, 508–513.
- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Prasad, P.V., 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agric. Ecosyst. Environ.* 82, 159–167. [www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm](http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm)

## EFFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL RANGO TÉRMICO DE NOPAL TUNERO (*Opuntia spp.*) EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO

Guillermo Medina-García<sup>1\*</sup>, Jorge A. Zegbe Domínguez<sup>2</sup>, José Israel Casas Flores<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México.

### INTRODUCCIÓN

El nopal tunero (*Opuntia spp.*) es una planta xerófila cultivada en regiones áridas y semi-áridas marginales de México y en agro-ecosistemas similares del mundo. Esta planta tiene diferentes usos tanto como consumo humano, como hortaliza y fruta, como alimento para ganado en épocas de sequía, usos industriales y para evitar erosión del suelo (Varela-Gómez et al., 2014).

En México se cuenta con una superficie promedio plantada con nopal tunero de 52,839 ha (2007-2016) bajo condiciones de temporal, la cual se realiza principalmente en los estados de Zacatecas 31.6%, México 31.5%, Hidalgo 10.2%, Puebla 8.1%, San Luis Potosí 6.7%, Jalisco 4.1%, Guanajuato 2.5%, Tamaulipas 2.3%, Aguascalientes 1.3% y Querétaro 1.2%, más del 99% de la superficie nacional (SIAP, 2018). Estos estados se encuentran en la región Centro del país en lo que se conoce como Altiplano Mexicano.

Sin embargo, aunque el nopal es una especie que tiene un amplio rango de adaptación (Ruiz et al., 2013), su productividad es muy variable 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, que afectan la producción de este cultivo.

De acuerdo a diferentes autores citados por Ruiz et al, (2013), al género *Opuntia* se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 4,700 m, aunque el óptimo es de 1,700-2,300 msnm. El rango térmico para esta especie es de 6 - 36°C, con un óptimo entre 14 y 19°C. El nopal puede soportar temperaturas hasta de 65°C por una hora, muere con heladas de -5 a -8°C y requiere precipitaciones entre 200 a 750 mm anuales, aunque el óptimo es de 450 a 750 mm.

Por otra parte, 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). Por lo cual es importante conocer las condiciones climáticas de desarrollo del nopal tunero y su posible influencia en su potencial de producción.

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 nopal tunero.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio comprendió los principales estados productores de tuna de la República Mexicana: Zacatecas, México, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Aguascalientes y Querétaro (Figura 1). Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y temperatura mínima de las estaciones de clima del Servicio Meteorológico Nacional. Se seleccionaron 244 estaciones con más de 30 años y más de 90% de datos.

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 nopal tunero (Cuadro 1) durante el ciclo anual de cultivo. Se obtuvo el número de horas promedio de cada rango por mes para cada año (1981-2010), con estos datos se hicieron análisis de tendencias, para lo cual se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Kendal (Mann, 1945; Kendall, 1975), ya que se considera la más adecuada para el análisis de tendencias en series temporales climatológicas (Miró et al., 2009; Ahmed et al., 2014; de Melo et al., 2015) y se complementó con la estimación Sen de pendiente de la tendencia (Sen, 1968) para esto se utilizó la macro Makesens, desarrollada en el Finish Meteorological Institute (Salmi et al., 2002).

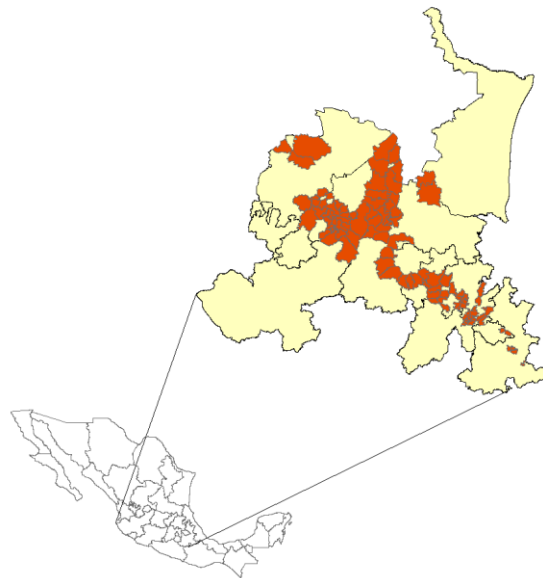


Figura 1. Principales estados y municipios productores de tuna en México.

**Cuadro 1. Valores umbrales y óptimos de temperaturas cardinales para nopal tunero cultivado en la región de estudio.**

VARIABLE	MARGINAL	SUB ÓPTIMO	ÓPTIMO	SUB ÓPTIMO	MARGINAL
Temperatura media anual	< 13	13 - 14	14 - 19	19 - 21	> 21
Temperatura media de enero		< 10	10 - 14	> 14	



**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).

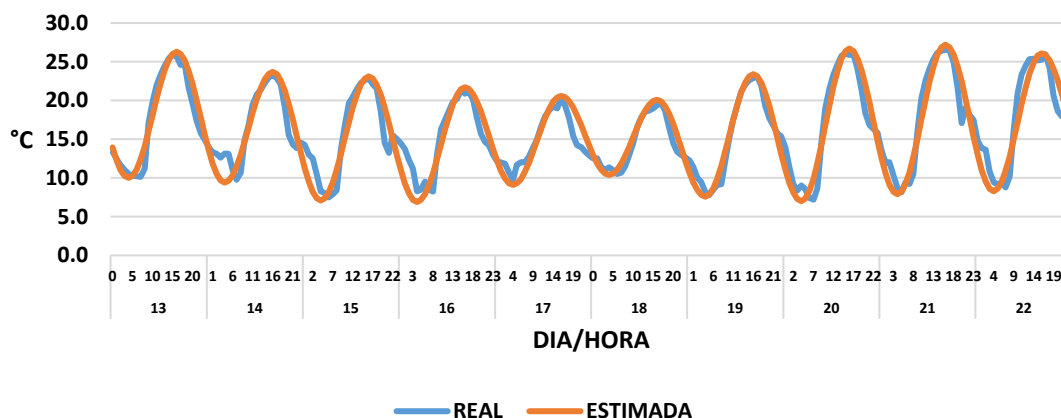


Figura 2. Datos horarios reales y estimados con el modelo sinodal.

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 nopal tunero en el ciclo de cultivo anual. El análisis de tendencias históricas de los años 1981 a 2010 (considerando las 244 estaciones) se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Prueba de tendencia de Mann-Kendall y estimación de pendiente Sen para las temperaturas cardinales de nopal tunero.**

Tendencia Mann-Kendall		Pendiente estimada Sen		
Temperatura °C	Estadístico Z	Significancia	Pendiente (Q)	Constante (B)
14-19 ANUAL	-0.18	ns	-0.403	2092.469
13-21 ANUAL	-3.43	***	-8.100	3443.430
<13 ANUAL	-0.68	ns	-2.460	2769.773
>21 ANUAL	2.43	*	10.589	2555.500
10-14 ENERO	-1.25	ns	-0.323	167.492
> 14 ENERO	0.64	ns	0.655	315.058

Nivel de significancia 90% (\*), 95% (\*\*), 99% (\*\*\*), ns (No significativo)

El número horas dentro del rango de temperatura óptima para el desarrollo del nopal tunero (14-19°C), no tiene una tendencia definida, es decir, el número de horas con temperatura apropiada para este cultivo se ha mantenido sin cambio estadísticamente significativo en el periodo de estudio (Figura 3A). La tendencia histórica del número de horas con temperatura óptima y sub óptima (13-21°C) para el desarrollo del nopal tunero (Figura 3B), es hacia la baja ( $P=0.01$ ), lo cual indica menor número de horas de temperaturas sub óptimas para este cultivo. La temperatura abajo del sub óptimo ( $< 13^{\circ}\text{C}$ ), presenta una tendencia a disminuir, aunque no es estadísticamente significativa (Figura 3C) y arriba del sub óptimo ( $> 21^{\circ}\text{C}$ ) presenta una tendencia al aumento ( $P=0.05$ ), lo anterior indica que solo la temperatura mayor al rango sub óptimo pudiera afectar el desarrollo del cultivo de nopal tunero.

En el caso de la temperatura media anual se observa que en el rango óptimo no se detectó un efecto desfavorable en la serie de datos estudiados, pero si en el rango sub óptimo de 19 a 21°C, ya que indirectamente se detectó un aumento del número de horas con temperatura mayor a 21°C.

En cuanto a la temperatura media del mes de enero, que es importante para el nopal tunero, ya que en regiones con heladas severas sufre daño, el rango de temperatura óptima (10-14°C), resultó sin tendencia en el periodo 1981-2010 (Figura 3E) y no significativa, sin embargo, la temperatura superior al rango óptimo en el mes de enero ( $> 14^{\circ}\text{C}$ ), resultó con una tendencia positiva, aunque no de manera significativa, lo cual indica que el número de horas con temperatura mayor a 14°C se ha ido incrementando (Figura 3F) .

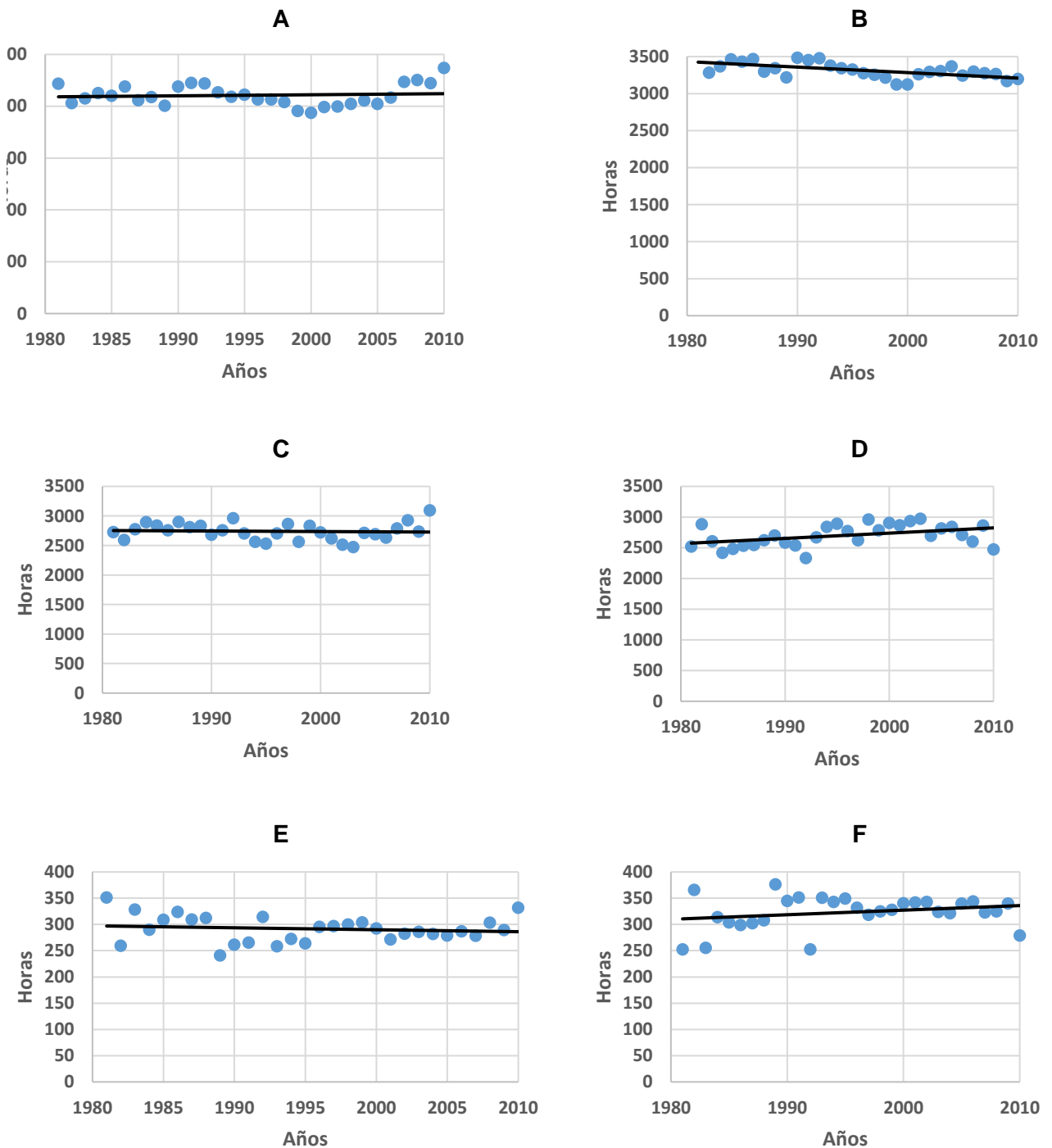


Figura 3. (A) Tendencia histórica del número de horas en el rango de temperatura óptima para el desarrollo de nopal tunero (14 a 19°C), (B) rango de temperatura óptima y sub óptima (13 a 21°C), (C) abajo del sub óptimo (< 13°C), (D) arriba del sub óptimo (> 21°C), (E) temperatura óptima en el mes de enero (10-14°C) y temperatura arriba del rango óptimo en el mes de enero (> 14°C) en la región productora de nopal tunero en México.

## CONCLUSIONES

Para el caso del nopal tunero se observa poco efecto desfavorable del calentamiento global, como efecto del cambio climático, en el periodo histórico 1981-2010 en la región productora de tuna en de México, al aumentar únicamente el número horas con temperatura mayor al rango subóptimo. En el mismo periodo histórico tampoco se ha dado un efecto desfavorable en el rango de temperatura óptima del mes de enero, ya que no se detectó ninguna tendencia estadísticamente significativa, solo una tendencia en el aumento de temperatura superior a este rango, pero estadísticamente no significativa. Con los datos analizados se puede concluir que el calentamiento global por efecto del cambio climático no presenta evidencia de un efecto desfavorable notorio en el cultivo de nopal tunero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S.I., Rudra, R., Dickinson, T. and Ahmed, M. 2014. Trend and Periodicity of Temperature Time Series in Ontario. *American Journal of Climate Change*, 3, 272-288.
- 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.
- 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.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. 4th Edition, Charles Griffin, London.
- Mann, H.B. 1945. Non-Parametric Test against Trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- de Melo, T.M., Louzada, J.A.S. and Pedrollo, O.C. 2015. Trends in Extreme Indices and Seasonal Analysis of Precipitation and Temperature in the Northwest Region of Rio Grande do Sul, Brazil. *American Journal of Climate Change*, 4, 187-202.
- Miró J., Estrela, M. J., Pastor, F. y Millán, M. 2009. Análisis comparativo de tendencias en la precipitación, por distintos inputs, entre los dominios hidrológicos del Segura y del Júcar. *Investigaciones Geográficas*. 49, 129-157.
- Ruiz C., J. A., Medina G., G., González A., I. J., Flores L., H. E., Ramírez O., G., Ortiz T., C., Byerly M., K. F., Martínez P., R. A. 2013. *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. 2a. Edición. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Libro Técnico Núm. 3. 564 p.
- Salmi, T., Maatta, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., and Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, Air Quality Research. Publications on Air Quality No. 31. Report code FMI-AQ-31. 35 p.
- Sen, P. K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 63, No. 324. 1379-1389.
- Snyder, R.L. 1985. Hand calculating degree-days. *Agric. For. Meteorol.*, 35:353-358.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción agrícola 2003-2016. SAGARPA. 2018. [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp) (Consultado junio, 2018).
- Varela-Gómez, Y., Caldera-Arellano, A. K., Zegbe, J. A., Serna-Pérez A. y Mena-Covarrubias, J. 2014. El riego en nopal influye en el almacenamiento y acondicionamiento de la tuna. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* Vol. 5, Núm. 8: 1377-1390.

## CALIDAD NUTRACEUTICA DEL NOPAL VERDURA, DESARROLLADO BAJO CONDICIONES DE MICRO TÚNEL, APLICANDO HUMUS DE LOMBRIZ

Alejandro Moreno Reséndez<sup>1¶\*</sup>, Dalia Meza Cortés<sup>1</sup>, Eliseo Raygoza Sánchez<sup>1†</sup>, José Luis Reyes Carrillo<sup>1¶</sup>, Jesús Vásquez Arroyo<sup>1</sup>, Victoria Jared Borroel García<sup>2¶</sup> y Mercedes Georgina Ramírez Aragón<sup>2¶</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez S/N. Colonia Valle Verde, Torreón, Coahuila, México, C.P. 27054. <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel - La Torreña, Km 0+820. El Vergel, CP: 35120. Gómez Palacio, Dgo. <sup>¶</sup>Integrante de la Red Académica de Innovación en Alimentos y Agricultura Sustentable (RAIAAS) – Auspiciada por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) y La Comunidad de Instituciones de Educación Superior de la Laguna (CIESLAG). \*Autor para correspondencia: [alejamosa@yahoo.com.mx](mailto:alejamosa@yahoo.com.mx) y [alejamosa@hotmail.com](mailto:alejamosa@hotmail.com)

### INTRODUCCION

Las tendencias mundiales de alimentación indican que existe un creciente interés por el consumidor hacia los alimentos que aporten beneficios extras, adicionales a su valor nutritivo (Gutiérrez-Pérez *et al.*, 2013). Es por ello importante identificar los alimentos que, por muchos años, se han utilizado en las sociedades indígenas, para reconocer su valor nutricional o funcional (Torres-Ponce *et al.*, 2015). De hecho, la mayoría de los productos vegetales son considerados por sí mismos alimentos funcionales por su elevado contenido de compuestos bioactivos *v.g.* vitamina C, compuestos fenólicos, carotenoides, entre otros (de Ancos *et al.*, 2016) que poseen actividad antioxidante y tienen aplicación en las industrias de los alimentos, cosmética y medicinal. Los antioxidantes poseen la capacidad de detener o retardar los procesos oxidativos, que pueden provocar daños en las células o afectar la preservación de diversos productos. Estas características hacen que diversos frutos sean reconocidos como agentes protectores de la salud debido a estas propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con la prevención de enfermedades crónico-degenerativas como las cardiovasculares, distintos tipos de cáncer y problemas neurológicos (Rochín-Wong *et al.*, 2013).

Por otro lado, también en las últimas décadas se ha retomado la importancia por el empleo de abonos orgánicos (AO) debido al incremento de los costos de los fertilizantes sintéticos y al desequilibrio ambiental que éstos ocasionan, además de la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de la agricultura (Fortis-Hernández *et al.*, 2012). Como complemento se destaca que, las prácticas de fertilización orgánica, que incluyen la aplicación de compost y vermicompost (VC), promueven el incremento de la materia orgánica del suelo, de la actividad microbiana y una liberación gradual de elementos nutritivos, que se encuentran fácilmente disponibles para las plantas, permitiendo que las especies vegetales realicen una nutrición más balanceada (Márquez-Quiroz *et al.*, 2014). Con respecto al efecto de los AO sobre la calidad fotoquímica de los cultivos, Vázquez-Vázquez *et al.* (2015), determinaron que el empleo de diversos AO – compost, VC y estiércol solarizado, mezclados con arena, piedra pómez y suelo agrícola - al cultivo de *Ocimum basilicum* L., desarrollado bajo condiciones de casa sombra, favorecieron un

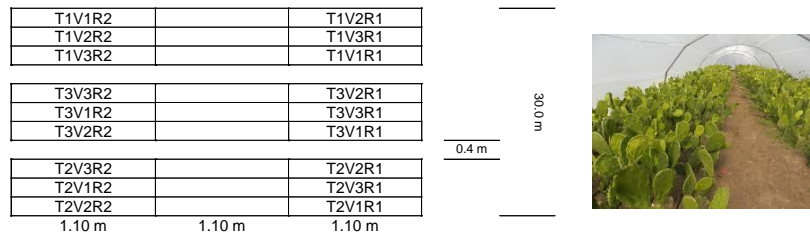
mayor contenido fenólico y una mayor capacidad antioxidante, que resultaron similares a la calidad fotoquímica de la albahaca fertilizada con solución de Steiner.

Mundialmente no existe un país que produzca tanto nopal y mucho menos ninguno que cuente con 104 variedades de esta cactácea como México (Sandoval-Trujillo *et al.*, 2018). El género *Opuntia* cuenta con casi 300 especies, de las cuales entre 10 y 12 son empleadas por el hombre para la producción de fruta y nopalitos, para su alimentación (Galicia-Villanueva *et al.*, 2017). Este cultivo ha cobrado relevancia debido a que gradualmente se ha ido incorporando a la dieta humana (Flores-Mendiola *et al.*, 2012). Los nopalitos son los cladodios tiernos de las especies *Opuntia* y *Nopalea* que se consumen como verdura (Maki-Díaz *et al.*, 2018). A nivel internacional y en México la demanda de nopal verdura, o nopalitos (*Opuntia* spp.), se ha incrementado sustancialmente debido a su bajo valor calórico, alto contenido de fibra y por sus características nutricionales y funcionales (Sandoval-Trujillo *et al.*, 2018). Adicionalmente, Santiago-Lorenzo *et al.* (2016) destacan que esta especie vegetal, debido a las cualidades nutraceuticas que se le atribuyen, puede ser empleada como alimento funcional, pues contiene fibra dietética y pectina, se utiliza en la medicina tradicional, para el control de la diabetes, así como antioxidante, antiviral anticancerígeno y como anticolesterolemico.

En México la producción de nopal verdura se puede desarrollar en dos sistemas de plantación: el tradicional, con densidades que oscilan de 15,000 a 40,000 plantas $\cdot$ ha $^{-1}$ , y el sistema de micro túneles, con densidades de 120,000 a 160,000 plantas $\cdot$ ha $^{-1}$ ; el segundo sistema se emplea en regiones con climas fríos o para la producción durante la época invernal (Galicia-Villanueva *et al.*, 2017). Orona-Castillo *et al.* (2003) destacan que dadas las condiciones climáticas que prevalecen en la Comarca Lagunera la producción de nopal verdura puede realizarse utilizando micro túneles en los meses más fríos de diciembre a febrero. Con el empleo de estas estructuras se busca mitigar el efecto de la presencia de granizadas y heladas (Maki-Díaz *et al.*, 2018). En atención a los elementos descritos y considerando el supuesto de que la aplicación de los AO, *v.g.*, el VC, podría incrementar la calidad nutritiva de las especies vegetales, se pretende: Determinar el contenido de componentes bioquímicos y la capacidad antioxidante del nopal verdura al aplicar vermicompost, desarrollado bajo condiciones de micro túnel.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se desarrolló dentro de un Micro túnel 30 m x 3.60 m que forma parte del Proyecto de Desarrollo de Producción de Hortalizas y Nopal Verdura bajo el sistema de micro túnel. El proyecto se estableció el 3 de septiembre de 2017, en la Unidad Laguna, aplicando 40 t $\cdot$ ha $^{-1}$  de estiércol de ganado bovino y utilizando tres variedades de nopal: Chicomostoc (V1), Chapingo (V2) y Narro (V3), plantadas, en forma aleatoria, en parcelas de 9 x 1.10 m, dentro de cada parcela se plantaron 10 líneas, con 0.25 m entre éstas, y cuatro columnas de cladodios, su distribución se aprecia en la figura 1. El micro túnel tiene forma semicircular, con altura al centro de 1.7 m, y se utilizaron tubos de soporte calibre 18, de 1¼ de pulgada, y para la corona tubos calibre 18, de 1 pulgada, y fue recubierto con plástico transparente calibre 720. Las dosis de vermicompost (VC) a evaluar fueron 15, 30 y 45 t $\cdot$ ha $^{-1}$ , este abono se obtuvo del Proyecto Producción de VC.



**Figura 1. Distribución de los tratamientos de vermicopost, variedades de nopal verdura, las repeticiones y la imagen lateral representa el desarrollo del cultivo dentro del micro túnel.**

Durante el período febrero – mayo de 2019 se realizaron cuatro muestreos, en cada uno de ellos se obtuvieron tres cladodios de la parte central de cada parcela, para un total de 64 cladodios por muestreo. Para determinar la calidad nutraceútica y la capacidad antioxidante, cada cladodio se lavó con agua de la llave, la humedad superficial se eliminó por medio de escurrimiento y las muestras se preservaron en congelación hasta la realización de los análisis químicos correspondientes.

Contenido de fenoles totales. El análisis se realizó conforme a la metodología de Folin-Ciocalteu, para esto se obtuvo 1 mL del extracto de muestra diluida 1:10 con agua destilada, colocándolo en un tubo de ensayo al cual se le agregaron 5 mL de reactivo diluido 1:10 de Folin-Ciocalteu, se dejó reposar 7 min y posteriormente se adicionaron 4 mL de la solución de carbonato de sodio 7.5 %. Los tubos se cubrieron con papel aluminio para protegerlos de la luz y se dejaron en reposo por 2 h, a temperatura ambiente. Después, se registró su absorbancia a una longitud de onda de 740 nm en un espectrofotómetro Thermo Scientific Aquamate Plus de luz UV-VIS (Singleton *et al.*, 1999).

Actividad antioxidante. La actividad antioxidante de los extractos se determinó a través de la inhibición del radical estable 2,2 difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Para esto se colocaron 3 mL de una solución metanólica de DPPH  $6.1 \times 10^{-5}$  M y se hicieron reaccionar con 0.1 mL de cada extracto en fresco (Brand-Williams *et al.*, 1995). La mezcla se dejó reaccionar en oscuridad y se monitoreó el cambio en la absorbancia de las muestras por un periodo de 60 min, en un espectrofotómetro Thermo Scientific Aquamate Plus de luz UV-VIS. El porcentaje de inhibición DPPH fue calculado conforme a la Ecuación 1.

$$\text{Inhibición de radicales libres (\%)} = \left[ \frac{A_c - A_s}{A_c} \right] \times 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:  $A_c$  = absorbancia del DPPH antes de la reacción;  $A_s$  = absorbancia de la mezcla de DPPH con la muestra.

Flavonoides. Los reactivos utilizados fueron Nitrito de Sodio ( $\text{NaNO}_2$ ) al 5 % con agua destilada, Cloruro de Aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) al 10% con agua destilada e Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) 1 M. La curva estándar se realizó con puntos de 150 a 1000  $\mu\text{M}$  de catequina con metanol (80 %). El método consistió en colocar en un tubo de ensayo 250  $\mu\text{L}$  de extracto más 1.25 mL de agua destilada, posteriormente se agregaron 75  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaNO}_2$  al 5% y se dejó reposar por 5 min, enseguida se adicionaron 150  $\mu\text{L}$  de  $\text{AlCl}_3$  al 10% y se dejó reposar

por 6 min al final se agregaron 500  $\mu\text{L}$  de NaOH 1 M más 275  $\mu\text{L}$  de agua destilada. Inmediatamente se analizó la muestra a una longitud de onda de 510 nm de absorbancia en un espectrofotómetro Thermo Scientific Aquamate Plus de luz UV-VIS (Re *et al.*, 1999).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas siendo el factor A las dosis aplicadas de VC (parcela grande) y el factor B las variedades de nopal (parcela chica) y dos repeticiones. Los datos de las variables evaluadas fueron sometidos a análisis de varianza y se aplicará la prueba de comparación de medias de Tuckey<sub>0.05</sub>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados preliminares del ANOVA, aplicados a los datos del último muestreo, para las variables evaluadas: capacidad antioxidante, fenoles y flavonoides totales, fueron estadísticamente iguales, tanto para los factores A (dosis de VC) y B (variedades de nopal) como para la interacción A x B. El comportamiento registrado en gran parte se puede deber a que solo se contó con dos repeticiones, debido a que solo se cuenta con un micro túnel, con las características descritas.

Sin embargo, es posible destacar que las tres variables evaluadas presentaron diferencias numéricas con intervalos (menor a mayor) de 10.45 a 41.11 mg de aox en base trolox/g de nopal fresco, para capacidad antioxidante, 0.56 a 14.26 mg fenólicos en base a ácido gálico/g nopal fresco, de fenoles totales y 0.47 a 8.22 mg flavonoides en base a quercetina/g de nopal fresco, para flavonoides totales. Los valores de los intervalos obtenidos superan de manera considerable a los valores reportados por Reyes-Munguía *et al.* (2014) quienes determinaron valores de  $3.25 \pm 0.04$  mg de aox en base trolox/g de nopal fresco,  $0.921 \pm 0.04$  mg fenólicos en base a ácido gálico/g nopal fresco y  $0.363 \pm 0.03$  mg flavonoides en base a quercetina/g de nopal fresco, para capacidad antioxidante, fenoles totales y flavonoides totales, respectivamente. Adicionalmente, los valores obtenidos para actividad antioxidante y fenoles totales en el presente experimento, también superaron por mucho a los valores reportados por Hernández-Castillo *et al.* (2016) quienes registraron valores de  $10.7 \pm 0.8$  % y  $574.6 \pm 44.8$   $\mu\text{g}$  fenólicos en base a ácido gálico/g nopal fresco, respectivamente, en muestras de cladodios jóvenes de nopal verdura, recolectados manualmente en el municipio de Otumba, Estado de México.

Los promedios numéricos obtenidos 23.33 mg de aox en base trolox/g de nopal fresco y 6.01 mg fenólicos en base a ácido gálico/g nopal fresco, para actividad antioxidante y fenoles totales, al evaluar las tres variedades de nopal con tres dosis de VC, coinciden con lo establecido por Vázquez-Vázquez *et al.* (2015), quienes determinaron que el empleo de diversos AO – compost, VC y estiércol solarizado, mezclados con arena, piedra pómez y suelo agrícola - al cultivo de *Ocimum basilicum* L., desarrollado bajo condiciones de casa sombra, favorecieron un mayor contenido fenólico y una mayor capacidad antioxidante, que resultaron similares a la calidad fotoquímica de la albahaca fertilizada con solución de Steiner. A manera de complemento, y favor del empleo de los abonos orgánicos, en diferentes formulaciones, López-Martínez *et al.* (2016) concluyeron que la aplicación del lixiviado de VC al cultivo de tomate los frutos mostraron la mejor calidad nutracéutica, al



registrar mayor contenido fenólico y mayor capacidad antioxidante que los frutos fertilizados inorgánicamente.

## CONCLUSIONES

De manera preliminar y para las condiciones de desarrollo del presente experimento, al aplicar VC dosis de 15, 30 y 45 t·ha<sup>-1</sup>, a tres variedades de nopal verdura (Chicomostoc, Chapingo y Narro), se concluye que el contenido de componentes bioquímicos y la capacidad antioxidante del nopal verdura, bajo condiciones de micro túnel, resultaron estadísticamente iguales.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto, con clave: 38-111-4256001002-2447, fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

## BIBLIOGRAFÍA

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 28(1): 25-30.
- de Ancos, B., Fernández-Jalao, I., Sánchez-Moreno, C. 2016. Compuestos funcionales en productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17(2): 130-148.
- Flores-Mendiola, G. R., Rodas-Gaitán, H., Rodríguez-Fuentes, H., Vidales-Contreras, J. A., Sánchez-Alejo, E., Aranda-Ruiz, J. 2012. Producción de biomasa seca y parámetros sensoriales de nopal verdura cultivado en forma hidropónica. *Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN). Edición Especial (4): 175-190.*
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J.L., Navarro-Bravo, A., Antonio-González, J., Omaña-Silvestre, J.M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*. 3(6): 1203-12161.
- Galicia-Villanueva, S., Escamilla-García, P. E., Alvarado-Raya, H., Aquino-González, L. V., Serna-Álvarez, H., Hernández-Cruz, L. M. 2017. Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(5): 1087-1099.
- Gutiérrez-Pérez, C., Morales, H., Limón-Aguirre, F. 2013. Valoraciones de calidad en alimentos orgánicos y de origen local entre consumidores de la red comida sana y cercana en Chiapas. *Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos*. 11(1): 104-117.
- Hernández-Castillo, J. B. E., Bernardino-Nicanor, A., Juárez-Goiz, J. M. S., González-Cruz, L. 2016. Determinación de los cambios originados por los procesos de asado y freído del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) sobre la concentración de carotenoides, fenoles totales y la actividad antioxidante. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1): 526-531.
- López-Martínez, J. D., Vázquez-Díaz, D. A., Esparza-Rivera, J. R., García-Hernández, J. L., Castruita-Segura, M. A., Preciado-Rangel, P. 2016. Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 39(4): 409-414.
- Maki-Díaz, G., Peña-Valdivia, C.B., Arévalo-Galarza, M.L. 2018. Tendencias de producción, manejo postcosecha y comercialización nacional y para exportación de nopalito (*Opuntia ficus-indica*). *Agroproductividad*. 11(7): 73-79.
- Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Sánchez-Chávez, E., de la Cruz-Lázaro, E., Figueroa-Viramontes, U., Robledo-Torres, V. 2014. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *ITEA*. 110(1): 3-17.

- Orona-Castillo, I., Flores-Hernández, A., Rivera-González, M., Guillermo-Martínez, J., Espinoza-Arellano, J. J. 2003. Productividad del agua en el cultivo de nopal con riego por goteo en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*. 21(2): 195-201.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation the colorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26(9-10): 1231-1237.
- Reyes-Munguía, A., Martínez-Castillo, J. I., Vázquez-Elorza, A. 2014. Determinación de actividad antioxidante y microencapsulación de compuestos activos de *Opuntia ficus-indica*. *Tlatemoani Revista Académica de Investigación*. (16): 1-18.
- Rochín-Wong, C. S., Gómez-Meza, N., Montoya-Ballesteros, L. C., Medina-Juárez, L. A. 2013. Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 12(2): 227-239.
- Sandoval-Trujillo, S. J., Ramírez-Cortés, V., Hernández-Bonilla, B. E. 2018. Análisis de los incentivos para la producción del nopal en Teotihuacán. *Vinculategica*. 4(2): 382-290.
- Santiago-Lorenzo, M. R., López-Jiménez, A., Saucedo-Veloz, C., Cortés-Flores, J. I., Jaén-Contreras, D., Suárez-Espinosa, J. 2016. Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(4): 403-407.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299(1): 152–178.
- Torres-Ponce, R. L., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M. L., Nevárez-Moorillón, G. V. 2015. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5): 1129-1142.
- Vázquez-Vázquez, C., Ojeda-Mijares, G.I., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Antonio-González, J. 2015. Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fotoquímica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(8): 1833-1844.

## EVALUACIÓN TERRITORIAL PARA EL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE GÓMEZ PALACIO, DURANGO

**Moreno-Sepúlveda Yenifer, Gutiérrez-Guzmán Ulises Noel, Esquivel-Romo Amaury, González-Mancilla Apolinar, Orona-Castillo Ignacio**

**Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango.**

### INTRODUCCIÓN

El municipio de Gómez Palacio del estado de Durango cuenta con una superficie de 83,446 has de las cuales el uso para la agricultura es del 61.7%, lo que corresponde a una superficie de 53,260 ha (INEGI, 2018). Los cultivos de mayor importancia en el municipio son el sorgo forrajero, algodón y maíz forrajero, con un volumen de producción de 46.5, 34.5, 28.1 y % respectivamente (SAGARPA, 2009). De estos tres cultivos importantes, el maíz ha ido incrementando año con año la superficie sembrada, teniendo 9,323 ha para el año 2009, hasta alcanzar una cifra de 23,127 ha para el año 2018 (SIAP, 2019), debido en gran manera a que en la región se encuentra la cuenca lechera más importante del país.

El maíz como cualquier otro cultivo, requiere de una gran cantidad de nutrientes adecuados para satisfacer sus necesidades; esta cantidad es absorbida del suelo, la cual varía en tiempo y disponibilidad por la fertilidad natural del mismo. Los principales nutrientes que necesita este forraje presentan deficiencia en el suelo, los cuales pueden ser aportados aplicando diferentes fertilización ya sea, química, por medio de estiércoles y residuos de cosecha. Para obtener altas producciones de maíz en el municipio se recomienda una dosis de fertilización de 180-80-00 de nitrógeno, fósforo y potasio (SAGARPA, 2015). Cabe destacar que el uso de fertilizantes químicos ha incrementado los costos de producción de los cultivos y puede contaminar el suelo y el agua principalmente con nitratos (Flores-López *et al.*, 2009).

La determinación del rendimiento potencial en condiciones ideales se logra a través de modelos que predicen el crecimiento, tomando en cuenta las condiciones óptimas para el cultivo. Esto se define como el rendimiento potencial del cultivo cuando crece en un ambiente al cual está adaptado, sin limitaciones de nutrientes y agua y con un efectivo control de plagas, enfermedades y malezas (Evans, 1993). Todo esto está determinado por la radiación solar, temperatura y requerimientos nutricionales.

La sustentabilidad de un sistema de producción tiene, como principio, el desarrollo de éste en una zona ecológica apropiada, fuera de ésta puede subsistir e inclusive producir con un potencial menor al que le correspondería de estar establecido en un ambiente clima-suelo-planta-hombre propicio para su desarrollo. El ordenamiento ecológico territorial se refiere a la determinación de la vocación natural del suelo, entendido en la agricultura como aquellas áreas con un potencial natural para el desarrollo de los cultivos. De esta forma, se pueda disminuir el uso de agroquímicos, evitando las malas prácticas de contaminación que esto genera y el lixiviado de elementos como N, el cual llega a mantos acuíferos que cada vez están siendo más sobreexplotados y contaminados.

Entre las metodologías de identificación y delimitación de zonas potenciales para el desarrollo de los cultivos, destacan la de zonificación agroecológica, las cuales se definen como aquellas áreas que tienen combinaciones similares de clima, suelo y el mismo potencial biológico-físico para la producción agrícola (IISA/FAO, 2012). Parra (1989) menciona que su importancia radica en la obtención de datos sobre la superficie potencial desde el punto de vista de clima y suelo para la producción de los cultivos

Debido a la importancia del cultivo de maíz en el municipio, en este trabajo de investigación se planteó como objetivo delimitar geográficamente zonas agroecológicas para el desarrollo sustentable del cultivo de maíz considerando los requerimientos edafológico-ambientales mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) dentro del Municipio de Gómez Palacio, Durango.

## **MATERIALES Y METODOS**

El área de estudio comprende en su totalidad el Municipio de Gómez Palacio, Durango, el cual se encuentra en la parte norte de la República Mexicana, geográficamente localizado en los paralelos 25°32' y 25°54' Norte y los meridianos 103°19' y 103°42' oeste, a una altitud de 1100 a 1800 msnm. El municipio cuenta con una superficie de 834.46 km<sup>2</sup> que representa el 0.7% del estado de Durango (INEGI, 2018). Hidrológicamente, el municipio de Gómez Palacio se encuentra en la Región Hidrológica 36 Nazas- Aguanaval, cuenta con cuatro acuíferos: Principal- Región Lagunera, Villa Juárez, Oriente Aguanaval y Vicente Suarez. En general, estos se encuentran sobreexplotados, a excepción del Villa Juárez, el cual de acuerdo a su recarga y extracción aún se encuentra en equilibrio (CONAGUA, 2010).

En el municipio de Gómez Palacio el clima que muestra es el BWhw el cual corresponde a un clima muy árido y semiárido, mostrando una temperatura media anual entre los 18 y 22 °C, alcanzando una temperatura menor a los 18°C el mes más frío y mayor a 22°C el mes más cálido, con lluvias en verano y un porcentaje menor, del 5 al 10.2 % en invierno del total anual registrado. Su precipitación anual es de 200 mm en la mayor parte del municipio y de 300 mm en la parte centro- oeste, colindante a la sierra del sarnoso. (SEMARNAT y SRNyMA, 2012). Los principales tipos de suelos encontrados en el municipio son Xerosol (35.4%), Regosol (28.9%), Solonetz (11.4%), Solonchak (9.0%), Vertisol (4.2%), Leptosol (2.1%), Luvisol (0.9%), No aplicable (0.4%) y Fluvisol (0.3%) (INEGI, 2005).

El uso de suelo está dividido principalmente en agricultura de riego el cual ocupa un 55.26% de la superficie total, seguido un 10.95 % de vegetación halófila con vegetación arbustiva, un 8.88% que corresponde a la vegetación de desiertos arenosos con vegetación secundaria arbustiva, el matorral desértico microfilo ocupa el 9.11%, la zona urbana representa el 8.69% del total de la superficie del municipio, el 3.34% corresponde al sector pecuario, el sector con matorral desértico rosetofilo tiene una superficie de 2.82%, el 0.62% corresponde al are desprovista de vegetación en la que destaca la parte del río Nazas y solo el 0.32 % es utilizado para la agricultura de temporal. (SEMARNAT y SRNyMA, 2012)

### **Metodología**

Se desarrolló una metodología adaptada a los datos disponibles. Su determinación consistió en establecer la vocación real del suelo para producir maíz forrajero, para lo cual se establecieron los siguientes pasos:

Paso 1: Los requerimientos de suelos fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades del cultivo y en base a una revisión bibliográfica de estudios referentes al cultivo de maíz (Cuadro 1)

Paso 2: Los indicadores se establecieron en base a la clasificación de la NOM-021 y para ellos se establece un rango de valor, indicados en Cuadro 2.

Paso 3: Las zonas son establecidas teniendo en cuenta los valores numéricos de las cualidades y limitaciones de los suelos.

Paso 4: Las clases es el agrupamiento de las zonas de acuerdo a un rango de los valores adjudicados a cada una de ellas.

Cuadro 1. Requerimientos edafológicos de Maíz.

Variable	Requerimientos	Referencia
Textura	Franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos	Benacchio, 1982; FAO, 1994. SAGARPA, 2017
Materia Orgánica	Mayor del 3%	Suquilanda, 2018.
pH	Mínima 5.5 Máxima 7.5	Ignatieff, citado por Moreno, 1992; SAGARPA, 2017.
Conductividad Eléctrica	De 1.8 a 6.0 dSm <sup>-1</sup>	CIREN, 1989; Cha-um <i>et al.</i> , 2011.
Nitrógeno	Niveles críticos entre 24 y 27 mg.kg <sup>-1</sup>	Sainz Rozas <i>et al.</i> , 2000.
Fosforo	Niveles críticos de 10 y 12 mg.kg <sup>-1</sup>	Senigagliesi <i>et al.</i> , 1984; Darwich, 1984
Calcio	Niveles desde 10 hasta 14.5 cmol.kg <sup>-1</sup>	Calderon <i>et al.</i> , 2013.
Magnesio	Niveles entre 1.3 y 4.5 cmol.kg <sup>-1</sup>	Calderon <i>et al.</i> , 2013.

Cuadro 2. Indicadores y clasificación del suelo en base a la NOM-021

Indicador	Clase	Clasificación NOM-021	*Valor
Textura	Clasificación textural	Migajón, Migajón arcilloso	1
		Franco arcilloso.	2
		Franco	3
		Arenoso	4
Materia Orgánica	Contenido de MO en el suelo	Alto	1
		Medio	2
		Bajo	3
		Muy bajo	4
pH	Acidez/alcalinidad del suelo	Neutro	1
		Ligeramente ácido/alcalino	2
		Moderadamente ácido/alcalino	3
		Fuertemente ácido/alcalino	4
	Salinidad del suelo	Muy ligeramente salino	1

Conductividad Eléctrica	Moderadamente salino	2
	Fuertemente salino	3
	Muy fuertemente salino	4
Nitrógeno	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
	Muy bajo	4
Fosforo	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
	Muy bajo	4
Calcio	Muy bajo	1
	Bajo	2
	Medio	3
	Alto	4
Magnesio	Muy bajo	1
	Bajo	2
	Alto	3
	Medio	4

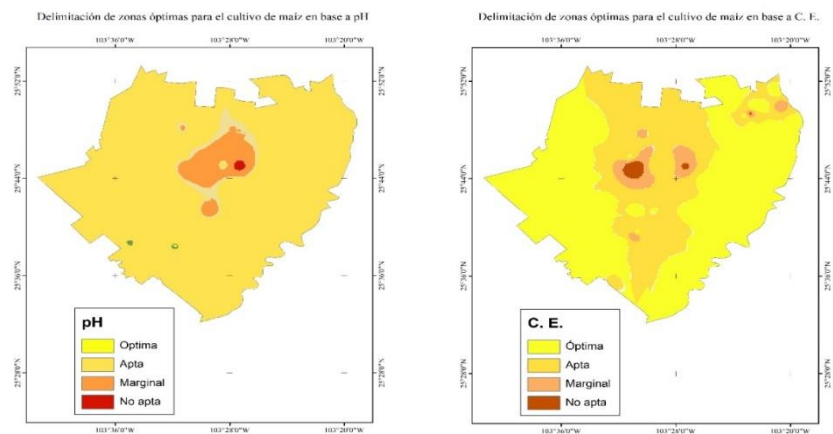
\*1= Óptimo; 2= Apto; 3 Marginal; 4= No Apta

Para determinar las áreas óptimas para la siembra de se creó una base de datos mediante la digitalización de las cartas edafológicas del municipio de Gómez Palacio, proporcionadas por el INEGI (con escala 1:50, 000), las cartas edafológicas digitalizadas fueron cuatro G13D15, G13D16, G13D24 y G13D25 que cubren el área total a trabajar, las cartas presentan un cuadro con datos de muestro de campo realizados en área de estudio. Para actualizar dicha base de datos de suelo y aumentar el número, se realizó un muestreo sistemático en el cual se definió tomar muestras a cada 5 km tomando como referencia las principales carreteras que se encuentran en el municipio, la muestra se tomó a 100 m de distancia a la carretera en un área no perturbada en profundidad 0 30 cm y ésta se ubicó geográficamente con un GPS Garmin (GPSMAP64s). El número total de muestras consideradas para el análisis fue de 38 puntos obtenido de cartas y 30 puntos de muestreo directo.

Las muestras de suelo obtenidas de campo fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agricultura y Zootecnia para obtener las variables necesarias del estudio. Con los puntos de muestreo totales se diseñó una tabla de atributos la cual fue la base para el análisis mediante el programa ArcGis® (ArcMap10.2.1™). Primeramente, se realizaron mapas tipo raster de cada una de las variables consideradas en el estudio mediante el método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) considerando el indicador y su valor mostrado en el Cuadro 2. Finalmente, se obtuvo un mapa general delimitado en zonas por aptitud del suelo del municipio de Gómez Palacio a través de algebra de mapas con la herramienta Raster Calculator.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera particular, se observa en los mapas de cobertura de las variables edafológicas que existen diferentes zonas con diferentes criterios de aptitud. Para el caso del indicador de pH, se encontró cerca del 80% del territorio con aptitud apta y una porción en el centro del municipio considerada como área marginal, esto es típico en suelos de regiones áridas por la cantidad elevada de carbonatos y bicarbonatos de calcio (Mazuela, 2013). Las áreas obtenidas para CE mostraron un 60% en zona óptima y un 25% de zona apta. Al analizar las zonas en estas dos variables se encuentra una zona común al centro del municipio donde las condiciones para la siembra de maíz son consideradas como marginal y no apta,



que se puede interpretar como una zona con altos valores de pH y C. E. (Figura 1).

Figura 1. Zonificación de pH y conductividad eléctrica (C. E.) encontrada para el establecimiento de maíz forrajero en el municipio de Gómez Palacio

En lo que respecta a las coberturas encontradas para los macronutrientes del suelo nitrógeno y fósforo (Figura 2), la mayor superficie fue considerada entre no apta y marginal, en muy poca proporción se encontraron zonas óptimas con buen contenido de estos nutrientes. Al respecto, Vitousek *et al.*, 1997 mencionan que de todos los nutrientes del suelo necesarios para el crecimiento de las plantas el nitrógeno es el elemento más limitante en los ecosistemas terrestres; en especial en ecosistemas áridos y semiáridos (Schlesinger *et al.*, 1996; Chapin *et al.*, 2002; Whitford, 2002).

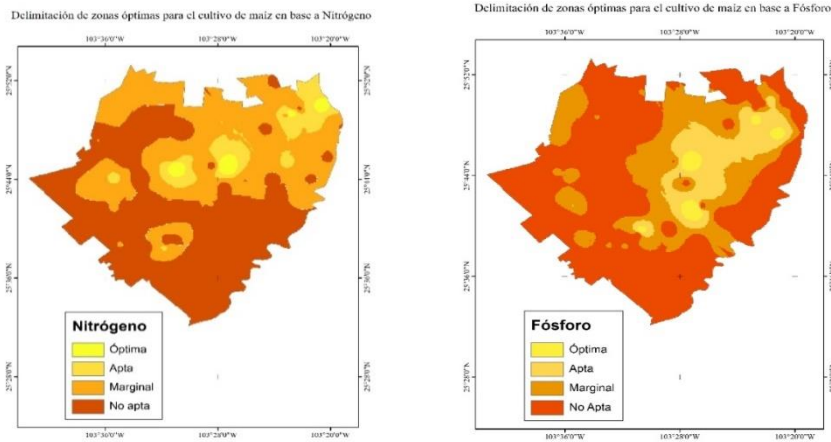


Figura 2. Zonificación de nitrógeno y fósforo encontrada para el establecimiento de maíz forrajero en el municipio de Gómez Palacio.

Al realizar la zonificación con la combinación de estas cuatro variables preliminares del total de variables consideradas para el estudio, se encontró que un 60% del territorio presento aptitud marginal y en segundo lugar en superficie se consideró zona apta, esta superficie se encuentra ubicada en la porción noreste del municipio, la cual debería ser considerada como un área compacta para la producción de maíz (Figura 3).

Zonas óptimas para el cultivo de maíz en el municipio de Gómez Palacio, Dgo.

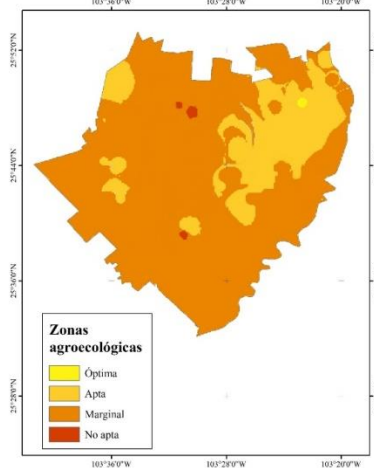


Figura 3. Zonificación agroecológica encontrada para el establecimiento de maíz forrajero en el municipio de Gómez Palacio.

### CONCLUSIONES

Teniendo como base los conocimientos existentes sobre las limitaciones de los suelos para la producción de maíz forrajero y sólo con carácter de orientación, se ha elaborado a escala de reconocimiento el Mapa de Aptitud de los Suelos del municipio de Gómez Palacio, donde se establecieron cuatro clases: La óptima, cuya distribución geográfica está representada por un núcleo muy pequeño en la parte norte del municipio, Las Aptas se encuentran



rodeando las óptimas y distribuidas en el noreste mayormente y otras zonas de menor tamaño en el noroeste. Aptitudes marginales y no aptas fueron la región de suelos con mayor área, poniendo de manifiesto que la producción de maíz debe ser considerada con cautela para evitar la aplicación excesiva de fertilización con fin de obtener altas producciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias.
- Calderón Puig, Alfredo A.; Marrero Cruz, Yosnel; Martín Cárdenas, José V.; Mayo, Isoel| la fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de sancti spiritus. Cultivos Tropicales, vol. 34, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 16-23 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.
- Chapin, F. S., P. A. Matson, and H. A. Mooney. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer. New York, NY, USA.
- Cha-Um, S., Y. Pokasombat and C. Kirdmanee. 2011. Remediation of salt-affected soil by gypsum and farmyard manure importance for the production of Jasmine rice. Aust. J. Crop. Sci. 5: 458-465.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2010. Región Hidrológica Administrativa 36 Nazas-Aguanaval Cuencas Centrales del Norte. SEMARNAT. México.
- Darwich N. 1984. Tecnología disponible para el cultivo de maíz en la zona sudeste de la Provincia de Buenos Aires. EEA INTA Balcarce.
- Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation, and yield. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
- Flores-López, H. E., R. Carrillo González, N. Francisco Nicolas, C. Hidalgo Moreno, J. A. Ruiz Corral, A. A. Castañeda Villanueva y R. Velazco Nuño. 2009. Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica "El Jihuite", en Jalisco, México. Agrociencia 43: 659-669.
- I.N.E.G.I. 2005 Anuario Estadístico de Durango. Edición 2005, México.
- IIASA/FAO. 2012. Global agro-ecological zones (GAEZ v3.0). IIASA and FAO. Rome, Italy. 360 p
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Marco geoestadístico estatal 2018.
- Mazuela, A. P. C. 2013. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. Revista de agricultura en zonas áridas. Vol. 31 núm. 2. Pp 3-4.
- Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Moreno D., R. 1992. Criterio para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Toluca. Toluca, Edo. de México. 25 p.
- Parra, U. J. G. 1989. Zonificación agroecológica para la producción de caña de azúcar en algunos estados de México. Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 176 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda técnica de Durango. Segunda edición. 176 pp.
- SAGARPA (Secretaría de agricultura, pesca y alimentación) 2017. Planeación agrícola nacional 2017 – 2030. Primera edición. (Consulta 07 -08-19) en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B\\_sico-Ma\\_z\\_Grano\\_Blanco\\_y\\_Amarillo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf)
- SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2009. Estudio técnico para el Ordenamiento ecológico y Territorial del municipio de Gómez Palacio, Durango. Resumen ejecutivo. Pag 63.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría, G. Studdert y G. Domínguez. 2000. Evaluation of the presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. Agron. J. 92:1176- 1183.

- Schlesinger, W. H., J. A. Raikes, A. E. Hartley, and A. F. Cross. 1996. On the spatial pattern of soil nutrients} in desert ecosystems. *Ecology* 77: 364-74.
- SEMARNAT y SRNyMA (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente). 2012. Estudio Técnico para el Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Gómez Palacio, Durango. Resumen Ejecutivo. 272 pp.
- Senigagliesi C., R. García y M.L. de Galetto. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosfatada en el área centro-norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. III Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Resumen Agrícola de Maíz por municipios. Consulta 13 de marzo del 2019 en
- Suquilanda Valdivieso, Manuel B.. UNICANC / FAO. Producción orgánica de maíz. Primera parte. Julio agosto 2018. Pag 30. Consulta (08/08/2019). <http://www.culturaorganica.com/html/viewer.php?ID=70&IDPAG=30>.
- Vitousek, P. M., J. Aber, R. W. Howarth, G. E. Likens, P. A. Matson, D. W. Schindler, W. H. Schlesinger, and G. D. Tilman. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: causes and consequences. *Ecol. Applic.* 7: 737-750.
- Whitford, W. G. 2002. *Ecology of desert systems*. Academic Press. Jamestown Road, London, UK.

## MONITOREO DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN EN MAÍZ Y SORGO BAJO DIFERENTES NIVELES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Brenda del Rocío Nava Joachin<sup>1\*</sup>, Arturo Reyes González<sup>2</sup>, Pablo Yescas Coronado<sup>3</sup>,  
Tanaita Nichte-Ha Argaez Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI, \*Estudiante de Postgrado. Ciencias en Irrigación. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Matamoros, Coahuila, México, <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI, Profesor Investigador. \*Autor para correspondencia: [brendiitta\\_nava@hotmail.com](mailto:brendiitta_nava@hotmail.com).

### INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país con una producción de 2 millones 507 mil 511 litros de leche en 2018 (Siglo de Torreón 2019), teniendo un inventario de 480 mil cabezas de ganado bovino. Por lo tanto, el establecimiento de cultivos forrajeros, los cuales son irrigados con riego por gravedad y de bombeo (Montemayor *et al.*, 2012), deben ser aplicados con mayor eficiencia. El sistema de riego por goteo subsuperficial es una alternativa para incrementar la productividad del agua en la agricultura (Yescas *et al.*, 2015). Con este sistema se tiene un ahorro de agua desde el 37 % (Montemayor *et al.*, 2012) hasta un 55 % con respecto al riego tradicional por inundación. En la comarca lagunera al igual que otras partes del país se ha utilizado el sistema de riego por goteo para irrigar los cultivos como el sorgo (*Sorghum vulgare*) (González *et al.*, 2011), Maíz forrajero (*Zea mays* L.) (Montemayor *et al.*, 2012), (Yescas *et al.*, 2015). Sin embargo, estas investigaciones se basan solo en el porcentaje de evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>) (100, 80, y 60 %) la cual es afectada por condiciones climáticas, sin tomar en cuenta las etapas de desarrollo del cultivo o coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>). Uno de los métodos más usados para estimar la evapotranspiración (ET) de los cultivos, se obtiene al multiplicar el valor de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>) por un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) (ET = ET<sub>r</sub> \* K<sub>c</sub>). (Allen *et al.*, 2006). El uso de los Índices de vegetación (IV) tal como el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se ha propuesto para estimaciones de ET de cultivo, principalmente por la facilidad de monitorear el desarrollo, y estimar el consumo de agua en los cultivos, en particular el NDVI se usan para obtener relaciones directas con los K<sub>c</sub> (Castañeda, *et al.*, 2015), mediante la fórmula de K<sub>c</sub>=1.2353\*NDVI+0.024 (Reyes, 2019). Por lo que el objetivo principal del presente trabajo es el monitoreo del índice de vegetación de los cultivos forrajeros como maíz y sorgo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros Coahuila, México. Ubicado a 25° 32' N y 103° 14' O, con altitud de 1100 msnm (Figura 1). En el ciclo de verano 2019.

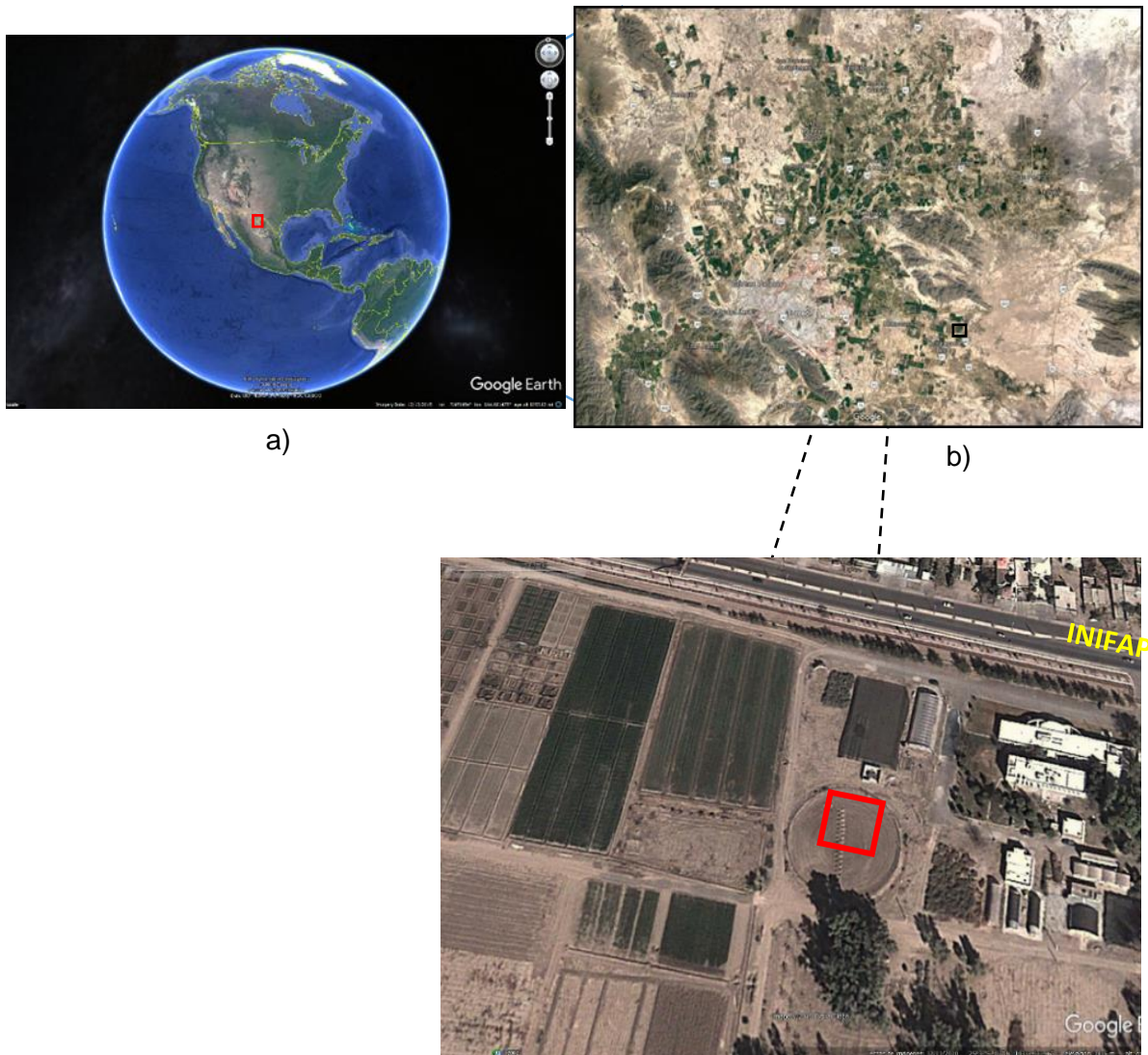


Figura 1. Área de estudio, a) mapa de México, b) mapa de la Comarca Lagunera y c) área de estudio (cuadro rojo).

La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastreo y nivelación, el material genético a utilizar fueron tres híbridos de maíz (H-431, H383 y SB 302) y dos de sorgo (supersorgo y sorgo silo miel). El diseño experimental fue una parcela dividida en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones donde la parcela grande fue el tratamiento de riego a) riego por goteo subsuperficial (RGS) en las que se aplicó el 100, 80, y 60 % de la evapotranspiración (ET) y un testigo riego por inundación, El tratamiento del 100% de ET se multiplico por un Kc, mientras las parcelas chicas fueron los cultivos.

La variable a evaluar fue el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Las mediciones de NDVI Se realizaron 15 Días después de la siembra (DDS) con intervalo de 7 días, a una altura de 0.6 m sobre el dosel del cultivo. Se realizó una medición por tratamiento y por repetición. Las mediciones se llevaron a cabo por la mañana con el equipo GreenSeeker, el cual fue diseñado por la Universidad Estatal de Oklahoma y comercializado por (NTech Industries Inc., Ukiah, CA, EE. UU). El GreenSeeker funciona dirigiendo la luz roja, así como el infrarrojo cercano al dosel del cultivo. El NDVI es calculado utilizando la reflectancia espectral de la banda visible e infrarrojo cercano utilizando la siguiente relación (Rouse *et al.*, 1973).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Dónde:

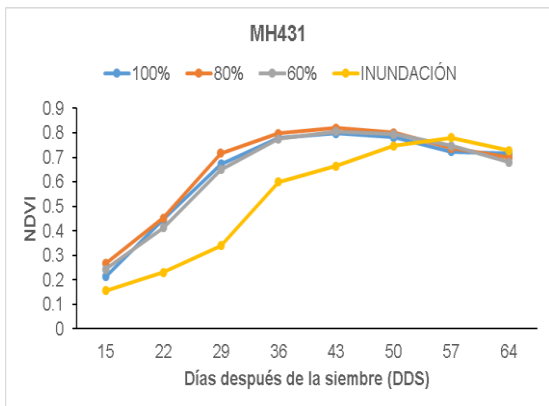
*NIR* y *Red*, son reflectancias en la longitud de onda del infrarrojo cercano (700 nm) y rojo (660 nm), respectivamente.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

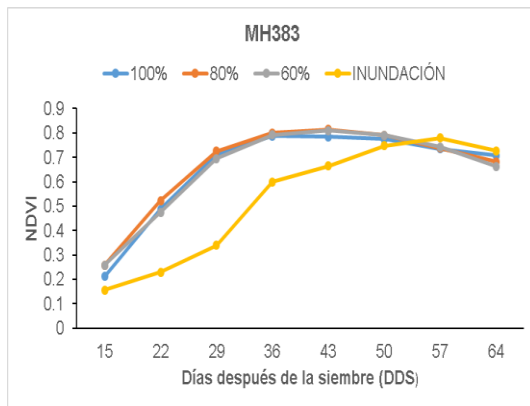
Los resultados de la progresión de NDVI para los híbridos en estudio se muestran en la figura 2 solo hasta los 64 DDS donde los valores mínimos encontrados fueron 0.15 en y 0.13 en el riego por inundación y un valor máximo de 0.80 y 0.82 en el tratamiento del 80% de ET, estos valores fueron encontrados en maíz y sorgo respectivamente. Los valores más altos de NDVI fueron a los 43 DDS en el cultivo de maíz en el tratamiento de 80%. En esta etapa el cultivo tiene mayor demanda de agua que posteriormente inician a bajar debido a que el cultivo llega a la formación de fruto y empieza decrecer y a perder turgencia en la

etapa de senescencia. En cuanto a los sorgos el que sobre sale más es el sorgo silo miel igual en el tratamiento de 80% ya que a los 50 DDS se obtuvieron los valores máximos.

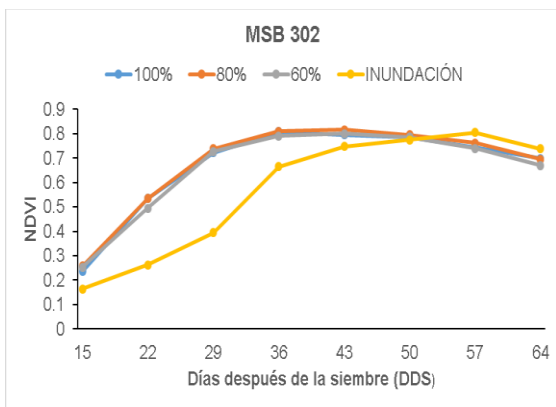
Los resultados de esta investigación fueron similares a los obtenidos en maíz en varios estudios con variaciones de la edad del cultivo cuando alcanzaron los máximos valores de NDVI, debido a diferencias en condiciones de clima y métodos de riego respecto a las ocurridas en la Comarca Lagunera. Asimismo, Hong *et al.*, (2007), observaron valores máximos de NDVI de 0.79 y 0.81 con el GreenSeeker en el cultivo de maíz durante dos años. Reyes-González *et al.*, 2019, encontraron valores máximos en maíz de 0.80 en la Comarca Lagunera.



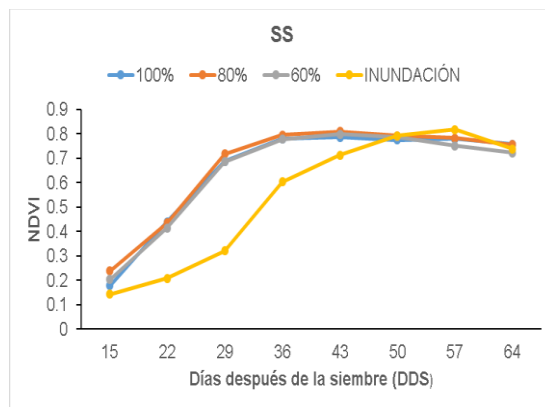
a)



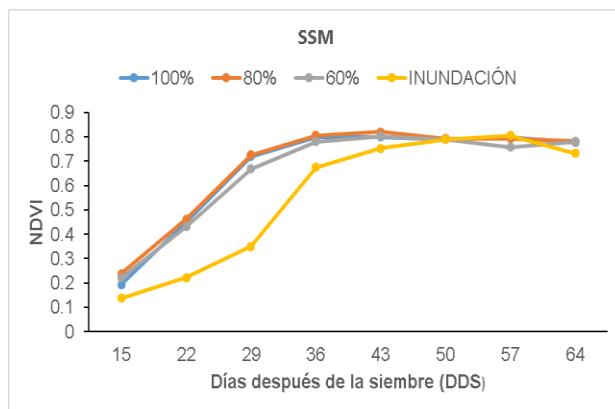
b)



c)



d)



e)

Figura 2: progresión de NDVI en los híbridos con respecto a los niveles de evapotranspiración e inundación.

En la figura 3 se muestra el comportamiento de los valores de NDVI de los 5 híbridos en los diferentes niveles de evapotranspiración y el riego por inundación. Donde al inicio de su crecimiento los cultivos presentaron valores más bajos en el tratamiento de riego por inundación, esto se debió a que se presentaba mayormente estresado, enseguida del 100%, y el 60% finalmente el 80% con los valores más altos respecto a estos. En el que a los 43 DDS el 60% y 100% llegaron a obtener valores similares, resaltando que el riego por inundación a los 57 DDS obtiene valores iguales a los antes mencionados para cierta fecha. Mencionando que los maíces inician a disminuir su valor de INDVI a partir de los 57 DDS en todos los niveles de evapotranspiración mientras los sorgos se mantienen en sus valores máximos excepto en el riego por inundación.

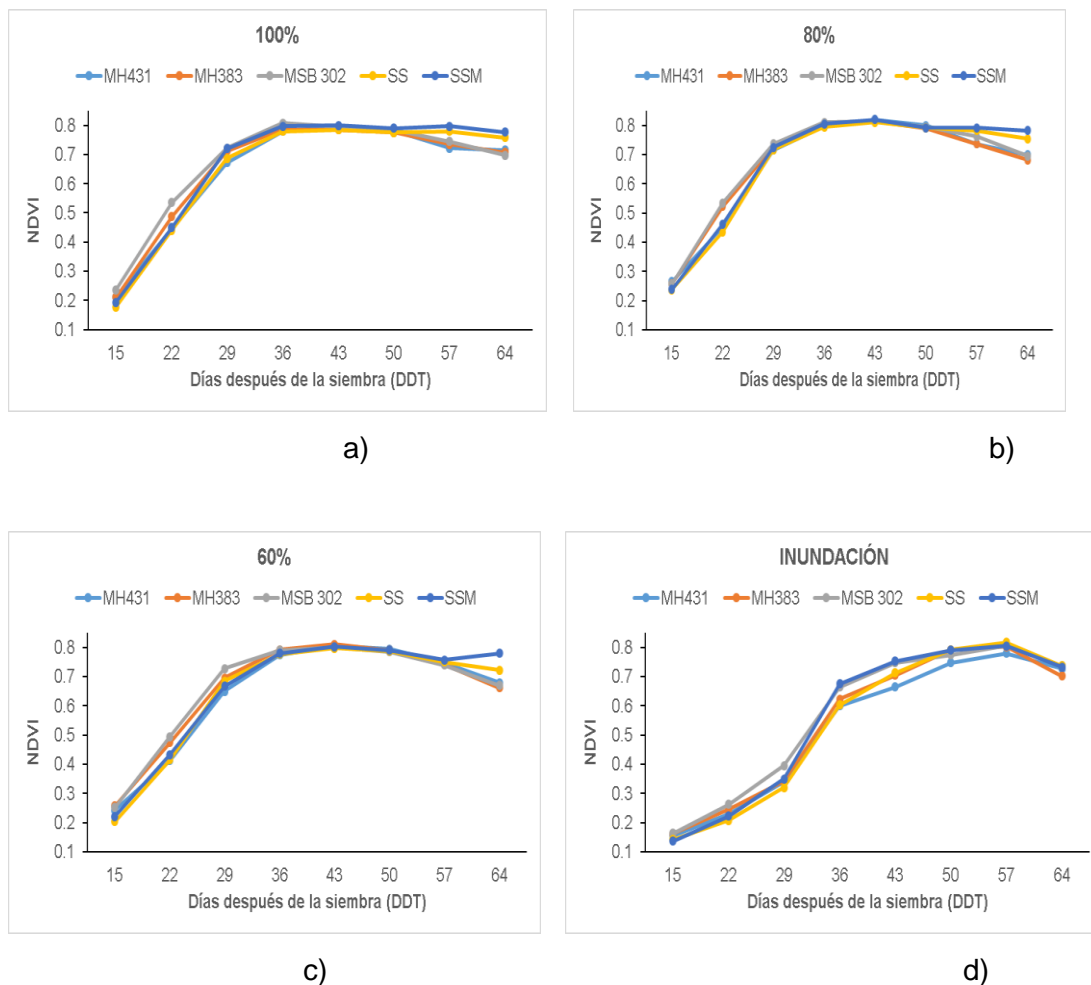


Figura 3. Comportamiento del NDVI en maíces y sorgos en los diferentes tratamientos de riego.



## CONCLUSIONES

De los valores de NDVI determinados en los diferentes híbridos, el riego por inundación fue el que presentó valores más bajos al inicio del crecimiento, y el 80% fue el que obtuvo valores más altos mientras el 100% y 60% de evapotranspiración mostraron una tendencia similar esto se debió que ambos estaban sometido a un estrés. Sin embargo, el 100% fue al que se le aplicó la fórmula de kc, disminuyendo la lámina de riego en la etapa inicial del cultivo. En conclusión, los valores preliminares de NDVI jugaron un papel importante en el monitoreo y la estimación y del consumo de agua en los cultivos de maíz y sorgo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G., Luis S., Pereira; Dirk, R., Martin, S. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Serie de Riego y Drenaje de la FAO No. 56. Roma.
- Castañeda, I. C. R., Martínez, M. M., Pascual, R. F., Flores, M. E., Fernández, R. D., Esparza, G. S., 2015. Estimación de coeficientes de cultivo mediante sensores remotos en el Distrito de riego Río Yaqui, Sonora, México *Agrociencia* 49: 221-232.
- El Siglo de Torreón. 2019. Resumen Comarca Lagunera 2019. Cía. Editora de la Laguna S.A de C.V. Torreón, Coahuila, México.80 p.
- González, R. F., Herrera, P. J., López, S. T., & Cid, L. G., (2011). Respuesta del sorgo al riego en dos épocas de siembra. Función agua rendimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1), 40-46.
- Hong, S., J. S. Schepers, D. D. Francis, and M. R. Schlemmer. 2007. Comparison of ground-based remote sensors for evaluation of corn biomass affected by nitrogen stress. *Soil Sci. Plant Anal.* 38: 22.
- Montemayor, T. J. A., Lara, M. J. L., Woo, R. J. L., Munguía, L. J., Rivera, G. M., & Trucíos, C. R. (2012). Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia*, 46(3), 267-278.
- Reyes-González, A., Reta, D. G., Sánchez, J.I., Ochoa, E., Rodríguez, K. y Preciado, P. (2019). Estimación de la evapotranspiración de maíz forrajero apoyada con sensores remotos y mediciones in situ. *Terra Latinoamericana*, 37, 279-290.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceeding of third ERTS symposium*, Washington, DC, USA, 10-14 December 1973; vol. 1, pp. 309-317.
- Yescas., P. (2015). Forrajero bajo riego por goteo subsuperficial. 26/05/19, de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIAL DE SAN ANTONIO DE LOS JACALES (PEÑÓN BLANCO, DURANGO), PARA USO AGRÍCOLA

Puente-Valenzuela C. O.<sup>1,2+</sup>, González-Barríos J.L.<sup>1</sup>, Czaja A.<sup>2</sup>, Estrada-Rodríguez J.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>.INIFAP Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. INIFAP. Km. 6.5 margen derecha canal Sacramento 35140 Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>.Centro de Estudios Ecológicos de la Facultad de Ciencias Biológicas UJED. Av. Universidad s/n fracc. Filadelfia cp. 35020 Gómez Palacio, Durango. México. +puente.cristo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

San Antonio de Los Jacales es un municipio perteneciente a Peñón Blanco Durango, México; el cual se dedica un 80 por ciento a la agricultura y ganadería. En la primera actividad predominan los cultivos de maíz, frijol, forrajes y hortalizas, la segunda es una actividad es el ganado bovino, porcino, equino y caprino (El siglo de torreon, 2006). Su agricultura es de temporal principalmente con una extensión de 34,800 ha y una producción de 92,501 ton en cereales, forrajes, hortalizas, leguminosas secas y oleaginosas; con respecto a la agricultura de riego se tienen 2,728 ha con una producción de 55,207 ton, en los mismos cultivos. de manera que la superficie de producción empleada para agricultura de riego representa solo un siete por ciento (Gobierno de México, 2017). La calidad del agua para uso agrícola debe ser analizada incluyendo parámetros que están dirigidos para lograr los mejores rendimientos, como lo son la conductividad eléctrica y el contenido de sodio, los cuales la FAO establece como parámetros para clasificar la calidad del agua (Ayers & Westcot, 1994); también deben incluirse parámetros que indiquen la integridad de la inocuidad o el peligro de contaminación de las cadenas tróficas derivadas de la actividad agrícola y de la zona donde esta se desarrolle. En México se han reportado regiones con fluorosis derivada del contenido de flúor en agua de bebida y alimentos (Aguilar-Díaz, Morales-Corona, Cintra-Viveiro, & Fuente-Hernández, 2017). Durango capital y municipios vecinos reportan prevalencia de fluorosis dental del 60 por ciento (Rodríguez, 2010). Representando un problema serio de salud pública por los efectos del flúor en la salud humana. El objeto de evaluar el agua del manantial es para conocer la factibilidad del uso de esta para la agricultura e impulsar la economía local en coordinación con programas como sembrando vida del plan de desarrollo nacional (Diario Oficial de la Federacion, 2019).

### MATERIALES Y METODOS

El área de muestreo fue San Antonio de los Jacales, municipio de Peñón Blanco Durango; se encuentra en las coordenadas:24.948320,-104.149044, en la cual se tomaron 8 muestras de agua según lo establecido en ISO 5667-6:1990; Recipientes herméticos, llenados en su totalidad para evitar el intercambio gaseoso y modificación de parámetros. Las muestras durante su transporte y almacenamiento fueron conservadas a 4 grados centígrados. El análisis de las muestras fue realizado en los laboratorios de Química

Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas, UJED y el Laboratorio de Agua, Suelo, Planta y Atmósfera del CENID-RASPA INIFAP, bajo la normativa aplicable para cada parámetro: pH (NMX-AA-008-SCFI-2011); Conductividad eléctrica (NMX-AA-093-SCFI-2000); Sólidos totales disueltos (NMX-AA-034-SCFI-2001); Cadmio, Calcio, Cobre, Cromo, Magnesio, Plomo, Potasio, Sodio y Zinc (NMX-AA-051-SCFI-2001); Fluoruros (NMX-AA-077-SCFI-2001); Cloruros, Carbonatos y Bicarbonatos (NOM-021-SEMARNAT-2000); Sulfatos (NMX-AA-074-SCFI-2014).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de la aplicación de las metodológicas citadas en material y métodos se enlistan en la tabla 1, en la cual también se indica el valor permisible y normativa aplicable para la interpretación de cada parámetro.

Tabla 1. . Resultados de Análisis de Calidad de Agua del manantial de San Antonio de Los Jacales, municipio de Peñón Blanco Durango

	Permisible	Arroyo	Tobogán	Lavadero	Poza 1	Poza 2	Poza 3	Presón 1	Presón 2
<b>Parámetros físicos</b>									
pH	6.5 – 8.5 <sup>*3</sup>	8.54	8.58	8.55	8.55	8.53	8.45	8.49	8.53
Conductividad Eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	< 2000 <sup>*3</sup>	1720	1540	1550	1610	1560	1790	1730	1590
Sólidos Totales Disueltos (STD, mg/L)	< 60 <sup>*1</sup>	925	826	828	862	837	972	927	856
<b>Cationes</b>									
Sodio ( $\text{Na}^+$ , mEq/L)	< 8.7 <sup>*3</sup>	15.13	15.30	15.13	15.13	15.30	15.65	16.35	14.96
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ , mEq/L)	< 25 <sup>*3</sup>	0.60	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.20
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ , mEq/L)		0.20	ND	ND	ND	ND	0.30	0.10	0.40
Potasio ( $\text{K}^+$ , mEq/L)	SR	0.23	0.23	0.20	0.23	0.20	0.23	0.23	0.23
<b>Aniones</b>									
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ , mEq/L)	< 25 <sup>*3</sup>	2.59	2.56	2.26	2.73	3.13	3.67	3.71	3.82
Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ , mEq/L)	< 16 <sup>*3</sup>	1.00	1.00	2.00	1.00	0.50	1.50	1.50	1.50

	Permisible	Arroyo	Tobogán	Lavadero	Poza 1	Poza 2	Poza 3	Presón 1	Presón 2
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mEq/L)	SR	5.00	5.00	4.00	4.50	6.00	5.00	4.50	4.50
Cloruros (Cl <sup>-</sup> , mEq/L)	<7.0 <sup>*3</sup>	2.75	2.75	2.75	2.50	3.00	2.75	3.00	2.75
<b>Microelementos</b>									
Cobre (Cu, mg/L)	< 6.0 <sup>*2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc (Zn, mg/L)	< 20.0 <sup>*2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Contaminantes</b>									
Cadmio (Cd, mg/L)	< 0.2 <sup>*2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo total (Cr, mg/L)	< 1.0 <sup>*2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo (Pb, mg/L)	< 0.4 <sup>*2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoruros (F <sup>-</sup> , mg/L)	< 1.50 <sup>*3</sup>	8.10	8.07	8.07	8.17	8.07	9.06	8.62	8.13

ND: Parámetro que no puede ser detectado por estar por debajo del límite detectable del instrumento analítico empleado para su cuantificación.

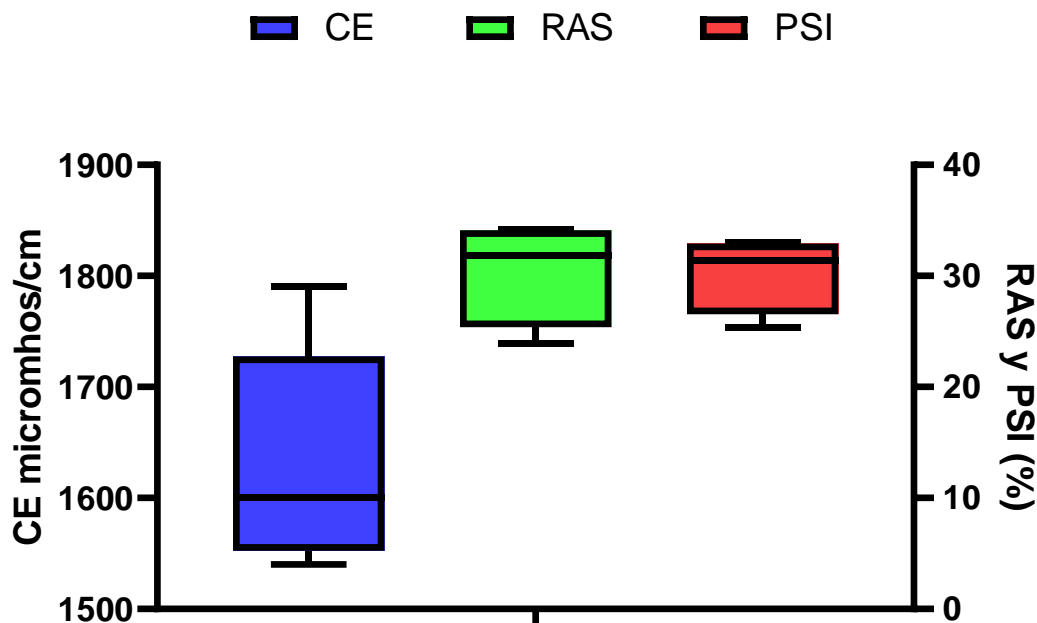
SR: Sin referencia aplicable al parámetro determinado para los fines especificados por el cliente.

\*1: Valor tomado de la tabla 2 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

\*2: Valor tomado de la tabla 3 de la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

\*3: Valor tomado de la tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Para fines de clasificación según los criterios establecidos por la FAO, en la figura 1 se grafica el promedio de la conductividad eléctrica (CE) y la relación de absorción de sodio (RAS), así como también el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) que presentaría la solución del suelo, según los valores de RAS.



Gráfica 1. Representación de los valores de Conductividad eléctrica (EC en microSiemens/cm), Relación de Absorción de Sodio (RAS) y el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI). Se grafica una  $n$  de 8 donde la amplitud de las cajas representa la desviación estándar y las barras a los valores extremos de cada parámetro, grafica generada en GraphPad Prims 8 for Windows 64-bit versión 8.2.0 (435), julio 16, 2019.

Es evidente que la clasificación del agua para su uso agrícola queda de la siguiente manera C3-S4, de acuerdo con el promedio del PSI  $30.24 \pm 4.41$  y una CE de  $1636.25 \pm 96.20$  microSiemens/cm; restringiendo su uso a suelos con buen drenaje o la utilización de practicas especiales como la aplicación de mejoradores de suelo (calcio y/o yeso). Esto limita a utilizar variedades de cultivos muy tolerantes a sales (750 – 2250 microSiemens/cm o 0.750 – 2.25 dS/m) (Bresel, McNeal, & Carter, 1982).

Entre los cultivos reportados con tolerancia a estos niveles de salinidad se tienen: Trigo (*Triticum aestivum*) con 4000  $\mu\text{S/cm}$ , Trigo duro (*Triticum turgidum*) con 3800  $\mu\text{S/cm}$ , Soya (*Glycine max*) con 3300  $\mu\text{S/cm}$ , Cebada (*Hordeum vulgare*) 5300  $\mu\text{S/cm}$ , Sorgo (*Sorghum bicolor*) 4500  $\mu\text{S/cm}$ , Calabacita (*Cucurbita pepo*) con 3100  $\mu\text{S/cm}$ . En cada caso reportando un rendimiento del 100 por ciento. Con rendimientos del 75 por ciento con tolerancia de salinidad superior al 1600  $\mu\text{S/cm}$ , además de los antes mencionados se tienen: Alfalfa (*Medicago sativa*), Maíz y maíz dulce (*Zea mays*) Frijol (*Phaseolus vulgaris*) con, Brócoli (*Brassica oleracea*), Tomate (*L. esculentum*), Pepino (*Cucumis sativus*), Apio (*Apium graveolens*), Papa (*Solanum tuberosum*), Pimiento (*Capsicum annum*), Lechuga (*Lactuca sativa*), Rábano (*Raphanus sativus*), Cebolla (*Allium cepa*), Zanahoria (*Daucus carota*) (Cortés Jiménez, Troyo Diéguez, & Garatuza Payán, 2009). Es importante destacar que la mayoría de los cultivos resistentes con rendimiento del 75 por ciento son hortalizas, las cuales pueden ser cultivadas en agricultura de traspatio, de explotarse este recurso con

las precauciones de la problemática del manejo inadecuado del agua, podría impulsar la economía local o el mercadeo entre los habitantes de estas regiones.

Otra característica del agua del manantial es su alto contenido de fluoruros los cuales sobrepasan la normativa vigente para su uso como agua potable (< 1.5 mg/L), esto implica un riesgo de contaminación de la cadena trófica y un potencial problema de salud pública. Existen reportes de niveles de flúor en pozos de la ciudad de Durango México, en un rango de concentraciones de 1.3 a 5.5 mg/L, quedando el 96 por ciento de 55 pozos analizados con concentraciones arriba de lo permisible (Trejo-Vazquez, Alarcón-Herrera, Martínez-López, Romero-Návar, & Salvador-Moysén, 1997). Soto-Rojas en su trabajo de revisión cita a Alarcón-Herrera y col. concentraciones de 16 mg/L en pozos del Valle del Guadiana México, donde se reportan niveles de prevalencia de fluorosis dental superiores al 85 por ciento (Soto-Rojas, Ureña-Ciret, & Martínez-Mier, 2004). En relación a los resultados encontrados en este trabajo las concentraciones de flúor en agua ponen en riesgo la salud de la población si hace de esta agua de uso; podrían manifestarse problemas de densidad ósea, problemas reproductivos entre otras afecciones. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2003).

### **CONCLUSIONES**

El uso del agua del manantial de San Antonio de los Jacales para agua de riego no es muy recomendable, por las implicaciones de problemas de salinidad que desarrollaría en los suelos y por la inminente contaminación de la cadena trófica por flúor. Sin embargo, su uso deberá de considerar aspectos de mitigación de los problemas potenciales antes citados y evaluar el costo beneficio de su aplicación.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2003). Toxicological Profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine. Atlanta, GA: U.S. : Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Aguilar-Díaz, F. d., Morales-Corona, F., Cintra-Viveiro, A. C., & Fuente-Hernández, J. (mayo-junio de 2017). Prevalence of dental fluorosis in Mexico 2005 - 2015: a literature review. *Salud Publica de Mexico*, 306 - 313.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1994). Water quality for agriculture. *FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER*, 29.
- Bresel, E., McNeal, B. L., & Carter, D. L. (1982). *Saline and Sadie Soils Principles-Dynamics-Modeling*. New York: Springer-Verlag.
- Cortés Jiménez, J. M., Troyo Diéguez, E., & Garatuza Payán, J. (2009). Folleto Técnico No. 66 Correlación entre indicadores de la calidad del agua para uso agrícola . Sonora Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias .
- Diario Oficial de la Federación. (12 de 07 de 2019). Plan de Desarrollo 2019 - 2024. Obtenido de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019)
- El siglo de torreon. (31 de 12 de 2006). el siglo de torreon. Obtenido de <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/253313.detonan-turismo-en-penon-blanco.html>
- Gobierno de México. (09 de 01 de 2017). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Rodríguez, L. (31 de mayo de 2010). El SIGLO DE DURANGO. Obtenido de <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/269449.el-60-de-la-poblacion-tiene-fluorosis-dental.html>

- Soto-Rojas, E., Ureña-Ciret, J. L., & Martínez-Mier, E. d. (2004). A review of the prevalence of dental fluorosis in Mexico. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, 9 -18.
- Trejo-Vazquez, R., Alarcón-Herrera, T., Martínez-López, Y., Romero-Návar, P., & Salvador-Moysén, J. (1997). Niveles de fluoruros en el agua de los pozos de la ciudad de Durango. *Ingeniería Hidráulica en Mexico*, XII(3), 51-57.

## **CUBIERTA FLOTANTE Y NIVELES DE HUMEDAD RELACIONADOS CON CRECIMIENTO Y FRUCTIFICACIÓN DE CHILE PARA SECADO EN ZACATECAS**

**Reveles-Hernández, M.; Cid-Ríos, J. Á.; Ramírez-Cabral, N. Y. Z.**

**Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 20.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., México. Tel 01 800 088 22 22 Extensión 82310. Correo electrónico: [reveles.manuel@inifap.gob.mx](mailto:reveles.manuel@inifap.gob.mx)**

### **INTRODUCCION**

El uso de cubiertas se han usado alrededor del mundo como una herramienta para incrementar la productividad de hortalizas, uno de los objetivos del uso de las cubiertas es proporcionar condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los cultivos, además, de favorecer un ambiente con mayor control de la incidencia de plagas y enfermedades (Matallana y Montero, 2001), para la protección de los cultivos se usan diversos materiales y estructuras que favorecen, de acuerdo a sus características, el desarrollo de diversos cultivos, y la solución de problemas de cada región específica (Díaz *et al.*, 2001; Ibarra *et al.*, 2000).

El uso de las cubiertas flotantes en cultivos agrícolas ha demostrado su utilidad en la protección contra heladas, acorta el periodo vegetativo del cultivo haciendo que se inicie de manera temprana la etapa reproductiva, incrementa rendimientos, brinda protección contra los vientos, ayuda a proteger contra vectores y a conservar el agua (Dickerson, 2004).

El control de los vectores como mosquita blanca se ha logrado cubriendo los cultivos con malla antiáfidos y con cubiertas de polipropileno para evitar el contacto del insecto con la planta durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, esta estrategia ha mostrado resultados favorables en cultivos como jitomate (Domínguez *et al.*, 2002; Ortiz *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que el uso de cubiertas flotantes de agrivelo en el cultivo de chile pueden incrementar la producción bajo ciertas condiciones ambientales o en combinación con el uso de acolchado (Ibarra *et al.*, 2001)

El objetivo del presente trabajo es determinar eficiencia y rentabilidad de la tela agrivelo y cuatro niveles de humedad del suelo sobre la producción de chile seco

### **MATERIALES Y METODOS**

El experimento se estableció el 30 de abril del 2018 donde se trasplanto manualmente plántula de Chile variedad CEZAC de 63 DDS, con una densidad de siembra de 45, 000 plantas por ha, los tratamientos establecidos son cuatro niveles de tensión de agua en el suelo en combinación con su etapa de desarrollo. Etapa uno (E1) = De siembra hasta inicio de floración y Etapa dos (E2)= De floración hasta madurez fisiológica. Dicha tensión se midió mediante el uso un TDR marca Spectrum modelo 350 previamente calibrados para la zona de estudio, con varillas de 12" (30 cm) de profundidad por duplicado para cada tratamiento. T1 = 35-32 y 35-32, T2=30-27 y 25-22, T3= 25-22 y 30-27 y T4=21-18 y 21-18 porcentaje de humedad volumétrica como lectura del sensor para E1 y E2 respectivamente.



El riego se aplicó cuando llega a su límite más bajo y se recuperó la humedad hasta su límite superior para cada tratamiento. El agua se aplicó con un sistema de riego por goteo con cintilla Aqua-Traxx Flow Control 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 se colocó un medidor volumétrico de 2" de diámetro en la parcela experimental para corroborar el volumen aplicado. La unidad experimental fue de 12 surcos de 0.76 m de ancho por 10 m de largo. La parcela útil será de dos surcos centrales con 2.5 m de largo; La cosecha de las plantas se realizó manualmente a fruto maduro y seco.

A Los 50 días después del trasplante se colocó la malla de velo agrícola marca Agribon® usando arcos de alambón colocados cada 5 m y tres hilos colocados horizontalmente sobre el alambón para sostener el velo, además se colocó un hilo de rafia cruzado atada a una estaca colocada a un costado de cada arco, lo anterior para sujetar desde afuera del arco al velo y evitar su movimiento con las corrientes de aire.

A los 150 días después del trasplante se realizaron mediciones de altura de planta, ancho de las mismas (cobertura), altura a la primera bifurcación del tallo, número de ramas, número de bifurcaciones y número de frutos por planta.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 aparece el análisis de varianza realizado para la altura promedio de planta de chile tipo mirasol en donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los factores evaluados ni entre la interacción de los factores nivel de humedad (Factor A) y cubierta con agrivelo (Factor B).

Cuadro 1. Análisis de varianza para la altura de planta de chile tipo mirasol con cuatro niveles de humedad y cubierta de agrivelo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	689.290	229.763	1.887	0.163
Factor A	3	389.350	129.783	1.066	0.385
Factor B	1	33.620	33.620	0.276	0.605
A x B	3	130.750	43.583	0.358	0.784
Error	21	2557.130	121.768		
Total	31	3800.140			

Los resultados indican que no existe efecto estadísticamente significativo entre los cuatro niveles de humedad evaluados, sin embargo, se nota una curva del efecto en donde se aprecia que a medida que se incrementa el nivel de humedad se incrementa la altura de planta hasta llegar al nivel 3 en donde se registra la mayor altura de planta, sin embargo, al llegar a nivel de humedad 4 el sentido de la curva cambia y se registra un menor crecimiento de la planta (cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de altura de planta por efecto cuatro niveles de humedad (Factor A) en cultivo de chile tipo mirasol.

A	Media
1	69.475
2	73.125
3	78.200
4	77.300

La altura de planta presenta datos similares por efecto del uso de cubierta, dado que, cuando la cubierta fue usada se registró una altura promedio de 75.55 cm, mientras que cuando no se usó la cubierta, la altura quedó en solo 73.50 cm de altura lo que significa una diferencia de solo 2.05 cm entre los dos tratamientos (cuadro 4).

Cuadro 3. Medias de altura de planta (en cm) por efecto del uso de cubierta de agrivelo (Factor B) en cultivo de chile tipo mirasol (B1= con cubierta, B2= sin cubierta).

B	Media
1	75.550
2	73.500

En el cuadro 6 aparece el análisis de varianza para el numero promedio de frutos por planta de chile seco sometido a cuatro niveles de humedad y el uso de cubierta de agrivelo, solo se encontraron diferencias altamente significativas para el factor A, correspondiente al nivel de humedad usado durante el ciclo de cultivo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el uso o no de agrivelo (factor B), tampoco se observó efecto estadísticamente significativo para la interacción entre los tratamientos evaluados.

En el cuadro 5 se presentan las medias de numero de fruto en donde se parecía que los niveles de humedad 1, 2 y 3 son estadísticamente iguales entre ellos, pero estadísticamente superiores al nivel de humedad 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de frutos por planta de chile tipo mirasol con cuatro niveles de humedad (factor A) y cubierta de agrivelo (factor B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	322.245	107.415	3.121	0.048
Factor A	3	522.975	174.325	5.065	0.009
Factor B	1	0.980	0.980	0.028	0.868
A x B	3	117.360	39.120	1.137	0.357
Error	21	722.715	34.415		
Total	31	1686.275			

Cuadro 5. Comparación de medias por DMS para el número de frutos por planta de chile tipo mirasol con cuatro niveles de humedad (factor A)

A	Media	0.05
1	29.425	a
2	29.275	a
3	23.625	ab
4	19.825	b
DMS	6.101	

Al revisar las medias para el número de frutos por planta se aprecia que son muy similares los datos que se presentan en el cuadro 6, lo que hace suponer que el uso de agrivelo no tuvo efecto sobre este indicador de productividad.

Los resultados obtenidos no coinciden con los reportados por Bahena-Delgado y colaboradores (2011), quienes encontraron efecto del uso de la cubierta flotante sobre la fructificación de chile criollo.

Cuadro 6. Comparación de medias por DMS para el número de frutos por planta de chile tipo mirasol con cubierta de agrivelo (factor B)

B	Media
1	25.363
2	25.713

## CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el uso o no del agrivelo como cubierta sobre la altura de plantas del cultivo de chile, se encontró efecto al uso de láminas de riego sobre el número de frutos. No se detectó interacción entre al uso de agrivelo y las láminas de riego evaluadas.

## BIBLIOGRAFIA

Bahena-Delgado G.; Bustos-Rangel A. J.; Broa-Rojas E.; Jaime-Hernández, M. Á. 2012. Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. Ingeniería Agrícola y Biosistemas 4: 19-24,

- Díaz, S., T.; Espi G. E.; Fontecha R. A.; Jiménez G. J. C.; López G. J.; Salmerón C. A. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Ed Mundi-prensa España. 320p
- Dickerson G. W. 2004. Row Cover Vegetable Production Techniques. Guide H-251. New Mexico State University. NMSU and the U.S. Department of Agriculture cooperating. 4p
- Domínguez T. A., García P. E., Pacheco V. J. E., Villanueva-Jiménez J. A. y Téliz O. D. 2002. Control de mosquita blanca y virosis en jitomate con cubierta flotante en Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:311-316
- Ibarra J. L.; Fernández B. J. M.; Rodríguez H. S. A.; Reyes L. A.; Díaz P. J. C.; Hernández M. J. L.; Farías L. J. 2000. Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimiento morrón y melón. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 1: 1-15
- Ibarra, J. L.; Fernández B. J. M.; Munguía L. J.; Rodríguez H. S. A.; Díaz P. J. C.; Hernández M.; J. L.; Farías L. J. 2001. Análisis del crecimiento de melón y pimiento con acolchado y microtúnel. *Rev. Fitotecnia* Vol. 24 (1).
- Matallana A. y Montero J.I. 2001. *Invernaderos, Diseño, construcción y ambientación*. ED. Mundi-prensa, España. 209 p
- Ortiz C. M., Medina T. R., Valdivia B. R., Ortiz C. A., Alvarado C. S. y Rodríguez B. J. R. 2010. Mosquitas blancas plaga primaria de hortalizas en Nayarit. *Revista Fuente* 2:31-39

## VELOCIDAD INICIAL DE DEGRADACIÓN DE SEMILLAS DE CALABACILLA LOCA, GIRASOL Y FRIJOL MEDIANTE ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL EN BOVINOS

Reveles Saucedo Fanny Olivia<sup>1\*</sup>, Carrete Carreón Francisco Oscar<sup>1</sup>, Gallegos de la Hoya Mayela Patricia<sup>1</sup>, Herrera Torres Esperanza<sup>1</sup>, Pereda Solís Martín Emilio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.

<sup>2</sup>Instituto 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 digestión total en rumiantes está dada por la velocidad de digestión que se refiere a la fracción del alimento digerido por unidad de tiempo y por la velocidad de paso de residuos no digeridos la cual indica el tiempo de residencia del alimento en digestión a lo largo del tracto digestivo (Van Soest, 1983). El número de técnicas para evaluar la digestión de los alimentos en rumiantes es variado. Estas técnicas pueden desarrollarse *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. El método *in situ* se desarrolló para evitar errores detectados en las observaciones realizadas en la digestibilidad *in vitro*, las cuales se realizan en ambientes altamente controlados y artificiales. En este método, la velocidad de digestión es conocida como velocidad de degradación o tasa de degradación ya que se realiza en condiciones similares al sistema natural de digestión. Este método se basa en incubar bolsas de nylon conteniendo muestras a evaluar dentro del rumen de un animal canulado, durante diferentes periodos de tiempo.

Los datos de degradabilidad *in situ* de un ingrediente alimenticio con periodos de incubación variados son ajustados a modelos cinéticos, lo que permite una mayor aproximación a la degradabilidad *in vivo* (Moore *et al.*, 1989) mejorando la precisión para balancear raciones alimenticias (Siciliano-Jones, 2011). Por ende, su uso en la determinación de digestión de alimentos fibrosos es muy extendido. Los modelos exponenciales permiten explicar el perfil de degradación observado en una infinidad de alimentos (Reveles *et al.*, 2016) obteniéndose una tasa de degradación constante a lo largo de periodos largos de evaluación (0-144 h). Existen materiales dietarios que no presentan una degradación uniforme a lo largo del periodo de incubación, por lo que modelos como el logarítmico, Weibull podrían ser de utilidad. Por ejemplo, modelos matemáticos de dos compartimentos con tasa variable de degradación en un compartimento y tasa constante en el otro

compartimento han presentado mejor ajuste que el modelo exponencial tradicional en ciertos ingredientes (Serna *et al.*, 2011).

En esos casos, los modelos de regresión lineal no tienen mucho que aportar. No obstante, en ingredientes rápidamente fermentables, por su alto contenido de carbohidratos solubles, presentan velocidades de degradación mayores a las de forrajes específicamente durante las primeras horas de incubación ruminal, el modelo de regresión lineal simple, sí puede proporcionar un mejor ajuste a los datos. Así, los datos de velocidad de degradación inicial pueden beneficiar a los productores en la selección y proporción adecuada de los ingredientes disponibles en la localidad para formulación de dietas.

Además, así evitar trastornos digestivos en los animales (acidosis) y consecuente disminución en el comportamiento productivo ocasionado por alimentos con altas velocidades de degradación debido a su contenido de carbohidratos no fibrosos. Por ello, dando seguimiento al análisis de trabajos previos, el objetivo del presente estudio fue determinar la velocidad inicial de degradación *in situ* de semillas de calabacilla loca, girasol y frijol mediante regresión lineal simple.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se utilizaron semillas de calabacilla loca (*Cucurbitafoetidissima*), girasol (*Helianthusannuus*) y frijol (*Phaseolusvulgaris L.*) proporcionadas por el INIFAP-Dgo. El trabajo experimental se llevo a cabo en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango y en la unidad metabólica del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Con fines de generar aprovechamiento a diferentes fracciones de las especies utilizadas, las semillas se deshidrataron al sol y se molieron a un tamaño de partícula de 2 mm (Thomas-Willey Miller Lab, Model 4) para obtención de harinas que permitiesen un mejor manejo y conservación. Posteriormente, se extrajo aceite a las harinas de calabacilla loca y girasol mediante el procedimiento en frio descrito en Reveles y colaboradores (2010).

La composición química de los ingredientes utilizados se muestra en el Cuadro 1. La degradación *in situ* se realizó en dos vacas adultas de 450 kg de peso vivo, de la raza

Holstein y fistuladas del rumen, siguiendo el procedimiento detallado por Reveles y colaboradores (2016) y con periodos de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 y 144 h por duplicado en cada uno de los dos animales. Para fines del presente trabajo, se utilizaron los porcentajes de desaparición de materia seca aún no reportados para construir curvas de cinética de degradación de las especies utilizadas. La curva de cinética de digestión de cada muestra se ajustó al modelo de regresión lineal (0-12 h de fermentación)  $Y = a + k t$  donde "Y" es la fracción digerida al tiempo "t", "a" es la desaparición inicial al tiempo = 0 y "k" es la tasa de velocidad de degradación. Para determinar las ecuaciones se utilizaron los programas Excel 2010 y Curve Expert 1.4.

Se utilizó un diseño completamente al azar. Las velocidades de degradación inicial de cada ingrediente en cada uno de los animales, se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM del programa estadístico NCSS 2000. Se utilizaron dos repeticiones (animales) por duplicado cada una, siendo la especie vegetal el factor principal y la variable respuesta la velocidad de degradación. La comparación de medias se realizó usando la diferencia mínima de cuadrados de Fischer.

**Cuadro 1. Composición química de las semillas evaluadas (% en base seca).**

Especies	PC	GC	FC	CNE	HEM	CEL	LIG	MI
Calabacilla Loca	45.1	7.7	26.2	1.0	11.7	16.6	10.4	6.8
Girasol	42.5	7.3	19.4	3.7	13.2	18.0	8.0	7.0
Frijol	17.7	0.6	4.9	23.9	42.9	11.3	0.4	3.2

PC= proteína cruda; GC=grasa cruda; FC= fibra cruda; CNE= carbohidratos no estructurales; HEM= hemicelulosa; CEL= celulosa; LIG= lignina; MI= materia inorgánica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre las especies para la variables considerada (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Media de la velocidad de degradación inicial<sup>1</sup> 0-12 h de las especies evaluadas con su correspondiente ecuación.**

Especie	Velocidad de degradación inicial de % MS h <sup>-1</sup>	Ecuación Y=a + k(t)
Frijol	5.09 <sup>a</sup>	Y= 21.71 + 5.085 (t)
Girasol	2.43 <sup>b</sup>	Y= 40.03 + 2.438 (t)
Calabacilla Loca	1.84 <sup>b</sup>	Y= 45.25 + 1.844 (t)
Promedio	3.12	
Error estándar	0.16	

<sup>a-b</sup>Literales diferentes en la misma columna expresan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ); <sup>1</sup>=Promedio de dos repeticiones por duplicado cada una; MS= materia seca.

El frijol presentó la tasa de degradación mayor y diferente (5.09 % h<sup>-1</sup>) al resto de las especies evaluadas. Este valor indica que la harina de frijol se degrada un 5.09% de MS en cada hora, llegando a una degradación del 87.4% a las 12 horas (Cuadro 3). Por otra parte, la semilla de girasol desengrasada presentó una velocidad de degradación mayor numéricamente a la tasa presentada por la calabacilla loca, aunque estadísticamente similar ( $p < 0.01$ ). La degradación total de MS del girasol a las 144 h fue en promedio 74.8% (Cuadro 3), de ese valor el 91.1% se degradó tan solo a las 12 horas iniciada la digestión, con una velocidad de 2.43% h<sup>-1</sup>.

En el caso de la calabacilla loca que presenta un elevado contenido de proteína cercano al girasol, su tasa de degradación fue menor al presentar una desaparición del 1.84% de MS por hora, hasta alcanzar una degradación del 68.2% a las 12 h (Cuadro 3), valor correspondiente al 98.4% del total de MS degradada a las 144 h. Estos valores proporcionan información novedosa por lo que aún no pueden ser discutidos con resultados de otros autores.



**Cuadro 3. Valores promedio<sup>1</sup> de desaparición de materia seca total a las 144 h, la acumulada a las 12 h y su relación porcentual, obtenidas *in Situ*.**

<b>Especie</b>	<b>Desaparición de MS (%) total a las 144 h de incubación</b>	<b>Desaparición de MS (%) total a las 12 h de incubación</b>	<b>% de la Desaparición de MS a las 12 h respecto al total obtenido</b>
Frijol	99.8	87.4	87.6
Girasol	74.8	68.5	91.6
Calabacilla Loca	69.3	68.2	98.4

<sup>1</sup>=Promedio de dos repeticiones por duplicado cada una; MS= materia seca.

Es importante hacer notar que las velocidades de degradación presentadas por estas muestras son altas y corresponden a los granos rápidamente fermentables como por ejemplo, el trigo que puede presentar tasas del 2.83% h<sup>-1</sup> de desaparición de materia orgánica (Reveles 2002). Con los datos aquí presentados y calculando la velocidad de degradación de las muestras, se obtuvieron valores del 4.93%, 2.26% y 1.72% de desaparición de MO para el frijol, girasol y calabacilla loca, valores cercanos (girasol y calabacilla loca) y mayores (frijol) al grano de trigo.

Para el productor, el conocer estos valores resultan de suma importancia, ya que al conocer que los granos de cereales con alto contenido de carbohidratos solubles y altas velocidades de digestión, pueden evitar disminuciones severas del pH ruminal y consecuente daño al bienestar y producción animal. Así mismo, con un adecuado balanceo de raciones, estos ingredientes alimenticios son una buena alternativa disponible en la región para mejorar el contenido proteico y energético a corto plazo para el animal.

### CONCLUSIONES

El modelo de regresión lineal explica y predice adecuadamente el comportamiento cinético de semillas de frijol y semillas desengrasadas de girasol y calabacilla loca durante las primeras 12 h de digestión *in situ*. En Durango existen materias primas que tienen potencial como ingrediente dietario ya que presentan tasas de degradación rápidas por lo que con una correcta formulación, pueden aportar nutrimentos a corto plazo para el animal.

## AGRADECIMIENTOS

Al: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango por el financiamiento del proyecto, al Dr. Rigoberto Rosales Serna. INIFAP-Dgo. y Dr. Carlos Urban. Häubi Segura. Centro de Ciencias Agropecuarias, UAA por su valiosa participación en la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Moore, J.A.; Poore, M.H.; Swingle, R.S. 1989. Calculated ruminal extent of digestion as influenced by in situ particle size, forage dosing time, and sampling site in Holstein cows. J. Anim. Sci. 67 (Suppl. 1): 554 (Abstr.).
- NCSS. Statistical System for Windows. User's Guide -1. 2000. Publicado por Numbr Cruncher Statistical Systems, Dr. Hintze K JL., Utah USA.
- Reveles, S.F.O. 2002. Producción de gas en fermentaciones de grano d trigo como indicador de la digestión en rumiantes. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Reveles, S.F.O.; Serna, C.N.G.; Carrete, C.O.F.; Rosales, S.R.; Delgado, L.E. 2010. Primer Congreso Multidisciplinario de Ciencias Aplicadas en Latinoamérica (COMCAPLA). Realizado del 9 al 12 de Noviembre, 2010 en Granada, Nicaragua.
- Reveles, S.F.O.; Carrete, C.F.O.; Rosales, S.R.; Serna, C.N.G.; Häubi, S.C.U.; Toca, R.J.A.; Gallegos, D.L.H.M.P. 2016. Caracterización y parámetros degradativos de pasta de calabacillo loca, harinas de mezquite, huizache, frijol y sorgo dulce híbrido en bovinos productores de leche. AGROFAZ. 16(1). Pp:13-25. Durango, Mex.
- Serna, C.N.G.; Carrete, C.F.O.; Rosales, S.R.; Murillo, O.M.; Häubi, S.C.U.; Reveles, S.F.O. 2011. Descripción del perfil degradativo *in situ* de semilla de huizache y vaina de mezquite mediante modelos no lineales de dos compartimentos. Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo., pp:1255-1258.
- Siciliano-Jones, J. 2011. Using digestibility values in ration formulation. F.A.R.M.E. Institute, Inc. Ohio State University. USA. Consultado el 10 de Agosto de 2018. <http://www.farme.com/assets/articles/Tristate%20Nutrition%20Comf.htm>.
- Van Soest, P.J. 1983. Part IV Gastrointestinal fermentation. In: Nutritional Ecology of Ruminant. Edited by Van Soest P.J. pp: 152-229.

## **PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA DEL AGUA EN ZARZAMORA (*Rubus spp L.*) y FRESA (*Fragaria vesca L.*) EN EL DR-061 ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO**

**Ríos Flores José Luis<sup>1</sup>, Chávez Rivero José Antonio<sup>2</sup> y Hernández Nava Angélica<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Profesor Investigador, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez Km. 40, Bermejillo estado de Durango. Email: [yukov1234@hotmail.com](mailto:yukov1234@hotmail.com). <sup>2</sup>Profesor de Asignatura, Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera el Vergel-La Torreña Km 0.820, El Vergel, Gómez Palacio Estado de Durango. <sup>3</sup>Alumna de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Gómez Palacio.

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente el agua aprovechable para el ser humano ha disminuido en gran manera ya que más del 80% de esa agua va destinada a la agricultura y la ganadería, a su vez el 7.7% se encuentra en presas hidroeléctricas, el 4% es para uso industrial y el 2.3% para uso urbano. (Mazari, 2003) . Con estas cifras se destaca la importancia que tiene la agricultura en el desafío de lograr la optimización del agua disponible en la tierra para cubrir las necesidades de un número creciente de usuarios (FAO, 2002). Para medir el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos, Hoekstra et al. (2009) mencionan el concepto de “Huella Hídrica” como un indicador sobre el uso del agua, la cual resulta de sumar el agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la que es necesaria para producir los bienes y servicios que consume. Se expresa en términos del volumen de líquido utilizado por año. Este indicador nos permite conocer la cantidad de agua que aprovecha una persona.

Para contribuir en relación al agua utilizada en la agricultura Kijne, Barker y Molden (2003) establecieron el concepto de productividad del agua como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento.

Al conocer que el agua es realmente escasa, se hace de vital importancia desarrollar conceptos y herramientas que delimiten su uso. Económicamente hablando existen tres niveles diferentes para los recursos hídricos. El primero hace referencia al nivel de usuario, es decir, es el nivel en el que se puede aumentar la “eficacia del uso del agua local”, donde el precio actual y la tecnología son dos componentes importantes. El segundo nivel tiene como fin asignar los recursos hídricos disponibles para los bienes y servicios, este nivel determina la “eficiencia de asignación de agua”. En torno a la disposición de agua en el mundo, se dice que está misma, en algunas partes es escasa, mientras que en otras es abundante, así como en algunas partes hay poca demanda y en otras alta demanda. Es aquí donde entra el tercer nivel, “eficacia global del uso del agua”. En síntesis los tres niveles buscan hacer eficiente el uso del agua frente a su asignación y disponibilidad (Hoekstra & Hung, 2002).

México ocupa el quinto lugar en cuanto a producción de fresa con un total de 458,972 ton de la producción mundial, siendo el estado de Michoacán el mayor productor (FAO, 2014) .Así como en la producción de zarzamora, resalta como uno de los principales países productores a nivel mundial con una producción total 118,128 ton (SAGARPA, 2012). La importancia social y económica que tienen actualmente las frutillas, representa uno de los

pilares que soportan la economía de estas regiones, pues se generan miles de empleos directos e indirectos, ya que tienen una alta demanda de mano de obra, insumos para la producción y empaque (ANEVERRIES, 2014).

La producción de zarzamora en México ha tenido un importante crecimiento en los últimos quince años, ya que ha pasado de una superficie de cerca de 1,200 ha en el año 2000 a una superficie diez veces mayor en el año 2014, de la que el 96% es de riego. En consecuencia el volumen se ha incrementado de 14 mil a 153 mil toneladas en ese periodo (SHCP y FND, 2015 a).

El cultivo de fresa genera en el país el 1.1% del valor generado por el sector agrícola, cerca de 4,200 mdp, además de ser un importante producto de exportación. Se estima que a lo largo de la cadena agroindustrial de la fresa se generan 15,000 empleos directos y 4,500 indirectos (SHCP y FND, 2015 b).

El municipio de Zamora, perteneciente al DR-061 Michoacán destaca por ser uno de los principales productores de fresa a nivel estatal y nacional, con una superficie sembrada de 4,897.63 ha el cual genera una ganancia de MX\$ 465,2416.91. También tenemos al cultivo de zarzamora con una superficie sembrada de 8607.04 ha, la cual deja una ganancia de MX\$ 814,7343.57. La mayor parte del sembradío es bajo sistema de riego (SIAP, 2016). Por lo antes mencionado, la presente investigación tiene objetivo general determinar la huella hídrica azul (HHA) para el cultivo de zarzamora (*Rubus spp. L.*) y fresa (*Fragaria vesca L.*) mediante indicadores de eficiencia y productividad física, económica y social del agua usada en la producción, así como la distribución de la riqueza generada y la productividad laboral y del capital en el DR-061 de Zamora, Michoacán, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes de información

Para calcular la huella hídrica azul en los cultivos seleccionados de zarzamora y fresa en el Distrito de Riego 061, municipio de Zamora, Michoacán, se utilizaron diferentes índices, entre ellos el índice de eficiencia económica, eficiencia física y la eficiencia social, así también la determinación de variables como la superficie cosechada, valor bruto de la producción, producción física anual, costos por ha, precio por tonelada, la productividad, cálculo de lámina de riego para ambos cultivos, la eficiencia de conducción hídrica y número de jornales correspondientes de cada cultivo.

### Base de Datos y Variables

Estudios previos sobre la huella hídrica (HH), evaluada mediante indicadores de productividad física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) del agua de riego usada en la agricultura, permiten usar los modelos matemáticos si el objetivo es obtener las HHF, HHE y HHS de un cultivo en lo individual (Rios et al, 2018 ) o las HHS, HHE y HHS de un conglomerado de cultivos (Rios et al, 2015), o bien, índices de productividad social del capital las cuales se estiman mediante los cocientes señalados en el cuadro 1, en el que usan las siguientes variables macroeconómico-agrícolas señaladas a continuación:

Significado de las literales en los modelos:

RF<sub>i</sub> = Rendimiento físico del i-ésimo cultivo (en ton ha<sup>-1</sup>).

LR<sub>i</sub> = Lámina de riego del i-ésimo cultivo (en m).

EC<sub>i</sub> = Eficiencia de conducción hidráulica del i-ésimo cultivo. 0 < EC < 1 .

Si = Superficie cosechada del i-ésimo cultivo (en ha).

Pi = Precio del producto del i-ésimo cultivo (en US\$ ton<sup>-1</sup>).

PC = Paridad cambiaria, pesos mexicanos (MX\$) por cada USD.

Ci = Coste de producción por hectárea del i-ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

gi = Ui = Ganancia por hectárea del i-ésimo cultivo (en US\$ ha<sup>-1</sup>).

Ji = Número de jornales invertidos por hectárea en el i-ésimo cultivo.

i = i-ésimo cultivo bajo una forma concreta de riego (bombeo, gravedad).

288 = Número de jornadas al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana, por 48 semanas al año.

Los modelos de Rios et al (2018) para las huellas hídricas (HH) física (F), económica (E) y Social (S) fueron:

$$HHF = 10^4 LR_i (RF_i EC_i)^{-1}$$

$$HHE = 10^4 LR_i (EC_i * g_i)^{-1}$$

$$HHS = (25/72) * (J_i / (LR_i / EC_i))$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del Cuadro 1, donde se señalan las huella hídricas física (HHF), económica (HHE) y social (HHS), se observa para la HHF en su forma de índice de eficiencia en el uso del agua utilizada en la producción, que en el DR061 Zamora, Michoacán, fue de 694 L kg<sup>-1</sup>, 5.7 veces la cantidad de agua que se demandó para producir el mismo kg, pero de fresa, ya que ésta fue igual a solamente 122 L kg<sup>-1</sup>. La HHF en su forma de índice de productividad, según se muestra en el cuadro 1, se elevó a solamente 1.44 kg m<sup>-3</sup> en el cultivo de zarzamora, equivalente a solo el 18% del nivel de productividad física determinado para la fresa, ya que en este cultivo un m<sup>3</sup> de agua usada en la producción produjo 8.17 kg de producto físico.

Cuadro 1: Indicadores de las huellas hídricas física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) mediante indicadores de eficiencia y productividad del agua usada en la producción en los cultivos de zarzamora (*Rubus spp. L.*) y fresa (*Fragaria vesca L.*) en el DR061 Zamora, Michoacán, México, 2016.

Tipo de huella	Tipo de indicador	Expresado en:	Zarzamora	Fresa	Zarzamora/fresa
HHF	Eficiencia	L kg <sup>-1</sup>	694	122	5.7
	Productividad	Kg m <sup>-3</sup>	1.44	8.17	0.18
HHE	Eficiencia	m <sup>3</sup> por cada USD de ganancia	0.460	0.279	1.65
	Productividad	Ganancia (USD) m <sup>-3</sup>	\$2.17	\$3.59	0.61
	Productividad	Salarios (USD) m <sup>-3</sup>	0.34	0.24	
HHS	Eficiencia	m <sup>3</sup> por empleo generado	8,972	12,917	0.69
	Productividad	empleo hm <sup>-3</sup>	111.46	77.42	1.44

La HHF es un indicador que podría fácilmente encasillarse en el ámbito ecológico, pues refiere a cuánta agua se usa en uno o en otro producto, no obstante, dada la diferente naturaleza, dado el diferente valor de uso de productos diferentes, es difícil comprender o más aún, inferir acerca del mayor o menor índice de eficiencia o productividad del agua, lo cual se zanja cuando el producto físico es multiplicado por el precio por unidad, pues de esa manera se obtiene un primer indicador de naturaleza monetaria, el *ingreso* generado por m<sup>3</sup> de agua, no obstante, el ingreso monetario no deviene en una “buena” variable económica del producto monetario, toda vez que no han sido descontados los costos incurridos en la producción, para de esa manera saber si se generó o no un remanente arriba de los costos, por lo que, al descontarse al ingreso el correspondiente costo incurrido, se obtiene la *ganancia*, variable monetaria de mayor significado y relevancia que el ingreso. Así, el cuadro 1 muestra la HHE medida como un índice de *productividad* del agua usada en la producción (medida como la cantidad de ganancia generada (en USD))

por m<sup>3</sup> de agua usado en la producción) o bien, medida como un índice de *eficiencia* con que se usó el agua en la producción (mediante la cantidad de m<sup>3</sup> de agua usada en la producción necesarios para producir un dólar norteamericano de ganancia).

Con base en lo anterior, es fácil denotar que en el cuadro 1 se observa que el cultivo de zarzamora fue *menos eficiente* en términos económicos al usar el agua en la producción, ya que, producir la misma cantidad de producto monetario, un dólar norteamericano de ganancia, implicó utilizar 460 L (=0.460 m<sup>3</sup>) de agua, mientras que la fresa requirió de solamente 279 L (=0.279 m<sup>3</sup>), es decir, el cultivo de zarzamora demandó 65% (el indicador fue 1.65) *más* agua que la fresa para producir la misma masa monetaria de ganancia. Lo anterior permite inferir que la HHE en su forma de eficiencia, fue 65% mayor que la correspondiente HHE de la zarzamora.

De la misma manera, la HHE, visualizada ahora mediante el índice de *productividad*, según se colige del cuadro 1, fue 39% (= 0.61 – 1 = - 0.39) *menos* productivo el uso del agua en zarzamora que en fresa, toda vez al utilizar el mismo volumen de agua, un m<sup>3</sup>, en ambos cultivos se obtuvieron diferentes indicadores, en el primero de los cultivos, la HHE fue igual a 2.17 USD de ganancia por m<sup>3</sup>, mientras que la fresa, con el mismo m<sup>3</sup> de agua produjo 3.59 USD de ganancia. Lo anterior permite inferir que la productividad económica del agua en zarzamora fue igual a solamente el 61% del nivel alcanzado por el cultivo de fresa.

## CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo general planteado al inicio de este trabajo, ya que se generaron números índice para la huella hídrica azul en ambos cultivos, tanto en términos físicos (Metros cúbicos de agua usada en la producción por kilogramo de producto), como económicos (ganancia generada por metro cúbico de agua usada en la producción) y sociales (empleo generado por hectómetro cúbico de agua usada en la producción). El uso del agua dulce en la agricultura, así como en cualquier otra actividad como la ganadería, la industria o los servicios, debe de ser usado de la manera más eficiente (es decir, usar la menor cantidad de agua para producir una unidad de producto) y productiva (es decir, generar la mayor cantidad de producto por unidad de volumen de agua usada en la producción), ya que, contrario a lo que el sentido común le sugiere a la gente, el agua es un recurso escaso en extremo, por un lado, y por otro, la población, que crece en flecha exponencial y con ello sus demanda de productos agrícolas y de todo tipo, está ejerciendo una enorme presión sobre el recurso hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANEBERRIES, 2014. [En línea]. *Importancia de las Berries*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: [http://www.promexicoglobal.com/work/models/promex\\_global/Resource/162/1/images/pmgmich\\_bpartida.pdf](http://www.promexicoglobal.com/work/models/promex_global/Resource/162/1/images/pmgmich_bpartida.pdf).
- FAO, 2002. *Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Roma, Italia. P. 2.
- FAO, 2014. [En línea]. *The world's largest database of food and agriculture statistics (FAOSTAT)*. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.
- García, E., 1998. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto De Geografía, Universidad Nacional Autónoma De México. México, D.F.

- Hepworth, N. D.; Postigo, J. C.; Güemes, D. B.; Kjell, P. 2010. Drop by drop, Understanding the Impacts of the UK's Water Footprint through a Case Study of Peruvian Asparagus. Progressio, CEPES and Water Witness International London. 99p.
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). *Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Value of water research report series, 11, 166.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2009). *Water footprint manual: State of the art 2009*. Enschede, The Netherlands. P.8.
- INEGI. (2016). *Anuario estadístico y geográfico del estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía., México, D.F. Pág.20.
- INIFAP-CENID-RASPA. (2006). *Programa Riego*. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2017]. Disponible en: [https://cenidraspa.org/serg/serg\\_v1.php](https://cenidraspa.org/serg/serg_v1.php).
- Kijne, J.W., R. Barker and D. Molden, 2003. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunity for Improvement*. CABI, Cambridge, UK., ISBN: 0 85199 669 8.
- MAG. (2007). *Agrocadena de fresa. Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Alajuela, Grecia. p. 4.
- Mazari, M. (2003). *¿Cómo vez?* Universidad Nacional Autónoma de México: México, D.F., PAG. 16-20.
- OMM. (1997). [en línea]. *¿Hay suficiente agua en el mundo?* Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [Fecha de consulta: 19 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hidrologia/Capitulo\\_1/aguamundo.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/aguamundo.pdf).
- Rios –Flores, J. L., Torres-Moreno, M., Castro-Franco, R., Torres-Moreno, M. A. Ruiz-Torres, J. (2015 a). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera. Rev. FCA UNCUYO. 2015. 47(1); 93-107, ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.
- Ríos Flores, José Luis, Rios Arredondo, Becky Elizabeth, Cantú Brito, Jesús Enrique, Rios Arredondo, Hebrían Efraín, Armendáriz Erives, Sigifredo, Chávez Rivero, José Antonio, Navarrete Molina, Cayetano & Castro Franco, Rafael. (2018). Análisis de la eficiencia física, económica y social del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y uva (*Vitis vinífera*) mesa del DR-037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora, México 2018. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(2). ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.
- SAGARPA. (2012). [En línea] *Fortalece México la producción de berries, generador de empleos y nuevos mercados*. [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/2012/octubre/Documents/B0402012.PDF>
- SAGARPA. (2007). *Factores De Producción Nacional De Zazamora*. Comité Estatal De Evaluación., México, D.F.
- SHCP y FND. (2015 a). [en línea]. *Panorama de la fresa*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>.
- SHCP y FND. (2015 b). [En línea]. *Panorama de la zazamora*. [Fecha de consulta: 23 de Marzo del 2017]. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Zazamora.pdf>.
- SIAP. (2016). [En línea]. *Anuario estadístico de producción agrícola*. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb /icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb /icultivo/index.jsp).
- USGS. (2016). [en línea]. *El ciclo del agua. Organización de las Naciones Unidas*. [Fecha de consulta: 19 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html#global>.



---

## DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL EN EL CULTIVO DE ESPARRAGO (*Asparagus officinalis* L.) DEL DR-066 COMONDÚ, VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Ríos Flores José Luis<sup>1</sup>, Chávez Rivero José Antonio<sup>2</sup> y Hernández Nava Angélica<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Profesor Investigador, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez Km. 40, Bermejillo estado de Durango. Email: [yukov1234@hotmail.com](mailto:yukov1234@hotmail.com). <sup>2</sup>Profesor de Asignatura, Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera el Vergel-La Torreña Km 0.820, El Vergel, Gómez Palacio Estado de Durango. <sup>3</sup>Alumna de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Gómez Palacio.

### INTRODUCCIÓN

El agua es recurso más maravilloso de nuestro planeta. Se encuentra en constante movimiento, gobierna el clima y forma el contorno de la tierra. El agua es la fuente primaria de la vida, una tierra sin agua es una tierra muerta (Gorsky, 1962).

El agua es un componente esencial de las economías nacionales y es necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía.(WWAP, 2016), por ello se considera que su uso debe tener un componente social. Toda la producción y utilización de alimentos depende del agua. La agricultura de regadío representa aproximadamente el 70% de las captaciones totales de agua del mundo, con cuotas más altas en algunas economías en desarrollo. Se estima que el 38% de las tierras de regadío utiliza agua subterránea (WWAP, 2016).

El agua es el factor limitante para el asentamiento de nuevas superficies agrícolas bajo riego en el país y en el mundo. Por lo tanto limita la obtención de alimentos, además existen dos agravantes de esta situación: la amenaza natural de reducción al suministro y el contraste crecimiento de las áreas urbanas, que demandan cada vez más agua de la que hay (Guzmán. et al., 2008).

El espárrago debe tener suelos de textura franca, con inclinación a franco arenosa o limosa, El pH óptimo está comprendido entre 7,5 y 8, aunque admite suelos de pH 6,5, y tener resistencia a la salinidad del suelo y agua (InfoAgro, 2010), el óptimo de desarrollo vegetativo está comprendido entre 18 y 25°C. Por debajo de 15°C por el día y 10°C por la noche se paraliza su desarrollo y por encima de 40°C encuentra dificultades para desarrollarse. El espárrago ha sido clasificado como una planta tolerante a la sequía. Sin embargo el mejor crecimiento ocurre cuando los suelos se mantienen cercanos a capacidad de campo (Wilox-Lee, 1987), en los climas templados, generalmente no se requiere de riego durante la cosecha, debido a que el uso del agua es bajo (Roth y Gardner, 1990). Agregar agua durante la cosecha puede enfriar los suelos dando un crecimiento lento de los turiones, disminuyendo la calidad y el rendimiento (Takatori y Cannell, 1970).

Por lo antes mencionado el presente trabajo tuvo como objetivo principal el Determinar la huella hídrica azul (física, económica y social) del cultivo de esparrago irrigado por sistema de goteo, en el DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, mediante el uso de la metodología matemática determinada por Rios *et al* (2015), para así generar indicadores de eficiencia y productividad del agua usada en la producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes de información

Para lograr la determinación de la huella hídrica de los cultivos de esparrago en la región de Santo Domingo Baja California, se emplearon fuentes de información secundaria, proveniente del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Los datos correspondientes al ciclo agrícola 2016 de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada de cada cultivo de esparrago en riego.

### Base de Datos y Variables

Estudios previos sobre la huella hídrica (HH), evaluada mediante indicadores de productividad física (HHF), económica (HHE) y social (HHS) del agua de riego usada en la agricultura, permiten usar los modelos matemáticos si el objetivo es obtener las HHF, HHE y HHS de un cultivo en lo individual (Rios *et al*, 2018 ) o las HHS, HHE y HHF de un conglomerado de cultivos (Rios *et al*, 2015), o bien, índices de productividad social del capital las cuales se estiman mediante los cocientes señalados en el cuadro 1, en el que usan las siguientes variables macroeconómico-agrícolas señaladas a continuación:

Significado de las literales en los modelos:

$RF_i$  = Rendimiento físico del *i*-ésimo cultivo (en  $\text{ton ha}^{-1}$ ).

$LR_i$  = Lámina de riego del *i*-ésimo cultivo (en m).

$EC_i$  = Eficiencia de conducción hidráulica del *i*-ésimo cultivo.  $0 < EC < 1$ .

$S_i$  = Superficie cosechada del *i*-ésimo cultivo (en ha).

$P_i$  = Precio del producto del *i*-ésimo cultivo (en  $\text{US\$ ton}^{-1}$ ).

PC = Paridad cambiaria, pesos mexicanos (MX\$) por cada USD.

$C_i$  = Coste de producción por hectárea del *i*-ésimo cultivo (en  $\text{US\$ ha}^{-1}$ ).

$g_i = U_i$  = Ganancia por hectárea del *i*-ésimo cultivo (en  $\text{US\$ ha}^{-1}$ ).

$J_i$  = Número de jornales invertidos por hectárea en el *i*-ésimo cultivo.

*i* = *i*-ésimo cultivo bajo una forma concreta de riego (bombeo, gravedad).

288 = Número de jornadas al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana, por 48 semanas al año.

Los modelos de Rios et al (2018) para las huellas hídricas (HH) física (F), económica (E) y Social (S) fueron:

$$HHF = 10^4 LR_i (RF_i EC_i)^{-1}$$

$$HHE = 10^4 LR_i (EC_i * g_i)^{-1}$$

$$HHS = (25/72) * (J_i / (LR_i / EC_i))$$

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el 2016, en el Estado de Baja California Sur, se sembraron 3,009 ha en donde solo se cosecharon 2,719 ha, de las cuales, 2,684 hectáreas fueron del DR-066 Comondú lo que es el 89.19% del total de la superficie sembrada en todo el Estado de Baja California Sur y de ellas se cosecharon 2,429, pertenecientes a Comondú que representa un 89.33% de toda la superficie cosechada en el Estado de Baja California Sur. En cuanto a la producción física en el Estado de Baja California Sur, produjeron las siguientes cantidades de esparrago: 21,633.25 ton en total, mientras que en el DR-066 Comondú fue de 20,282.15 ton, aportando así un 93.75% con respecto a la producción total del estado. En el cuadro 1, se observa que se necesitaron 2.4 m<sup>3</sup> de agua para producir un kilogramo de esparrago en Comondú mientras que en todo el estado se utiliza 2.51 m<sup>3</sup> de agua para producir el mismo kg de esparrago lo que indica que la huella hídrica del esparrago en Comondú es inferior a la del promedio del estado.

Cuadro 1. Huella Hídrica (HH) del cultivo de Esparrago en DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, 2016. Producción bajo riego (sistema por goteo)

Variable/unidad de medida		DR-066 Comondú	Estado de Baja California Sur
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Física (HHF):</b>			
	Unidad		
Metros cúbicos por kilogramo de Esparrago	m <sup>3</sup> Kg <sup>-1</sup>	2.4	2.513
Kg de Esparrago por m <sup>-3</sup>	Kg m <sup>-3</sup>	0.42	0.40
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Económica (HHE):</b>			
US\$ de ganancia por cada m <sup>3</sup>	US\$ m <sup>-3</sup>	0.14	0.09
m <sup>3</sup> por cada 1 US\$ de ganancia	m <sup>3</sup> US\$ <sup>-1</sup>	7.189	10.658
<b>Indicadores de la Huella Hídrica Social (HHS):</b>			
Empleos por hm <sup>-3</sup>	E hm <sup>-3</sup>	28.3	28.3
m <sup>-3</sup> por Empleo	m <sup>3</sup> E <sup>-1</sup>	35,330.9	35,330.9

Fuente: Elaboración propia con base en cifras del SIAP

De igual manera en el país de Perú se determinó la huella hídrica física para el cultivo de espárrago y según Fonseca, Mariluz & Verano (2012), determinaron que el promedio de consumo de agua de espárrago fue de 3.4 m<sup>3</sup> por kg. Esto nos dice que en el caso del municipio de Comondú es usado con mayor eficiencia el sistema de riego de agua que el promedio de Perú, esto puede ser por diferentes causas, sin embargo Conza, Rony & Dyer (2015) en la investigación realizada en la empresa Camposol mencionan que obtuvieron una huella hídrica física de 1.307 m<sup>3</sup> de agua por 1 kg de espárrago producido, siendo más eficiente en la empresa Camposol que en el municipio de Comondú teniendo una relación de 1.83, el cual nos dice que en el municipio de Comondú se utiliza un 83% más de agua que en la empresa Camposol, por lo que se puede deducir que es posible encontrar una mayor tecnificación en los sectores productivos de dicha empresa teniendo un mejor aprovechamiento en el uso del agua. La huella hídrica del espárrago medida en términos de productividad, como la cantidad de kilogramos producidos por m<sup>3</sup> de agua, de acuerdo al cuadro 3, fue de 0.42 kilogramos por m<sup>3</sup> en espárrago de Comondú, en cuanto al estado se producen 0.40 kilogramos con el mismo volumen de agua, lo que sugiere que el espárrago es más productivo en el municipio de Comondú, ya que produce un 5% más que lo que se genera en promedio en todo el estado (cuadro 1).

Cuadro 2. Indicadores de Productividad del Capital y de Fuerza de Trabajo del cultivo de Espárrago en DR-066 Comondú, Valle de Santo Domingo, 2016. Producción bajo riego (sistema por goteo).

Variable/unidad de medida	DR-066 Comondú	Estado de Baja California Sur
<b>Indicadores de Productividad del Capital</b>		
	Unidad	
Rentabilidad	RB/C	1.20
Productividad Social del Capital	Empleo/ Millón de US\$	41.4
	Invertidos	
Inversión del Capital en Millones de US\$	Millones de US\$	33.20
Punto de Equilibrio	Ton Ha <sup>-1</sup>	6.94
Tasa de Ganancia	US\$ Ha <sup>-1</sup>	2,784.66
Vulnerabilidad Crediticia		1.20
		1.14
<b>Indicadores de Productividad Laboral</b>		
VBP Generado (US\$) por Trabajador	VBP Trabajador <sup>-1</sup>	29,064
Ganancia (US\$) por Trabajador	G Trabajador <sup>-1</sup>	4,919
Kg Producidos por Hora de Trabajo	Kg / Hora de Trabajo	6.4
Empleos Generados por Hectárea	E Ha <sup>-1</sup>	1,375
		1,539

Fuente: Elaboración propia con base en cifras del SIAP.

El indicador Relación Beneficio/Costo (R B/C) se obtuvo al dividir la ganancia/ha entre los costos/ha, en el Estado de Baja California Sur fue de 1.14 lo que indica que por

cada dólar invertido en la producción de esparrago se recuperó ese dólar y US\$ 0.14 adicionales, mientras que en el caso del DR-066 Comondú el indicador fue de 1.20, lo que indica que por cada dólar invertido en la producción de esparrago se obtuvo ese US\$ 1 y además US\$ 0.20 adicionales, por lo tanto la ganancia por hectárea obtenida en el DR-066 Comondú respecto al Estado de Baja California Sur fue mayor (cuadro 2).

En cuanto a productividad social del capital se tiene que en el DR-066 Comondú y en el total del estado fue de 41.4 empleos generados por millón de dólares invertidos, aunque la productividad sea la misma, esto no significa que los empleos generados y la inversión del capital sean iguales, es solo que coincide el resultado al hacer el cálculo de la división de los empleos generados entre la inversión del capital en millones de dólares (cuadro 2). La inversión del capital para la producción de esparrago en el DR-066 Comondú fue de 32.20 millones de dólares, a diferencia del promedio del estado que es 37.16 millones de dólares (cuadro 2).

Un indicador muy importante de la productividad del capital en cualquier rubro de la producción es el punto de equilibrio, el cual sirve para marcar el punto más preciso en el que la producción se encuentra estable en su costo por ha y su precio por tonelada, mejor dicho “donde no se gana ni se pierde”, así el cuadro 4 muestra que para el DR-066 Comondú el punto de equilibrio se encuentra al producir 6.94 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que en el promedio del estado de Baja California Sur se encuentra al producir 7 ton ha<sup>-1</sup> (cuadro 2) esto nos dice que el municipio de Comondú es más rentable ya que necesita producir menos para cubrir sus costos. Así mismo se generó el indicador de tasa de ganancia para ambos casos, donde el estado de Baja California Sur obtuvo una ganancia de US\$ 1,876.59 por ha, esto menor al del DR-066 que fue de US\$ 2,784.66 por ha (ver cuadro 2), lo cual indica que en Comondú se tiene una menor inversión del capital y mayores rendimientos generando más ganancias, a diferencia del promedio del estado que obtiene menos rendimientos, menos ganancias e invierte más capital (cuadro 2).

El rendimiento físico por ha dividido entre el punto de equilibrio es un indicador económico referente al grado de vulnerabilidad crediticia, ya que si una inversión del capital se da en el marco de un rendimiento físico más bajo que el punto de equilibrio, esto recalca que el productor tendrá una pérdida y por lo contrario si se produce cierta cantidad física mayor al punto de equilibrio se tendrá una ganancia vulnerable para el productor. Por lo cual se determinó el indicador de vulnerabilidad que para Comondú es 1.20 y para el estado en promedio es de 1.14, esto nos dice que tanto en Comondú como en el estado el rendimiento físico por ha en ambos casos es superior, en Comondú con un 20% más y en el estado con un 14% más, estos superiores al de equilibrio que es un 100% o la unidad (cuadro 2).

## CONCLUSIONES

La huella hídrica física del DR-066 Comondú es menor a la del promedio del estado ya que producir un kg de esparrago en Comondú ocupa un 5% menos de agua utilizada para el riego, que el agua que se utiliza en promedio para producir el mismo

kg de espárrago en el estado de Baja California Sur. El indicador de la huella hídrica económica, fue de US\$ 0.14 obtenidos por cada m<sup>3</sup> utilizado para la producción del cultivo, a diferencia del promedio del estado que fue de US\$ 0.09 por la misma cantidad de agua usada; por lo tanto se obtiene que, para producir US\$ 1 de ganancia en Comondú se necesitan 7.18 m<sup>3</sup> de agua en el riego, mientras que en el promedio del estado para producir el mismo US\$ 1 de ganancia se requieren 10.65 m<sup>3</sup> de agua. La huella hídrica social muestra que se utiliza la misma cantidad de agua utilizada para generar un empleo en el estado de Baja California Sur y en el DR-066 Comondú, esto debido a que los jornales requeridos para la producción del cultivo de espárrago son los mismos para ambos casos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Conza A., Rony L. & Dyer S. 2015. Análisis de huella hídrica en los campos de cultivo de espárrago de camposol acorde a la norma iso-14046, Suiza Agua Andina Perú, Perú.
- FIRA. 2017. Agrocostos FIRA. México. Consultado el 17 de marzo del 2017. Del sitio web: <http://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/TemasUsuario.jsp>
- Fonseca S., Mariluz J. & Verano C. 2012 Huella hídrica del cultivo del espárrago, autoridad nacional del agua, Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos hídricos, Perú.
- Gorsky, N. N. 1962. El agua un milagro de la naturaleza, Ed. Academia de ciencias de la U.R.S.S., Moscú.
- Guzmán, S.C. Valenzuela, C. Félix, P. Jiménez, A. y Ruiz., S. 2008. Necesidades Hídricas de los Principales Cultivos en el Estado de Baja California. Ed. INIFAP y SAGARPA. México.
- INEGI. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Baja California Sur 2016, México.
- InfoAgro .2010. Copyright InfoAgro Systems, S.L., México.
- Mauleón, C. 2015. ¿Cómo está distribuida el agua del planeta? Consultado el día: 18 de marzo de 2017. Disponible en: [www.laenergíadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta](http://www.laenergíadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta).
- Rios –Flores, J. L., Torres-Moreno, M., Castro-Franco, R., Torres-Moreno, M. A. Ruiz-Torres, J. (2015 a). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera. Rev. FCA UNCUYO. 2015. 47(1); 93-107, ISSN impreso 0370-4661, ISSN (en línea) 1853-8665. Mendoza, Argentina.
- Rios-Flores, José Luis, Torres-Moreno, Miriam, Ruiz-Torres, José, Torres-Moreno, Marco Antonio y Cantú-Brito Jesús Enrique. (2015b). Evaluación productiva, económica y social del agua de riego de durazno (*Pruus pérsica L. Batsh*) en Zacatecas (México). *Avances de Investigación Agropecuaria*, 2015, 19(2):97-109. ISSN 0188789-0, Colima, México.
- Rios-Flores, José Luis, Torres-Moreno, Miriam, Ruiz-Torres, José, Torres-Moreno, Marco A. (2015 c). Huella hídrica azul del tomate rojo en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera. En el libro: Ramón Rivera Espinosa (Coordinador). Málaga, España. 2015 ISBN-13: 978-84-16399-67-3 I. Título - 1. 1ª edición. Alternativas sustentables de participación comunitaria para el cuidado del medio ambiente. ISBN 13-978-84-16399-67-3. Universidad Autónoma Chapingo . pag.138-149.
- Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1990. Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering.
- SIAP (2016) Cultivos Agrícolas, DR-066 Baja California Sur, México. Consultados el día 17 de marzo del 2017. Sitio web: [infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp)

- Takatori,F.H.,Cannell,G.W. and Asbell,CW.1970. Effect of soil moisture condition on asparagus at two nitrogen levels. California Agriculture.
- Wilcox-Lee,D.1987. Soil matric potential, plant wáter relations and growth in asparagus hortScience
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. UNESCO, París.

---

## EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*)

María Esther Ríos Vega<sup>1</sup>, Ma. de Jesús Urrutia Olivarez<sup>1</sup> y Araceli González Corral<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Dom. Con. Ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>Alumno tesista de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.  
e-mail: [maesther.rios@hotmail.com](mailto:maesther.rios@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

En México la importancia de la sandía radica tanto en la demanda de mano de obra como en la captación de divisas de esta hortaliza. La superficie cosechada promedio de sandía en el país durante el año 2017 fue de 15,871 ha con un rendimiento promedio de 24.7 t ha<sup>-1</sup> y una producción total de 509,409 t. Los principales estados productores son: Sonora, Chihuahua y Guerrero con participaciones de 31.3, 16.6 y 9.8% respectivamente. La Comarca Lagunera participa con 6.1 % de la producción nacional. La superficie cosechada dedicada a este cultivo es de 974 ha (SIAP, 2017). El municipio de Tlahualilo tuvo una superficie cosechada de 95 ha con un promedio de 42 t ha<sup>-1</sup> (SIAP 2015).

El cultivo de sandía es una alternativa de producción en primavera y verano en la Región Norte-Centro de México con un clima apropiado para alcanzar altos rendimientos (Villa *et al.*, 2001). La fertilización es de suma importancia para el cultivo, ya que le proporciona nutrimentos esenciales para la nutrición vegetal y así tener una mejor producción al término de su ciclo (Ballester-Olmos, 1995).

La cantidad de nutrientes requeridos por el cultivo de sandía depende principalmente de la forma de aplicación, de la población de plantas, de la maquinaria utilizada y de la región productora. El nitrógeno y potasio son los nutrimentos más extraídos por este cultivo (Grangeiro y CecílioFilho, 2004, 2005). Alfaia en 1997 menciona que en la fertilización convencional, sólo un tercio de los fertilizantes nitrogenados son utilizados por las plantas. Una alternativa son los fertilizantes de lenta liberación que son aquellos que ponen sus nutrientes a disposición de la planta en una forma lenta y duradera que estará disponible para la planta cuando ella lo requiera durante su desarrollo productivo (Ballester-Olmos, 1995). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos fertilizantes nitrogenados en calidad y rendimiento en el cultivo de sandía híbrido Summer Flavor 800 en el Municipio de Tlahualilo, Dgo, México.



---

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto de investigación se realizó en la parcelas del Sr. Emeterio Lira Cortés situada en el Ejido San Julio, municipio de Tlahualilo, Durango, México. Localizado a la altura del km 48 carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ubicado geográficamente en los paralelos 25°93' de latitud norte y los meridianos 103°41 de longitud oeste a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante es seco estepario, presenta una temperatura media anual de 21°C.

El experimento se estableció en un suelo de textura arcillo arenosa con una densidad aparente de 1.3 g/cm<sup>3</sup>, la conductividad eléctrica de 0.57 ds/m, el pH de 7.8. La preparación del terreno constó de un barbecho a 30 cm. de profundidad, un paso de rastra y un empareje con escropa. Finalmente se construyeron las camas meloneras con medidas de 7 m de centro a centro. Se realizaron dos muestreos de suelo: el primero, antes de establecer el cultivo cuyas variables nos indicaron las características generales del suelo: textura, densidad aparente, conductividad eléctrica, pH, amonio y nitratos., y el segundo, al terminar el quinto corte. Las variables determinadas fueron amonio y nitratos del suelo, además se realizarán muestreos de humedad para el control del experimento.

La siembra se realizó el 14 de marzo del 2017 en suelo húmedo, se utilizó el híbrido Summer Flavor 800. Se establecieron dos hileras sobre la cama a una distancia entre plantas de 1.3 m para una densidad de población de 2,200 plantas ha<sup>-1</sup>.

La fertilización se realizó en base a la dosis 150-80-00 de N-P-K respectivamente, se utilizó fosfato monoamónico (map) como fuente de fosforo, Se aplicó todo el map 10 días antes de la siembra con ayuda de una fertilizadora. Los tratamientos se dividieron en cinco partes iguales y se aplicaron antes de cada riego de auxilio. La aplicación fue de forma manual, se realizó una zanja lineal a 15 cm de las plantas, posteriormente se depositó el fertilizante sobre la zanja a una profundidad de 10 cm. Se utilizaron dos fuentes de fertilización nitrogenada, como fertilización convencional se utilizó sulfato de amonio (T1) y como fertilizante de lenta liberación se utilizó el producto Novatec Solub-21 (Compo®) (T2) respectivamente.

Se aplicaron 7 riegos durante el ciclo del cultivo: uno de pre-siembra y seis auxilios con un intervalo de 14 días entre riego, se aplicaron en base al calendario de riegos de la Asociación de Usuarios del Módulo de Riego No11.

Se realizó un escarde antes de cada riego con la finalidad de guardar humedad en el suelo, eliminar malezas y facilitar la expansión de raíces. Los implementos a utilizar fueron lilliston y bordeadora. El control de maleza sobre la cama se realizó de forma manual cuantas veces fue necesario. Se realizaron 5 cortes de forma manual, se consideró la madurez comercial del cultivo. La calidad del fruto se determinó con un Refractómetro Digital Brixometro 0-55 °Brix Hm Digital para determinar los grados Brix (°Brix) en una muestra representativa de cada parcela.

Las variables a evaluar en el cultivo fueron: Días después de la siembra a floración femenina (DDS F.F), Días después de la siembra a floración masculina (DDS F.M), Numero de flores femeninas(No F.F), Numero de flores masculinas(No F.M), Días después de la siembra al inicio del llenado (DDS I.LL), Peso promedio (PESO PROM), Peso por parcela (PESO/PARC), Diámetro ecuatorial (D.E), Diámetro polar (D.P), Calidad ° BRIX, Rendimiento (Ton/ha) (REND). Las variables en el suelo fueron: Nitratos y Amonio en partes por millón (ppm) 0-30 y 30-60

Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 10.5 m de largo por 7 m de ancho para obtener un total de 73.5 m<sup>2</sup>. Cada parcela constó de dos surcos por cama y 8 plantas por surco a una distancia de 1.3 m. se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 4 repeticiones y dos tratamientos. Los datos se analizaron en el software estadístico Infostat con múltiple comparación de medias (LSD).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) en las variables: días después de la siembra a floración femenina (DDS F.F) y días después de la siembra a floración masculina (DDS F.M). La media fue de 53.34 y 50.67 días respectivamente.

Para las variables: número de flores femeninas (No F.F) y número de flores masculinas (No F.M) no se mostraron diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 2.55 y 10.52 flores.

Los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en la variable: días después de la siembra al inicio del llenado (DDS I.LL. La media fue de 62.22 días.

En la variable peso promedio del fruto (PESO PROM) los tratamientos evaluados fueron estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ) en todos los cortes. La media fue de 7.99 kg. Figura 1. Estos resultados difieren a lo obtenido por Calizaya en el 2013, quien reporta un promedio de 12.10 kg., en esta variable el presente experimento supera a lo reportado por Miles *et al* en el 2006 en la comparación de variedades con polinización normal reportan una media de 4.03 kg., en peso por fruto.

No se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos evaluados para la variable peso por parcela (PESO/PARC), en cada uno de los cortes ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 17.68 kg. Los tratamientos evaluados en la variable diámetro ecuatorial (D.E) tuvieron un comportamiento similar. La media fue de 45.41 cm.

En el análisis de varianza (ANVA) no se presentó diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados en Diámetro polar (D.P). La media fue de 77.35 cm. Figura 3. Estos resultados superan a lo obtenido por Calizaya en el 2013, quien obtuvo una media de 41.54. Por otra, parte Mullins y Smith en el 2001 mencionan que la variedad Feedrom sandías sin semillas alargadas fueron las más grandes, y reportan una media de 33.02 cm de diámetro polar.

En la variable frutos de primera (PRIMERA CLASE) no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 6.5 frutos, todos los cortes se comportaron de igual forma. Cuadro 1.

No existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) en frutos de desecho (CLASE DESECHO). La media fue de 5.34 frutos. Cuadro 1.

En el análisis de varianza (ANVA) no se encontró diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ), entre los tratamientos evaluados en Calidad ° BRIX. La media fue de 9.75. Estos resultados

superan a lo obtenido por Huitrón *et al.*, en el 2007, en donde obtuvieron una media de 8 ° Brix al evaluar sandía triploide comparando un efecto del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 1- (2-cloro-4-piridil) -3-fenilurea (CPPU).

Los tratamientos T1 y T2 fueron estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ) en rendimiento, sin embargo se mostraron diferencias numéricas con 36.08 y 27.96 ton/ha<sup>-1</sup> respectivamente. Cuadro 1. Estos resultados difieren a lo obtenido por Huitrón *et al.*, en el 2007, donde se obtuvo una media de 96.5 ton/ha<sup>-1</sup> al evaluar sandía triploide comparando un efecto del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 1- (2-cloro-4-piridil) -3-fenilurea (CPPU).

Cuadro 2. Resultado de las variables de producción del cultivo.

	VARIABLE	FERTILIZANTE CONVENCIONAL	FERTILIZANTE DE LENTA LIBERACION	SIGNIFICANCIA 0.05
CORTE 1	PESO PROM (kg)	2.77	7.83	Ns
	PESO/PARC (kg)	13.84	22.01	Ns
	D.E (cm)	22.07	68.4	Ns
	D.P (cm)	31.6	88.93	Ns
	PRIMERA	3.33	7.33	Ns
	DESECHO	0.33	0.67	Ns
	CALIDAD (°BRIX)	9.7	10.97	Ns
CORTE 2	PESO PROM (kg)	8.4	8.12	Ns
	PESO/PARC (kg)	24.44	16.21	Ns
	D.E (cm)	66.53	65.1	Ns
	D.P (cm)	74.93	94.4	Ns
	PRIMERA	7	7.33	Ns
	DESECHO	0	1.33	Ns
	CALIDAD (°BRIX)	10.07	9.6	Ns
CORTE 3	PESO PROM	8.68	5.46	Ns
	PESO/PARC	29.09	16.75	Ns
	D.E (cm)	65.43	43.83	Ns
	D.P (cm)	95.57	60.93	Ns
	PRIMERA	8.33	6.33	Ns
	DESECHO	1.00	2	Ns
	CALIDAD (°BRIX)	9.4	9.7	Ns
CORTE 4	PESO PROM (kg)	8.78	8.19	Ns
	PESO/PARC (kg)	14.62	8.19	Ns
	D.E (cm)	67.17	67.33	Ns
	D.P (cm)	95.5	91	Ns
	PRIMERA	7.00	5.33	Ns
	DESECHO	1.67	0.67	Ns
	CALIDAD (°BRIX)	10.53	11.17	Ns
CORTE 5	PESO PROM (kg)	6.06	4.53	Ns
	PESO/PARC (kg)	18.48	13.17	Ns
	D.E (cm)	58.33	41.58	Ns
	D.P (cm)	82.73	57.93	Ns
	PRIMERA	6.67	6.33	Ns
	DESECHO	2.00	1	Ns
	CALIDAD (°BRIX)	8.13	9.23	Ns
	RENDIMIENTO (Ton/ha)	36.08	27.96	Ns

En el análisis de varianza (ANVA) no se encontró diferencia significativa entre tratamientos evaluados ( $P \geq 0.05$ ) de Amonio en el suelo de 0-30 cm (ppm) y Amonio en el suelo de 30-60cm (ppm). La media fue de 6.55 y 6.72 ppm respectivamente.

No se mostró diferencia significativa entre tratamientos en la variable nitratos en el suelo de 0-30 cm (ppm) y nitratos en el suelo de 30-60 cm (ppm) ( $P \geq 0.05$ ). La media fue de 16.46 y 15.45 ppm respectivamente.

### CONCLUSIONES

En este trabajo no se encontró diferencia significativa entre tratamientos al evaluar dos fuentes de fertilización nitrogenada, es decir, para producir sandía se puede utilizar cualquiera de las dos fuentes de fertilización; convencional y de lenta liberación, sin afectar la producción o la calidad del fruto. Sin embargo, a pesar de que no se presentaron diferencias significativas es importante resaltar que si se presentó diferencia numérica, puesto que el T1 supero al T2, con 36.08 y 27.96 ton/ha respectivamente.

En base a los precios más elevados de los fertilizantes nitrogenados de lenta liberación es recomendable seguir utilizando la fertilización convencional, ya que la producción no se ve afectada, debido a lo anterior es conveniente para el pequeño productor seguir utilizando fertilización convencional.

Por otra parte, es importante mencionar que al comparar los resultados del muestreo inicial (MI) y muestreo final del suelo, se pudo observar que las cantidades de nitrógeno en forma de amonio y nitratos en general fueron bajas, lo que puede ser un indicador de que se tuvo un buen manejo en la dosis de fertilización nitrogenada.

### BIBLIOGRAFIA

- Alfaia, S.S. 1997. Destino de fertilizantes nitrogenados (15N) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). *Acta Amazonica*, v.27, p.65-72.
- Ballester-Olmos J.F. 1995. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Hojas Divulgadoras. Num.3/94 HD. [En Internet]. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_03.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_03.pdf)
- Calizaya, G. A. (2013). Tesis influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en la zona de la Yarada-Departamento de Tacna. Tacna-Perú.
- Grangeiro, L.C.; Cecílio Filho, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.763-767, 2005
- Grangeiro, L.C.; Cecílio filo, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. *Horticultura Brasileira*, v.22, p.93-97, 2004.

- Huitrón, M.V., Díaz, M., Diánez, F., y Camacho F. 2007. Effect of 2,4D and CPPU On triploid watermelon production and quality. *Horscience* 42 (3):559-564.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Villa C., M. A. Inzunza I y E. A. Catalán V. 2001. Zonificación Agroecológica de Hortalizas involucrando grados de riesgo. *Terra* 19: 1-7.

---

**TRANSFERENCIA Y ADOPCION DE TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE SORGO FORRAJERO CON TRES RIEGOS DE AUXILIO PARA LA REGION LAGUNERA**

**Miguel Rivera González<sup>1</sup>, Erika Nava Reyna<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>,  
Vicenta Constante Garcia<sup>1</sup> Gerardo Delgado Ramírez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>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. E-mail: [rivera.miguel@inifap.gob.mx](mailto:rivera.miguel@inifap.gob.mx)

**INTRODUCCION**

La mayoría de la investigación realizada en México para la producción de sorgo forrajero se ha efectuado considerando la aplicación de por lo menos 4 riegos de auxilio (Figuroa *et al.*, 2004; Ruiz y Carrillo, 2005 y Jiménez *et al.*, 2011) sin embargo esta tecnología generada no ha sido utilizada por los usuarios de los módulos de riego del distrito de riego 017(Región Lagunera) que únicamente disponen del agua de la presa, ya que solo pueden aplicar tres riegos de auxilio. En cuanto a utilizar el sorgo forrajero para la producción de etanol se han realizado estudios en los valles del Yaqui (Armenta *et al.*, 2010 y Ochoa *et al.*, 2011) y Mexicali (Alvarado *et al.*, 2011) que han demostrado la factibilidad de utilizar este cultivo para la producción de etanol, lográndose a obtener hasta 141 ton ha<sup>-1</sup> de forraje verde en dos cortes para la variedad de sorgo forrajero Silo miel y una producción de etanol de 86 litros por tonelada de forraje verde (Armenta *et al.*, 2010).

En el año 2014 en el CENID-RASPA, INIFAP se iniciaron los trabajos de investigación en sorgo forrajero evaluando variedades sometidas a diferentes densidades de población. A partir de estos trabajos se generó una ficha tecnología para la producción de sorgo forrajero con 3 riegos de auxilio (Rivera *et al* 2015). Con esta tecnología se tiene ahorros de agua equivalentes a una lámina de riego de 10 cm. lo cual representa un volumen de agua de 1000 m<sup>3</sup>/ha. e incrementos de rendimiento de forraje verde del 33%. La tecnología se validó con un productor cooperante del módulo de riego Brittingham del distrito de riego 017 de la Región Lagunera durante esta fase también se lograron incrementos de rendimiento de forraje verde del 35%.

El objetivo de este trabajo de investigación fue transferir y adoptar la tecnología generada por el CENID-RASPA, para la producción de sorgo forrajero con tres riegos de auxilio a usuarios del módulo de riego Brittingham del distrito de riego 017 de la Región Lagunera.



---

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción de la Tecnología.

La tecnología consiste en la producción de sorgo forrajero, utilizando la variedad Silo Miel II con únicamente tres riegos de auxilio, aplicados mediante riego por gravedad. Para el cálculo de las láminas del riego de pre siembra y auxilio (aproximadamente, 20 cm en el riego de pre siembra y 19 cm en cada riego de auxilio), se utilizan los programas DRiego Durango 1.0 o DRiego Coahuila 1.0, generados por el CENID-RASPA (Catalán *et al* 2009) según el municipio donde se establezca el cultivo. Los cálculos se realizan para humedecer un perfil de suelo de 120 cm., un ciclo vegetativo de 110 días y una eficiencia de aplicación del agua de riego del 80%. Los intervalos entre riegos se establecen de acuerdo al cierre y apertura del agua de la presa del distrito de riego 017 de la Región Lagunera. El cultivo se establece en surcos espaciados a 75 cm. y una densidad de población de 180,000 plantas por hectárea en el ciclo de primavera. El cálculo de las necesidades nutricionales de nitrógeno y fósforo, se realiza conociendo la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo y considerando una extracción de 14 y 6.2 Kg. de nitrógeno y fósforo ( $P_2O_5$ ) respectivamente por tonelada de materia seca. Para el cálculo de las necesidades de nitrógeno y fósforo se establece una meta de rendimiento de 17 toneladas de materia seca por hectárea y una eficiencia de aprovechamiento del nutriente del 60% para nitrógeno y 30% para el fósforo. Todo el fósforo se aplica a la siembra y el nitrógeno en forma fraccionada, aplicando el 46 % al momento de la siembra, y el 24, 18 y 12 % en el primero, segundo y tercer riego de auxilio respectivamente. Se utiliza como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio y de fósforo el fosfato mono amónico (MAP).

### Proceso de Transferencia de la Tecnología

En la transferencia de la tecnología participaron 10 productores, 7 del ejido La Plata y 3 del ejido Dolores, ambos ejidos del módulo de riego Brittingham, del distrito de riego 017 de la Región Lagunera. Se consideraron como parcelas demostrativas la superficie sembrada por cada productor que en total correspondió a una superficie total de 46.4 hectáreas. También Para dar a conocer la tecnología se impartió un curso /taller en dos etapas o fases, una en el mes de marzo previo al establecimiento del cultivo y la segunda en el mes

de septiembre, al final del ciclo del cultivo, con el objetivo de dar a conocer la tecnología e intercambiar experiencias de la transferencia de esta.

El proceso de transferencia de la tecnología comprendió las siguientes fases:

- Caracterización físico química de los suelos de las parcelas de los productores
- Calculo de las necesidades de fertilización
- Evaluación de la producción de forraje verde y materia seca

### **Caracterización físico química del suelo**

Para determinar la disponibilidad de nutrientes del suelo en cada una de las parcelas, se sacaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm. En diferentes puntos de la parcela, para posteriormente elaborar una muestra compuesta, la cual se llevó al laboratorio para su análisis. Se determinaron las siguientes características: textura, conductividad eléctrica, pH, materia orgánica, nitrógeno en forma de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ), fósforo y potasio.

### **Calculo de las necesidades de fertilización**

Para el cálculo de las necesidades de nitrógeno y fósforo, como se establece en la descripción de la tecnología, además del nitrógeno del suelo en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) se consideró también el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), el aporte de nitrógeno de la materia orgánica, calculado considerando la densidad aparente del suelo ( $1.2 \text{ g/cm}^3$ ), un relación C:N de 10:1 y un tasa de mineralización del 1% (Castellanos *et al* 2005).

### **Evaluación de la producción de forraje verde y materia seca**

La producción de forraje verde se obtuvo al cosechar 1 metro lineal al inicio, en la parte media y al final de la melga en cada parcela, las muestras se tomaron descartando los primeros y últimos 10 metros de cada melga, y no considerando los dos primeros surcos pegados al bordo de las melgas. También en el cálculo de la producción de forraje verde, no se consideró el área que ocupa cada bordo, y una reducción de rendimiento del 10 al 20 % por efecto de tamaño de muestra.

---

**RESULTADOS Y DISCUSION**
**Caracterización fisicoquímica del suelo**

Las parcelas de los productores las cuales se describen a continuación. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la caracterización físico química de los suelos de los lotes de los productores.

Cuadro1.- disponibilidad de nutrientes del suelo (estrato 0-30 cm), para cada una de las parcelas o lotes de los productores.

Ejido	Lote	Productor	Superficie	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	K	Materia orgánica	C.E.
			(has)	mg Kg <sup>-1</sup>				%	dS m <sup>-1</sup>
La plata	1	Raymundo Muñoz Moreno	4.4	11.2	6.5	14.8	133	1.5	0.73
La plata	2	Esteban Muñoz Moreno	5.0	24.3	8.6	7.1	119	1.4	0.81
La plata	3	Vicente Solís Aldaco	3.0	8.5	13.0	5.5	126	1.4	0.67
La plata	4	Ernesto Muñoz Aldaco	2.0	2.9	8.6	5.5	119	1.5	0.42
La plata	5	Enrique Muñoz	2.0	53.5	9.7	7.6	129	1.7	1.15
La plata	6	Francisco Muñoz Moreno	5.0	5.2	3.2	5.2	130	1.7	0.54
La Plata	7	Paulina Muñoz Aldaco	2.0	4.4	7.6	3.7	94	1.5	0.6
Dolores	8	Ezequiel Sariñana Hernández	12.0	13.9	1.1	4.4	91	1.1	0.67
Dolores	9	Ezequiel Sariñana Hernández (hijo)	6.0	16.4	1.6	20.8	122	1.8	1.8
Dolores	10	Eduardo Sariñana Hernández	5.0	44.1	1.1	8.6	120	0.99	1.1
Superficie total (has)			45.4						

**Nitrógeno.**

En base al contenido de nitrógeno en forma de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Según la norma oficial mexicana (NOM-21-SEMARNAT-2000) los suelos de los lotes 3, 4, 6 y 7 se clasifican como suelos con un contenido muy bajo de nitrógeno (0-10 mg/kg), únicamente el lote 2 es clasificado como un suelo con un contenido de nitrógeno medio y los lotes 5 y 10 son clasificados como suelos con contenidos de nitrógeno altos.

**Fosforo.**

De acuerdo a la concentración de fósforo en el suelo, los lotes 6, 7 y 8 se clasifican como suelos bajos en fósforo, los lotes 2, 3, 4, 5 y 10 como suelos con un contenido medio de fósforo y los suelos de los lotes 1 y 9 como suelos con un contenido alto de fósforo.

**Salinidad del suelo.**

Todos los lotes se clasifican como suelos sin problemas de salinidad a excepción de los lotes 5, 9 y 10 que se clasifican como suelos ligeramente salinos.

**Estimación de las necesidades de fertilización.**

Para el cálculo de las necesidades de nitrógeno se utilizó la siguiente ecuación.

$$N = [N_c - (N_s + N_{m.o.})] / E_a$$

Donde:

N = necesidad o requerimiento de nitrógeno por el cultivo ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )

$N_c$  = nitrógeno extraído por el cultivo ( $\text{Kg/ha}$ )

$N_s$  = nitrógeno disponible del suelo en forma de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ) en ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

$N_{m.o.}$  = nitrógeno mineralizado a partir de la descomposición de la materia orgánica ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )

$E_a$  = eficiencia de aprovechamiento del nutriente (en forma fraccional) 60 % para nitrógeno y 30 % para el fósforo.

Como se establece en la descripción de la tecnología, además del nitrógeno del suelo en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) se consideró también el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), el aporte de nitrógeno de la materia orgánica, calculado considerando la densidad aparente del suelo ( $1.2 \text{ g/cm}^3$ ), una relación C: N de 10:1 y una tasa de mineralización del 1% (Castellanos *et al* 2005). En el Cuadro 3. se presentan las necesidades de nitrógeno y fósforo estimadas.

Cuadro 3.- Estimación de las necesidades de nitrógeno y fósforo para cada una de las parcelas de los productores

Lote	Ns	Nm.	Nc.	Nr	Sulfato de Amonio	Aplicaciones de Sulfato de Amonio (Kg ha <sup>-1</sup> )				Fósforo
						Siembra (46%)	Riegos de auxilio			
(Kg ha <sup>-1</sup> )					1° (24%)		2° (18%)	3° (12%)	MAP (Kg ha <sup>-1</sup> ) Siembra	
1	64	30	238	226	1102	507	264	386	132	163
2	119	28	238	138	671	309	161	121	80	166
3	77	28	238	206	1007	463	242	181	121	157
4	41	30	238	263	1283	590	308	231	154	157
5	227	34	238	No requiere aplicación de nitrógeno						142
6	30	34	238	275	1340	616	322	241	161	153
7	43	30	238	260	1269	584	304	228	152	143
8	54	22	238	256	1247	573	299	224	150	140
9	65	26	238	231	1126	518	270	203	135	126
10	163	20	238	77	378	174	91	68	45	142

Ns= nitrógeno disponible en el suelo; Nm= nitrógeno aportado por la materia orgánica; Nc= nitrógeno extraído por el cultivo y Nr= es el nitrógeno que se requiere aplicar al suelo para abastecer la demanda del cultivo

**Producción de forraje verde y materia seca**

En el Cuadro 4. Se presenta la producción de forraje verde y materia seca para cada uno de los lotes de los productores. Los productores que aplicaron cantidades de nitrógeno en un rango del 42-80% de la dosis recomendada obtuvieron en promedio incrementos de rendimiento de forraje verde hasta del 71% en comparación con la tecnología del productor testigo, mientras que los productores que aplicaron cantidades de nitrógeno en un rango del 20 al 23.7 % de la dosis recomendada, únicamente tuvieron incrementos de rendimiento del 31%.

Cuadro 4. Producción de forraje verde y materia seca para cada lote o parcela.

Lote	Forraje verde	Materia seca.	Altura de planta	Nitrógeno aplicado	Nitrógeno requerido
	(ton ha <sup>-1</sup> )		(cm)	(Kg ha <sup>-1</sup> )	
1	56.5	12.4	256	46.2	226
2	84.5	18.6	294	115.5	138
3	73.1	16.1	290	168	206
4	72.5	15.9	308	125	263
5	83.4	18.3	329	115.5	No requiere
6	83.2	18.3	321	115.5	275
7	81.4	18.0	310	115.5	260
8	51.7	11.4	291	60.7	256
Productor testigo	48.5	10.7	248	60.7	231
10	64.5	14.2	278	60.7	77

## CONCLUSIONES

Durante las etapas de generación y validación de la tecnología, se tuvieron incrementos de rendimiento de forraje verde del 33 al 35% en comparación con la producción del productor testigo. Los mayores incrementos de rendimiento de forraje verde se lograron durante la fase de transferencia de la tecnología estos fueron hasta del 71 % de forraje verde, cuando se aplicaron cantidades de nitrógeno equivalentes al 80 % de la dosis recomendada. Por lo general este tipo de productores son de bajos recursos económicos por lo que requieren apoyos de instituciones gubernamentales para aplicar el 100% de las necesidades de nutricionales de los cultivos esto para tener un mayor beneficio económico.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarado P., J.V., Hernández V. B., Morales M. A., Ávila C. E., Payan O. S. y Camarillo P.M. 2011. Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de bioetanol en el Valle de Mexicali. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Investigación y Ciencia 52: pág. 15-20
- Armenta C. A., Ocho E. X., Rodríguez H. R. y Zamarripa C. A. 2010. Sorgo dulce una opción rentable y competitiva para biocombustible en el Valle del Yaqui. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental E. Borlaug. 32 pág.
- Castellanos R., J., Cueto W. J.A., Macías C. J., Salinas G. J.R., Tapia V. L.M., Cortes J. J.M., González A. I.J., Mata V. O., Mora G. M., Vásquez H. A., Valenzuela S. C. y Enríquez R. S.A. 2005. La fertilización de los cultivos maíz y sorgo en México. SAGARPA, INIFAP. 44 pág.
- Catalán V., E.A., González L. M. de L., Román L. A., Contreras de la R. F.J., Inzunza I. M.A. y Villa C. M. 2009. Programa para calendarizar el riego de los cultivos en los distritos de riego del estado de Coahuila. Memorias de la XXI Semana Internacional de Agronomía. Pág. 663-668.

- 
- Contreras G., F., Faz C. R., Núñez H. R y Herrera S. R. 1999. Componentes tecnológicos para la producción de ensilados en maíz y sorgo. Instituto Nacional de Investigaciones forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental la Laguna. Pag 30-46.
- Figueroa V., U., Faz C.R, Cueto W.J.A. y Márquez R.J.L. 2004. Optimización del uso de estiércol bovino en sorgo forrajero. Memorias de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Pág. 551-555.
- Jiménez O., R, Domínguez D.S., Rosales S.R. y Nava B. C.A. 2011. Producción de forraje y jugo en sorgo dulce cultivado en dos densidades de siembra. Memorias de la XXIII Semana Internacional de Agronomía. pag.820-825.
- NOM-021-SEMARNAT. 2002. Norma oficial mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos. Estudios muestreo y análisis. Pág. 25-29
- Ochoa E. X.M., Barbón G.A., Montoya C. L., Cotas B., C.I. Alvarado P. J.I. y Zamarripa C. A. 2011. Guía técnica para producir sorgo dulce en el sur de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Noroeste, Campo experimental del Noroeste, Campo experimental Norman E. Borlaug. Folleto Técnico N° 84.
- Ruiz V., J. y Carrillo R. J.C. 2005. Selección de cultivares forrajeros de sorgo (*Sorghum bicolor*) y Mijo Perla (*Pennisetum americanum*) por índices de eficiencia de producción y calidad. Agronomía Mesoamericana 16(29): pag.153-160.
- Rivera. G., M., Esquivel A.G, Muñoz V. J.A., Velázquez V.M.A, Macías R.H. 2014. Generación de tecnología para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua y nutrientes en sorgo forrajero con tres riegos de auxilio. AGROFAZ vol. 14, N° 2 .Pág. 73-77

---

## **NANOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: UTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC**

**R.G. Rivera-Gutierrez<sup>1</sup>, M. Fortis- Hernandez<sup>2</sup>, R. Betancourt-Galindo<sup>3</sup>, P. Preciado-Rangel<sup>2</sup>, E. Salazar-Sosa<sup>2</sup>, J.G. Gonzalez-Quirino<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante del Doctorado en Ciencias en Agua y Suelo. División de Estudios de Posgrado. Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) – DEPI. <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado. Km 7.5 carretera Torreón-San Pedro, 27170 Ejido Ana, Torreón, Coah. <sup>3</sup> Centro de investigación en química aplicada (CIQA). Blvd. Enrique Reyna No 140 Col. San José de los Cerritos, Saltillo, Coah. C.P. 25294

### **INTRODUCCION**

El término “Nanotecnología” fue usado por primera vez en 1974 por Norio Taniguchi, un investigador de la Universidad de Tokio, quien señaló así la capacidad de manejar materiales a nivel nanométrico, cuyas dimensiones son de una millonésima parte de un milímetro ( $1 \times 10^{-9}$  m) [1]. La NT es la ciencia que está sustentada en la capacidad de medir, manipular y organizar la materia a escala nanométrica, entre 1 y 100 nanómetros tiene la capacidad de impulsar el incremento de la producción de alimentos por medio de la agricultura sustentable, debido a que permite usar agua, pesticidas y fertilizantes de forma más eficiente y en menor cantidad [2], los más estudiados son las nanopartículas metálicas (NPs) y las derivadas del carbón. La formulación de productos nanos estructurados que permitan la liberación lenta o controlada, podría liberar con mayor precisión sus ingredientes activos en respuesta a factores ambientales y demandas biológicas. La NT brinda la posibilidad de generar nanofertilizantes y promotores del crecimiento, su aplicación ha ido en aumento, y se prevé que siga creciendo en el futuro. La nanotecnología en el nuevo milenio promete ser la cuarta revolución industrial [3], de manera que aquellos países que no logren incorporarse podrían quedar fuera de la nueva redistribución industrial resultante de la competencia. Los estudios muestran que el uso de nano fertilizantes causa un aumento en la eficiencia de uso de nutrientes, reduce la toxicidad del suelo, así como los potenciales efectos negativos asociados con la dosificación excesiva y reduce la frecuencia de las aplicaciones. Algunos autores mencionan que el efecto promotor o inhibidor del crecimiento de las NPs en las plantas está relacionado con su concentración, tamaño y las propiedades inherentes del elemento involucrado, así como la función fisiológica y bioquímica que desempeña en la planta, y si actúa como micronutriente tratándose de cobre, zinc, etc. [4]. Reportes recientes señalan que diversas NPs metálicas mejoran significativamente el crecimiento de las plantas y tienen el potencial de ser usadas como nano fertilizantes para incrementar la productividad agrícola [5]. Para el caso de la horticultura, se están utilizando nanomateriales para el tratamiento de algunas enfermedades de plantas, para la detección precoz de los patógenos que las producen [6], para la mejora de la asimilación de nutrientes esenciales [7], e incluso para construir nanobiosensores importantes en determinados procesos biológicos [8]. Los científicos agrícolas se enfrentan a una amplia gama de desafíos como el estancamiento en los rendimientos de los cultivos, la baja eficiencia en el uso de nutrientes, la disminución de la



materia orgánica del suelo, las deficiencias de múltiples nutrientes, el cambio climático, la disminución de la superficie agrícola, la baja disponibilidad de agua para riego y la escasez de mano de obra; además del éxodo de personas desde las áreas agrícolas a las ciudades [9]. A pesar de esas enormes dificultades que enfrenta el sector agrícola, es necesario mantener un crecimiento sostenido del 4% para afrontar los desafíos que representa la demanda de alimentos a nivel global [10]. Por lo tanto, para hacer frente a esa diversidad de problemas, es necesario explorar una de las tecnologías de vanguardia como la NT, misma que permite detectar la presencia de plagas y enfermedades, contaminación de alimentos y aplicar la cantidad correcta de nutrientes y pesticidas que promuevan la productividad, al mismo tiempo que garanticen la seguridad del medio ambiente y una mayor eficiencia en el uso de insumos agrícolas [11].

### **Nanotecnología (NT)**

La NT empleando métodos emergentes se orienta a la elaboración, caracterización y utilización de materiales con dimensiones muy pequeñas ( $< 100$  nm), con orden de magnitud de  $10^{-9}$ , lo que significa en la escala atómica y molecular [12]. En este grupo de materiales se encuentran varias NPs metálicas (Zn, Fe, Cu, Ag, etc.), teniendo muchas de ellas gran potencial en la agricultura debido a que pueden ser utilizadas como nanofertilizantes [13], nanoherbicidas [14], nanopesticidas [15] y nanosensores [16].

### **Aplicación de nanotecnología en la Agricultura**

La agricultura es un área donde las nuevas tecnologías se aplican para mejorar el rendimiento de los cultivos. La nano agricultura implica el empleo de NPs, considerando que estas NPs ofrecerán algunos beneficios para los cultivos. La aparición de nuevos nano dispositivos y nanomateriales abren nuevas aplicaciones potenciales en la agricultura y la biotecnología [17]. El uso de NPs en la agricultura puede ser favorable, mejorando el crecimiento de plántulas, rendimiento y calidad del fruto [18]. Las inversiones en agricultura y alimentación nanotecnológica van en aumento, debido a que sus beneficios potenciales se enfocan a mejorar la calidad e inocuidad de los insumos agrícolas al ser utilizados en menor volumen y promoviendo mejoras en la nutrición [19]. Los diversos usos potenciales de la NT en la agricultura han creado un gran interés, ya que ofrecen la posibilidad de mejorar la producción agrícola mediante diversas estrategias que pueden incrementar la producción de alimentos utilizando menores insumos de energía y reduciendo los costos de producción y los desperdicios de agroquímicos [20]. Las aplicaciones de la NT en la agricultura son muy diversas, destacando principalmente la elaboración de nano pesticidas encapsulados para su liberación controlada [21], para la producción de nano, macro y micronutrientes, así como para hacer más eficiente el uso y aplicaciones de los agroquímicos [22].

### **Zinc**

El Zinc (Zn) desempeña una importante función en la elaboración de clorofila; germinación de semillas; producción de polen y biomasa [23]. El zinc es un micronutriente esencial para el crecimiento y la mejora de las plantas y los seres humanos. Desempeña una posición

importante en diversas técnicas metabólicas. Es esencial para activar enzimas como la superóxido dismutasa [24]. El ZnO se produce naturalmente como zincita mineral y se usa principalmente como un polvo blanco, es un óxido anfótero casi insoluble en agua y alcohol, pero es soluble en la mayoría de los ácidos, incluido el ácido clorhídrico.

### **Nanopartículas**

Las NPs en el campo de la agronomía, evitarían aplicar grandes cantidades de químicos a un cultivo; además, van dirigidos a las partes donde se requiere [25]. La generación de Nanopartículas es de relevancia básicamente por tres razones: por los beneficios que aportan en distintas áreas, por ser una tecnología emergente en pleno desarrollo y por los riesgos asociados a ellas. La carencia de datos en cuanto a los posibles efectos que tengan las Nanopartículas sobre los organismos y el ambiente, en caso de que fueran liberadas. Por ejemplo, se ha estimado que en 2010 se liberaron entre 260000 y 390000 toneladas de materiales nanoestructurados, los cuales terminaron en rellenos (63-91%), suelos (8-28%), cuerpos de agua (0,4-7%) y en la atmósfera (0,1-1,5%). Por eso se reporta que las NPs pueden tener aplicaciones como nano-fertilizantes [26], nano-fungicidas [27] y antimicrobiales para la protección de los cultivos [28].

### **Nanopartícula de óxido de Zinc**

Las NPs de óxido de zinc (NPsZnO) son usadas en diferentes áreas como la industria de cosméticos, textiles, medicina, electricidad y en la agricultura [29]. Se sabe que estas NPs, específicamente de óxido de zinc (Zn O), son ampliamente utilizadas como protectores UV en cremas y productos de cosmetología, entre otras aplicaciones; cuando se emplean como componente de la formulación de películas para invernadero, actúan como protectores de rayos ultravioleta que evitan la degradación de los polímeros y extienden el tiempo de vida útil de las películas. Las NPs ZnO han recibido especial importancia en la industria de los cosméticos, textiles, medicina, electrónica y en la producción de alimentos. Existen reportes indicando que las NPsZnO incrementan el nivel de AIA en raíces y en los brotes apicales, promoviendo de esta forma la velocidad de crecimiento en las plantas [30]. y mejoran la calidad de los frutos al incrementar la concentración de azúcar [31].

### **Estudios realizados con nanopartículas de ZnO**

Las plantas de chile expuestas a la aplicación foliar de 50 mg/L de NPsZnO dopadas con plata al 1.25 y 2.5%, presentaron valores superiores en altura (16.8%), área foliar (23.5%) y producción de biomasa total (37.3 %). Observó también un incremento en la longitud radicular del 19.6% en comparación con las plantas de chile no tratadas con NPsZnO. Estos resultados de promoción de crecimiento pueden ser atribuidos al efecto del Zn como precursor en la biosíntesis de auxinas involucradas en la elongación y división celular [32]. Por otra parte, en un estudio realizado con semillas de cebolla (*Allium cepa*), se encontró que al aplicar NPsZnO en menor concentración, se aumentó la germinación, crecimiento

temprano de las plántulas, mejoró la división celular, sin embargo, estas disminuyeron significativamente en concentraciones más Altas [33]. Con plantas de pepino cultivadas en maceta, obtuvieron incrementos significativos en longitud y biomasa seca de la raíz con la incorporación al suelo de 400 y 800 mg kg<sup>-1</sup> de NPsZnO, estos investigadores consignan que concentraciones elevadas no afectaron negativamente a las plantas [34].

### Efecto de la aplicación de NPs

El efecto de las NPs comienza a manifestarse desde la germinación de las semillas, reflejándose en una mayor emergencia y uniformidad, que se observa en la germinación final, debido principalmente a la penetración de nanomateriales en la semilla, que permiten aumentar la imbibición de agua y micronutrientes, acelerando la degradación de reservas, y beneficiando a las primeras etapas del proceso germinativo [35] También indican que las plantas sometidas a altas concentraciones de NPs sufren pérdida en la capacidad de la germinación, reducción en la tasa relativa de crecimiento, menor viabilidad del polen modifica la expresión de genes y altera la generación de especies reactivas de oxígeno, la aplicación de NPs tiene diferentes efectos importantes sobre la planta, la germinación y el crecimiento temprano de la raíz. [36]. Respecto de la agro nanotecnología, los avances de investigación señalan que NPs metálicas como cobre, óxido de zinc y hierro, cuando se aplican a bajas concentraciones (con 50 ppm o menos), pueden incrementar el porcentaje de germinación de semillas; aumentar su vigor y promover un mayor crecimiento de diversas familias de plantas como solanáceas (tomate y chile) y cucurbitáceas (pepino y melón). También se ha comprobado que altas concentraciones por arriba de 100 ppm causan en la mayoría de los casos efectos fitotóxicos en plántulas. Algunos estudios señalan que concentraciones elevadas (1000 mg L<sup>-1</sup>) causan fitotoxicidad e inhibición de la germinación [37]; mientras que dosis bajas (< 50 mg L<sup>-1</sup>) han demostrado efectos significativos en el crecimiento y desarrollo [38], reflejándose en una mayor biomasa seca y área foliar. Este efecto promotor ha sido atribuido al zinc, por ser este uno de los micronutrientes esenciales demandados para la división celular y por su importancia como componente de varias enzimas [23]; también está implicado en la síntesis de proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos [39].

### Aplicación foliar de ZnO

La aplicación foliar de 1.5 y 10 mg L<sup>-1</sup> de NPsZnO durante 15 días en plantas de garbanzo (*Cicer arietinum*), promovieron mayor altura y biomasa seca. Se ha destacado que la aplicación de zinc en forma de nanofertilizante aplicado al follaje en bajas dosis es más eficiente para promover el crecimiento de las plantas, se ha sugerido que esto se debe a que el zinc es requerido para la producción de biomasa y también porque este microelemento tiene una función muy importante en muchas enzimas involucradas en el proceso fotosintético, así como en la integridad y mantenimiento de las membranas celulares de las plantas [40]. El zinc como nanofertilizante en dosis de 10 mg L<sup>-1</sup> ha promovido mayor crecimiento en plantas de mijo (*Pennisetum americanum*), mayor

---

producción de biomasa seca, longitud de raíz, contenido de clorofila y rendimiento de grano [39].

### **Absorción de las nanopartículas**

Cuando las NPs son aplicadas al follaje se absorben a través de los estomas y su translocación o transporte basipétalo hacia la base del tallo es por el floema (Figura 4). Al ser aplicadas al suelo o en el agua de riego penetran a través de la epidermis de la raíz y la corteza, posteriormente pasan a la endodermis y finalmente entran al tejido conductivo del xilema para ser traslocados a larga distancia hasta las ramas y el follaje de las plantas [41]. Se ha señalado que las paredes y membranas celulares actúan como una eficaz barrera a la entrada de cualquier tipo de NPs, y que la efectividad de su entrada y transporte está determinado por el tamaño de los poros de la pared celular, que están en el rango de 5 a 20 nm [42][43].

### **Toxicidad de las nanopartículas**

Los mecanismos de nano toxicidad siguen siendo desconocidos, sin embargo, están estrechamente relacionados con el producto químico, composición, estructura química, tamaño de partícula y área de superficie [44]. La toxicidad de los NPs puede atribuirse a las siguientes dos acciones: (1) una toxicidad química en base a la liberación de iones (tóxicos); (2) el estrés o estímulos causados por la superficie, el tamaño y/o forma de las partículas. Se han investigado la fitotoxicidad de las NPs de ZnO sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays L.*) y de pepino (*Cucumis sativus L.*). En la prueba de elongación de la raíz, todas las plántulas fueron afectadas al ser expuestas a una concentración de 1,000 mg L<sup>-1</sup> [45]. Las plantas sometidas a altas concentraciones de NPs sufren pérdida en la capacidad de la germinación, reducción en la tasa relativa de crecimiento, menor viabilidad del polen modifica la expresión de genes y altera la generación de especies reactivas de oxígeno [46]. Altas Aplicaciones de NPs provocan fitotoxicidad en las plantas e inducen estrés oxidativo, daño en el ADN y muerte celular, debido a alteraciones estructurales de la célula [47].

## **CONCLUSIONES**

Las Nanopartículas prometen ser una nueva tecnología para el desarrollo exponencial del campo agrícola ya que por su composición y tamaño son de fácil asimilación para la planta además que estas se ocupan cantidades muy pequeñas haciendo más fácil su manejo y aplicación. El zinc es un elemento fundamental para el ser humano ya que participa en innumerables procesos metabólicos, en la planta su beneficio es el retraso del envejecimiento además de actuar directamente en los procesos oxidativos.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Mendoza, G. y Rodríguez, J. (2007) La Nanociencia y la Nanotecnología: una revolución en curso. *Perfiles Latinoamericanos* 29: 161-186.
- [10] Manimaran, M. (2015). A review on nanotechnology and its implications in agriculture and food industry. *Asian Journal of Plant Science and Research*. 5:1315.
- [11] Nuruzzaman, M., Rahman, M.M., Liu, Y. y Naidu, R. (2016). Nanoencapsulation, Nano-Guard for Pesticides: A New Window for Safe Application. *Journal of agricultural and food chemistry*. 64: 1447-1483.
- [12] Duran, N. y Marcato, P.D. (2013). Nanobiotechnology perspectives. Role of nanotechnology in the food industry: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 48: 1127-1134.
- [13] Liu, R., Zhang, H. y Lal, R. (2016). Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) Seed germination: Nanotoxicants or nanonutrients. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227: 1-14. Lin, D. y Xing, B. (2008). Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. *Environmental Science and Technology*, 42: 5580-5585.
- [13] Naderi, M.R., y Danesh-Shahraki, D.A. (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5: 2229-2232.
- [14] Yadav, A.S. y Srivastava, D.S. (2015). Application of Nano-technology in weed management: A Review. *Research & Reviews: Journal of Crop Science and Technology*, 4: 21-23.
- [15] Dubey, A. y Mailapalli, D.R. (2016). Nanofertilisers, nanopesticides, nanosensors of pest and nanotoxicity in agriculture. In *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 307-330). Springer International Publishing.
- [16] Servín, A., Elmer, W., Mukherjee, A., De la Torre-Roche, R., Hamdi, H., White, J.C. y Dimkpa, C. (2015). A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. *Journal of Nanoparticle Research*, 17: 1-21.
- [17] Lira *et al.* (2014) indican que la agricultura es un área donde las nuevas tecnologías se aplican para mejorar el rendimiento de los cultivos. La nano agricultura implica el empleo de NPs, considerando que estas NPs ofrecerán algunos beneficios para los cultivos. La aparición de nuevos nanodispositivos y nanomateriales abren nuevas aplicaciones potenciales en la agricultura y la biotecnología.
- [18] Juárez, A., H. Ortega-Ortíz, F. Pérez-Labrada, G. Cadenas-Pliego y A. Benavides-Mendoza. (2016). Cu Nanoparticles absorbed on chitosan hydrogels positively alter morphological, production, and quality characteristics of tomato. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 89:183-189.
- [19] Razzaq, A, Ammara, R., Jhazab, H.M., Mahmood, T., Hafeez, A. y Hussain, S. (2016). Novel nanomaterial to enhance growth and yield of wheat. *Journal of Nanoscience and Technology*. 2: 55-58.
- [2] Duhan JS, Kumar R, Kumar N, Kaul P, Nehra K (2017) Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture, *Biotechnology Reports* 15: 11-23.
- [20] Servin, A.D. y White, J.C. (2016). Nanotechnology in Agriculture: Next Steps for Understanding Engineered Nanoparticle Exposure and Risk. *Nano Impact*. 1: 9-12.
- [21] Grillo, R., Abhilash, P.C. y Fraceto, L.F. (2016). Nanotechnology Applied to Bio-Encapsulation of Pesticides. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 16: 1231-1234.
- [22] Nuruzzaman, M., Rahman, M.M., Liu, Y. y Naidu, R. (2016). Nanoencapsulation, Nano-Guard for Pesticides: A New Window for Safe Application. *Journal of agricultural and food chemistry*. 64: 1447-1483.
- [23] Pandey, A.C., Sanjay, S.S. y Yadav, R.S. (2010). Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of Experimental nanoscience*. 5:488-97.
- [24] Narendhran, S., P. Rajiv, R. Sivaraj. 2016. Influence of zinc oxide nanoparticles on growth of *Sesamum indicum L.* In zinc deficient soil. *International journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. Vol 8. Issue 3.

- [25] Quispe-Challco, C.R. 2010. Nanotecnología en la agricultura. Revista de información, tecnología y sociedad n.5. Disponible en [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=40442010000200020&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=40442010000200020&lng=es&nrm=iso). ISSN 1997-4044.
- [26] Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. y Rahale, C.S. (2015). Nanofertilizers for balanced crop nutrition. In: Nanotechnologies in Food and Agriculture (pp. 69-80).
- [27] Kumar, G.D., Natarajan, N. y Nakkeeran, S. (2016). Antifungal activity of nanofungicide Trifloxystrobin 25%+ Tebuconazole 50% against *Macrophomina phaseolina*. African Journal of Microbiology Research, 10: 100-105.
- [28] Shende, S., Ingle, A.P., Gade, A. y Rai, M. (2015). Green synthesis of copper nanoparticles by *Citrus medica* Linn. (Idilimbu) juice and its antimicrobial activity. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 31: 865-873.
- [29] Chang, Y., Zhang, M., Xia, L., Zhang, J. y Xing, G. (2012). The Toxic effects and mechanisms of CuO and ZnO nanoparticles. Materials. 5: 2850-2871.
- [30] Maynard, A.D. (2015). Navigating the fourth industrial revolution. Nature nanotechnology, 10(12), 1005-1006.
- [31] Shyla, K.K. y Natarajan, N. (2014). Customizing zinc oxide, silver and titanium dioxide nanoparticles for enhancing groundnut seed quality. Indian Journal of Science and Technology, 7: 1376-1381.
- [32] Zhao, L., Sun, Y., Hernandez, V.J., Servin, A.D., Hong, J.; Niu, G., Peralta, V.J., Duarte, G.M. y Gardea, T.J. (2014). Influence of CeO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles on cucumber physiological markers and bioaccumulation of Ce and Zn: A Life Cycle Study. Journal of agricultural and food chemistry. 61: 11945-11951.
- [33] Méndez Argüello, B., Lira-Saldivar, R.H., Ruiz-Torres, N.A., Cardenas-Flores, A., Ponce-Zambrano, R., VeraReyes, I. Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L.A., De los Santos-Villarreal, G. (2015a). Influencia de nanopartículas de óxido de zinc puras y dopadas con plata en el crecimiento y producción de biomasa en plántulas de chile. XVI Congreso Nacional de Biotecnología 21-26 de junio de 2015. Guadalajara, Jal., México.
- [34] Raskar, S.V. and S. L. Laware. 2014. Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. International Journal of Current Microbiology and Applied Science. ISSN: 2319-7706 volume 3 number 2 pp, 467-473.
- [35] Zhao, L., Sun, Y., Hernandez, V.J., Servin, A.D., Hong, J.; Niu, G., Peralta, V.J., Duarte, G.M. y Gardea, T.J. (2014). Influence of CeO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles on cucumber physiological markers and bioaccumulation of Ce and Zn: A Life Cycle Study. Journal of agricultural and food chemistry. 61: 11945-11951.
- [36] Ruiz-Torres, N.A., L.I. Cruz Ruiz, R.H. Lira-Saldivar, J.I. García López, I. Vera Reyes. 2017. Respuesta a la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc y hierro, en el proceso germinativo de semillas de calabaza (*Cucurbita pepo*). In R.H. Lira Saldivar., B. Méndez Argüello & I. Vera Reyes. AgroBio Nanotecnología: Nuevo Paradigma Científico en la Producción de Alimentos. Saltillo, Coahuila, México. pp 10-24.
- [37] Ruiz-Torres, N. A., García López, J.I., Lira Saldivar, R. H., Vera Reyes, I., Méndez Argüello, B. 2016. Efecto de nanopartículas metálicas y derivadas del carbón en la fisiología de semillas. In R.H. Lira Saldivar, & B. Méndez Argüello, Agronano tecnología nueva frontera de la revolución verde. Saltillo, Coahuila, México. pp 75-114.
- [38] Kyung-Seok, K.S. y Kong, I.C. (2014). Toxic effects of nanoparticles on bioluminescence activity, seed germination, and gene mutation. Applied microbiology and biotechnology. 98: 3295-3303.
- [39] Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K.R. y Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of plant nutrition. 35: 905-927.
- [40] Tarafdar, J.C., Raliya, R., Mahawar, H. y Rathore, I. (2014). Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). Agricultural Research. 3:257-262.

- [4] Wang, S., Liu, H., Zhang, Y. y Xin, H. (2015). Effect of CuO nanoparticles on reactive oxygen species and cell cycle gene expression in roots of rice. *Environmental Toxicological Chemistry*, 34: 554561.
- [40] Burman, U., Saini, M. y Kumar, P. (2013). Effect of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant system of chickpea seedlings. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 95: 605-612.
- [41] Peng, C., Duan, D., Xu, C., Chen, Y., Sun, L., Zhang, H., Yuan, X., Zheng, L., Yang, Y., Yang, J., Zhen, X., Chen, Y. y Shi, J. (2015). Translocation and biotransformation of CuO nanoparticles in rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Environmental Pollution*. 197: 99-107.
- [42] Fleischer, A., O'Neill, M.A. y Ehwald, R. (1999). The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. *Plant Physiology*. 121: 829-838
- [43] Eichert, T., Kurtz, A., Steiner, U. y Goldbach, H.E. (2008). Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. *Physiologia Plantarum*. 134: 151-160.
- [44] Aslani, F., S. Bagheri, N. Muhd Julkapli, A. Shukor Juraimi, F.S. Golestan Hashemi y A. Baghdadi. (2014). Effects of engineered nanomaterials on plants growth: An Overview. The Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 641759, 28 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/641759>.
- [45] Zhang, R., H. Zhang, Ch. Tu, X. Hu, L. Li, Y. Lou y P. Christie. (2015). Phytotoxicity of ZnO nanoparticles and the released Zn (II) ion to corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination. *Environ Sci. Pollut. Res.* p. 1-10.
- [46] Wang, Z., L. Xu, J. Zhao, X. Wnag, J. White y B. Xing. (2016). CuO nanoparticle interaction with *Arabidopsis thaliana*: toxicity, parent-progeny transfer, and gene expression. *Environmental Science & Technology*. 50:6008-6016.
- [47] Ghosh, M., Jana, A., Sinha, S., Jothiramajayam, M., Nag, A., Chakraborty, A. y Mukherjee, A. (2016). Effects of ZnO nanoparticles in plants: Cytotoxicity, genotoxicity, deregulation of antioxidant defenses, and cell-cycle arrest. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 807, 2532.
- [5] Liu, R., Zhang, H. y Lal, R. (2016). Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) Seed germination: Nanotoxicants or nanonutrients. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227: 1-14. Lin, D. y Xing, B. (2008). Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. *Environmental Science and Technology*, 42: 5580-5585.
- [6] Krishnaraj, C., Ji, B.J., Harper, S.L. y Yun, S.I. (2016). Plant extract-mediated biogenic synthesis of silver, manganese dioxide, silver doped manganese dioxide nanoparticles and their antibacterial activity against food and water borne pathogens. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 1: 1-14.
- [7] Martínez-Fernández, D., Barroso, D. y Komárek, M. (2016). Root water transport of *Helianthus annuus* L. under iron oxide nanoparticle exposure. *Environmental Science and Pollution Research*. 23: 1732-1741.
- [8] Vimala, V., Clarke, S.K. y Urvinder Kaur, S. (2016). Pesticides detection using acetylcholinesterase nanobiosensor. *Biosens Journal*, 5: 1-4.
- [9] Dubey, A. y Mailapalli, D.R. (2016). Nanofertilisers, nanopesticides, nanosensors of pest and nanotoxicity in agriculture. In *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 307-330). Springer International Publishing.

---

## TECNOLOGÍA USADA COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA AGRICULTURA

Carlos Rojas Santillán<sup>1</sup>, Ernesto Martínez Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Ags. México. C.P. 20671. Correo electrónico: [rojas.carlos@inifap.gob.mx](mailto:rojas.carlos@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Los sensores en la actualidad se encuentran presentes en la vida cotidiana. Son usados en varias áreas de aplicación industrial, incluyendo monitoreo de procesos y control, salud, ambiente y hábitat, domótica, control de tráfico y se han utilizado cada vez más en el campo de la agricultura (Aparicio & Molano, 2013). Dentro de la gama existente de sensores se encuentran los electromagnéticos, los cuales determinan el contenido de agua y en algunos casos la conductividad eléctrica del suelo (Blonquist, Jones, & Robinson, 2005).

El suelo es el principal recurso que sustenta los nutrientes del cultivo, y sus características de reflexión espectral están relacionadas con sus propiedades físicas y químicas (Xiao, He, Dong, & Nie, 2018). El contenido de humedad del suelo es otro factor clave que influye en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, ya que es una base importante para la gestión de la producción agrícola (Gao et al., 2018), además, se puede mejorar los métodos convencionales utilizados para derivar recomendaciones agronómicas (Viscarra Rossel & Bouma, 2016). Los sensores de suelo se han vuelto más pequeños, más resistentes, más rápidos, más precisos, más eficientes en energía, inalámbricos y más inteligentes (Viscarra Rossel & Bouma, 2016).

Se han desarrollado diversos trabajos donde implementan metodologías para caracterizar sensores electromagnéticos de contenido de agua (Blonquist et al., 2005), también se ha utilizado el diseño y prueba de un sensor de humedad en un perfil de suelo, basado en capas de suelo sensibles (Gao et al., 2018) e implementaron un sensor con una celda inalámbrica alimentada por energía solar para monitorear dinámicamente el contenido de agua del suelo (Sun et al., 2009).

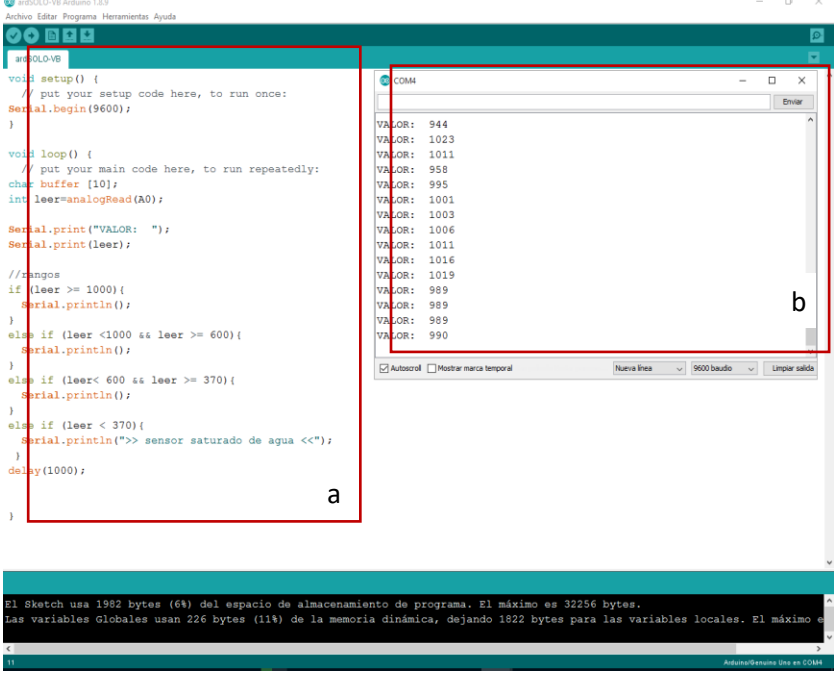
No obstante, a pesar de los avances tecnológicos los sensores que realizan dichas tareas para determinar la humedad en el suelo, son considerados de alto costo para los productores, lo cual no promueve el uso de éstas tecnologías. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de humedad del suelo con un tipo de sensor comercial de bajo costo. Los resultados de este trabajo ayudaran a que puedan ampliar el conocimiento de los agricultores y mejorar los enfoques individuales en su agricultura para optimizar la producción desde los del tipo subsistencia y hasta las grandes granjas industrializadas.



---

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la evaluación y el monitoreo del sistema propuesto para detección de humedad se derivó en dos fases. La primera consistió en la implementación del software libre Arduino de código abierto en la versión 1.8.9, el cual se utilizó para para generar el código de programación, la compilación del mismo y la visualización de la información. Para ello, se muestra en la Figura 1 la interfaz de usuario, las líneas que delimitaron las instrucciones dentro del código principal, la transducción del sensor desplegada en un monitor virtual y los valores detectados en tiempo real.



The image shows the Arduino IDE interface. On the left, a code editor window displays the following C++ code:

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  char buffer [10];  
  int leer=analogRead(A0);  
  
  Serial.print("VALOR: ");  
  Serial.print(leer);  
  
  //rangos  
  if (leer >= 1000){  
    Serial.println();  
  }  
  else if (leer <1000 && leer >= 600){  
    Serial.println();  
  }  
  else if (leer< 600 && leer >= 370){  
    Serial.println();  
  }  
  else if (leer < 370){  
    Serial.println("> sensor saturado de agua <<");  
  }  
  delay(1000);  
}
```

On the right, a serial monitor window displays the following output:

```
VALOR: 944  
VALOR: 1023  
VALOR: 1011  
VALOR: 958  
VALOR: 995  
VALOR: 1001  
VALOR: 1003  
VALOR: 1006  
VALOR: 1011  
VALOR: 1016  
VALOR: 1019  
VALOR: 989  
VALOR: 989  
VALOR: 989  
VALOR: 990
```

Red boxes labeled 'a' and 'b' highlight the code editor and the serial monitor, respectively.

Figura 1. Código (a) y Monitor de valores (b).

Por segundo, se implementó la electrónica Arduino Uno como tarjeta de control principal; El microcontrolador de éste contiene internamente un convertor analógico a digital de 6 canales. El convertor tiene una resolución de 10 bits, devolviendo enteros entre 0 y 1023 (Jecsrespom, 2019) para leer la señal proveniente del módulo de conversión de señal analógica a digital (ADC) a través del puerto A0. La conversión ADC se refiere a un valor de 0 voltios (V) analógico expresado en digital como B0000000000 (0) y el valor de 5 V analógico es expresado en digital como B1111111111 (1023). Por lo tanto, todo valor analógico intermedio es expresado con un valor entre 0 y 1023, es decir, cada aumento de 1 en binario es igual 4,883 mV (mili Voltios) (Subero, 2018). En la Figura 2 se observa la Interconexión entre la tarjeta de control, el módulo ADC, la sonda (sensor de humedad); cuya característica fue generar pulsos electromagnéticos por medio de dos terminales en forma de estaca con una longitud de 4 cm recubierta de material conductor (pistas de

cobre) y un cable para comunicación hacia la computadora. Además, el puerto de conexión USB se utilizó como fuente de alimentación (5 V) de la electrónica.



Figura 2. Integración de la electrónica para detección de humedad.

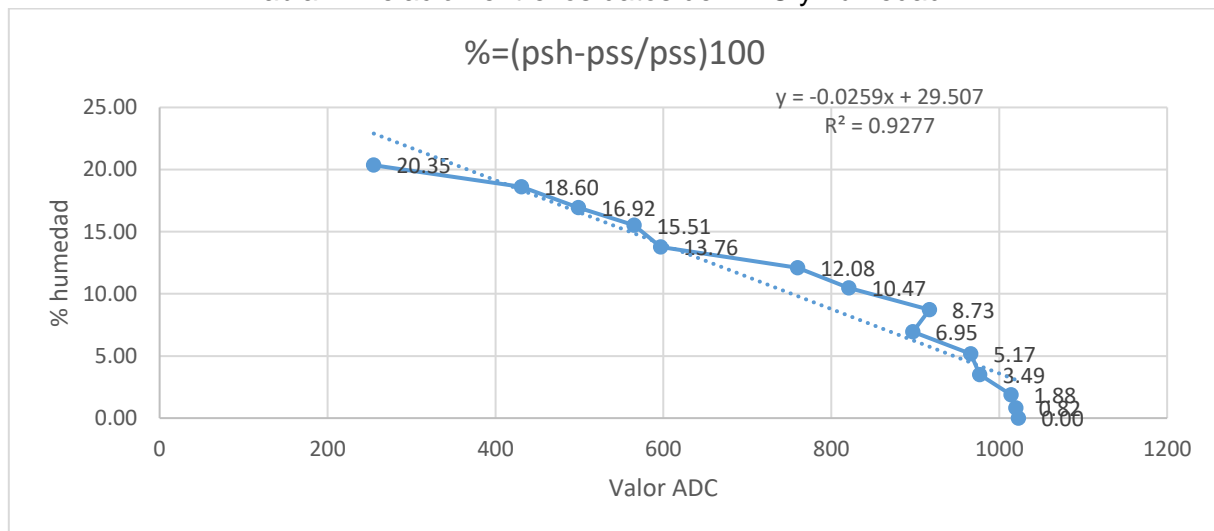
Una vez establecido el funcionamiento correcto entre la interfaz de usuario (software) y la electrónica, se continuó con la caracterización del sensor, tomando en cuenta el registro de la información proveniente de la sonda de humedad. Para ello, la experimentación constó de introducir la sonda en una muestra de suelo concentrado en un recipiente de plástico para someterlo a diversos niveles de conductividad eléctrica conforme se agregaba agua en el suelo. Durante el proceso de validación, se tomó de manera individual el peso del contenedor de plástico (sin suelo), posteriormente se realizó esta práctica, con el recipiente lleno de suelo y cada vez que se agregaban los mililitros de agua se revolvía para lograr una distribución homogénea de humedad y se retomaban las lecturas con el nuevo peso.

Los valores con los que partió la validación de la sonda y la electrónica en conjunto estuvieron sujetos de la siguiente manera: se incrustó la sonda de la punta hasta el borde del material conductivo en una muestra de suelo completamente seco, se registró el valor por el ADC = 1023, partiendo de este como el valor máximo, significó que el suelo contenía 0% de humedad, seguido a esto, se agregó 5 mL de agua y al retomar la medición el sensor marco un valor 1020 (0.82% humedad) de igual forma significó que el suelo permanecía seco. Indistintamente se realizaron 14 muestras consecutivas, incorporando de 5 en 5 mL hasta llegar a un total de 65 mL de agua en el suelo de estudio. Finalmente, la última muestra registro un valor mínimo de 255 en el ADC lo cual representó un 20.35 % de humedad, es decir que conforme disminuía el valor en el ADC incrementaba el valor de humedad (Tabla 1). El contenido de humedad en el suelo se determinó usando la Ecuación 1.

$$\% = \frac{(PSH - PSS)}{PSS} * 100 \tag{1}$$

Donde:  
 PSH: Peso de Suelo Húmedo.  
 PSS: Peso de Suelo Seco.

Tabla 1. Relación entre los datos del ADC y humedad.



### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de la plataforma Arduino como herramienta informática, resulta eficiente al momento de escribir el código, de compilarlo y también es práctico al usar la opción de monitor, ya que permitió ver en tiempo real (visor virtual) la información recopilada a través de la sonda y el resto de la electrónica. Por otro lado, la instrumentación se sujetó a los valores del módulo ADC que al mismo tiempo estuvo relacionado con el voltaje de alimentación (5V). La electrónica del sistema y la sonda en particular es fácil de usar, sin embargo, se encuentra en un área de oportunidad, ya que, en un suelo completamente compacto, el material puede fallar debido a que es frágil. Los valores presentados en la Tabla 1 muestra la relación que existe entre los valores resultantes aplicando la Ecuación 1 y la conversión de los 5V en valor del ADC. Si bien, los registros de conductividad y humedad podrían variar dependiendo del tipo de suelo ya que la composición de cada uno inferiría en la lectura.

Estos resultados proponen una opción de tecnificación con un tipo de electrónica de bajo costo y accesible a adquirir información relevante a esta debido a la cantidad de información que se encuentra en la web.

---

## CONCLUSIONES

El uso de sensores de suelo en la agricultura permite procedimientos alternativos individualizados e innovadores, ayudando a los agricultores a la conservación del suelo. El análisis de los datos recopilados puede proporcionar información sobre el suelo a diferentes escalas para que también se pueda utilizar para desarrollar nueva infraestructura que ayude mejorar el potencial del suelo. Los sensores pueden mejorar los métodos convencionales utilizados para derivar recomendaciones agronómicas. En comparación con el enfoque convencional, los sensores proporcionan mediciones rápidas y reproducibles del suelo en condiciones de campo, Arduino proporcionan una alternativa más barata que evita los problemas por el escaso muestreo, el transporte y la preparación de muestras, y los análisis de laboratorio elaborados. Este tipo de sensores pueden brindar a los agricultores herramientas efectivas para realizar pruebas estratégicas en la granja para verificar las condiciones en las etapas críticas del temporal en diferentes lugares de sus campos. Como tal, los sensores pueden ayudar a expandir el conocimiento de los agricultores ser de gran apoyo en la toma de decisiones y mejorar sus enfoques individuales la agricultura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, F., & Molano, U. (2013). Wireless Sensor Networks Applied to Optimization in Precision Agriculture for Coffee Crops in Colombia Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en Agricultura de Precisión para Cultivos de Café en Colombia. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 5(1), 46–52. Recuperado de ISSN 2145-2628.
- Blonquist, J. M., Jones, S. B., & Robinson, D. A. (2005). Standardizing Characterization of Electromagnetic Water Content Sensors. *Vadose Zone Journal*, 4(4), 1059. <https://doi.org/10.2136/vzj2004.0141>
- Gao, Z., Zhu, Y., Liu, C., Qian, H., Cao, W., & Ni, J. (2018). Design and test of a soil profile moisture sensor based on sensitive soil layers. *Sensors (Switzerland)*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/s18051648>
- Jecsrespom. (2019). ADC. Recuperado de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/adc/>
- Subero, A. (2018). *Programming PIC Microcontrollers with XC8. Programming PIC Microcontrollers with XC8*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3273-6>
- Sun, Y., Li, L., Schulze Lammers, P., Zeng, Q., Lin, J., & Schumann, H. (2009). A solar-powered wireless cell for dynamically monitoring soil water content. *Computers and Electronics in Agriculture*, 69(1), 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.06.009>
- Viscarra Rossel, R. A., & Bouma, J. (2016). Soil sensing: A new paradigm for agriculture. *Agricultural Systems*, 148, 71–74. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.001>
- Xiao, S., He, Y., Dong, T., & Nie, P. (2018). Spectral analysis and sensitive waveband determination based on nitrogen detection of different soil types using near infrared sensors. *Sensors (Switzerland)*, 18(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s18020523>

---

## GERMINACIÓN DE CONIDIOS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN FERTILIZANTES

Carlos Jesús Ruiz-Amaro<sup>1</sup>, Raúl Rodríguez-Guerra<sup>2</sup>, J. Isabel López-Arroyo<sup>2</sup>, Isidro Humberto Almeyda-León<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 66450 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carr. Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México. Autor de correspondencia: rodríguez.raul@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

En el control biológico de plagas por hongos entomopatógenos, estos tienen la ventaja de ser altamente específicos contra plagas blanco, no dañan el ambiente, son inocuos a animales y el hombre y pueden persistir en los cultivos, entre otras (Sharma *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2012). Sin embargo, cualquier avance en estrategias que favorezcan la infección hacia las plagas, debe apoyar su utilización contra las plagas. Tanto fertilizantes aplicados al suelo (Majchrowska-Safaryan *et al.*, 2017; Shapiro-Ilan *et al.*, 2013), como insecticidas (Sain *et al.*, 2019; Abidin *et al.*, 2017) han sido evaluados por su efecto o compatibilidad con hongos entomopatógenos. La rápida germinación de conidios de estos hongos es un factor importante que posibilita una mayor efectividad para que puedan infectar a sus hospedantes. Raymundo-Jiménez *et al.*, (2019) han reportado que el extracto de levadura es capaz de incrementar significativamente la germinación de conidios del hongo *Hirsutella citrifomis* (patógeno de *Diaphorina citri*, vector del huanglongbing de los cítricos), con el inconveniente de que el costo del producto que evaluaron es elevado. También, se ha reportado que factores como surfactantes (Mwamburi *et al.*, 2015) y fuentes de carbón y nitrógeno (Mustafa y Kaur, 2009) pueden influir en la germinación de conidios de hongos entomopatógenos. Considerando que numerosos productos son aplicados a plantas cultivadas y pudieran tener algún efecto sobre agentes de biocontrol, en esta investigación se evaluó el efecto de fertilizantes como fuentes de nutrientes sobre la germinación de conidios de tres hongos entomopatógenos que afectan hemípteros como pulgones y mosquita blanca.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los hongos entomopatógenos utilizados corresponden a *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., e *Isaria* sp, los cuales fueron aislados de hemípteros plaga y se reactivaron de su conservación en agua. La reactivación se realizó a partir de fragmentos de colonias conservadas en agua o aceite mineral, que se transfirieron a cajas Petri conteniendo el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). A partir de las nuevas colonias desarrolladas, nuevamente se transfirió un fragmento de colonia de cada cepa a nuevas cajas Petri conteniendo el mismo medio. A partir de colonias de 38 días de *Metarhizium* e *Isaria*, así como de 41 días de *Beauveria*, se elaboraron suspensiones de conidios en agua estéril a una concentración de  $1 \times 10^6$ . Los fertilizantes utilizados (marcas registradas) y sus

concentraciones fueron Aminocel 500 (0.15 %), ULTRASOL Micro Mix Cítricos (0.6 %), MEGAFOL (0.25 %) y extracto de levadura (Difco, 0.5 %). Además, se incluyó un testigo de agua. En todos los casos se utilizó agua común de pozo, y una vez elaborados se esterilizaron con un filtro de 0.22  $\mu$ .

Para determinar la capacidad de germinación de conidios de los hongos entomopatógenos se colocaron portaobjetos estériles en cajas Petri conteniendo agar agua al 2 %. En cada portaobjeto se colocaron dos alícuotas de 5  $\mu$ L y a cada alícuota se le agregó 15  $\mu$ L de cada fertilizante, extracto de levadura o agua, y se mantuvieron a 26 °C por 18 h. Cuatro repeticiones fueron establecidas (dos cajas Petri, cada una con dos alícuotas sobre el portaobjetos) para cada combinación. En seguida las cajas Petri fueron abiertas para permitir el secado de las alícuotas, se agregó 20  $\mu$ L de lactofenol azul de algodón y se colocó un cubreobjetos sobre cada una.

De cada repetición se determinó el porcentaje conidios germinados de los primeros 100 observados. Se consideró que los conidios germinaron desde que estos desarrollaron una pequeña hinchazón o elongación. Las proporciones de conidios germinados fueron transformadas al arcoseno de la raíz cuadrada de cada valor y se sometieron a análisis estadísticos con dos factores (cepa y fertilizante) en el Programa de Diseños Experimentales ver. 1.6, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2015). Se realizaron pruebas de Tukey ( $p = 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos mostró diferencias en los porcentajes de germinación entre cepas, fertilizantes y en la interacción entre ambos factores, con un valor de 18.8 de coeficiente de variación en el experimento.

Entre las cepas evaluadas *Isaria* sp. mostró el mayor porcentaje de germinación (73.5 %) respecto a *Metarhizium* (56.2 %) y *Beauveria* sp. (56.6 %). Respecto a los fertilizantes, el porcentaje de conidios germinados fue mayor en extracto de levadura al 0.5 % (85.6 %), Aminocel 500 (83.8 %) y Megafol (83.4 %) respecto a agua (39.1 %) y ULTRASOL Micro Mix Cítricos (18.8 %).

En el Cuadro 1 se muestran los promedios de germinación de la interacción entre cepas y fertilizantes. Los conidios de las cepas de *Metarhizium* y *Beuveria* tienen baja capacidad de germinación en agua, mientras que *Isaria* en agua muestra una germinación mayor. El extracto de levadura sobresale en favorecer la germinación de conidios de *Metharhizium*, mientras que el Aminocel favorece la germinación de las otras dos cepas. El fertilizante ULTRASOL Micro Mix Cítricos redujo la capacidad de germinación de *Isaria*, pero incrementó ligeramente la germinación de *Beuveria*, respecto a los porcentajes observados en agua.

Cuadro 1. Valores promedio de porcentaje de germinación de conidios de tres cepas de hongos entomopatógenos en cuatro fuentes de nutrientes.

Entomopatógeno	Fuente de nutrientes				
	Agua	Extracto de levadura	Aminocel 500	ULTRASOL Micro Mix Cítricos	MEGAFOL
<i>Metarhizium</i>	28.5 d*	96.0 ab	66.5 bc	13.5 d	76.7 ab
<i>Beauveria</i>	2.7 d	80.7 ab	86.0 ab	32.2 cd	81.5 ab
<i>Isaria</i>	86.0 ab	80.0 ab	99.0 a	10.7 d	92.0 ab

\* Promedios seguidos de las mismas letras no difieren entre sí (Tukey ( $p = 0.05$ )).

El extracto de levadura incrementó la longitud de las hifas formadas de los conidios germinados, como se muestra en *Metarhizium* (Figura 1), respecto a las otras fuentes de nutrientes. Los resultados anteriores demuestran que los nutrientes contenidos en fertilizantes son capaces de estimular o inhibir la germinación de conidios en el experimento realizado. Desconocemos algún trabajo similar que haya evaluado la capacidad de germinación de fertilizantes químicos en ensayos *in vitro*. Sin embargo, biofertilizantes han mostrado que inhiben la germinación de *Metarhizium* y *Beauveria* (Hirose *et al.*, 2001).

Estos resultados, aunque promisorios, abren la posibilidad de realizar nuevas investigaciones que evalúen el efecto de fertilizantes sobre la germinación de conidios de otros hongos entomopatógenos y agentes de biocontrol de enfermedades de plantas, así como el uso de agua común no estéril sobre la germinación de conidios. Además, debe evaluarse el uso simultáneo de agentes de biocontrol en combinación con fertilizantes compatibles para la nutrición de los cultivos y el control de insectos plaga.

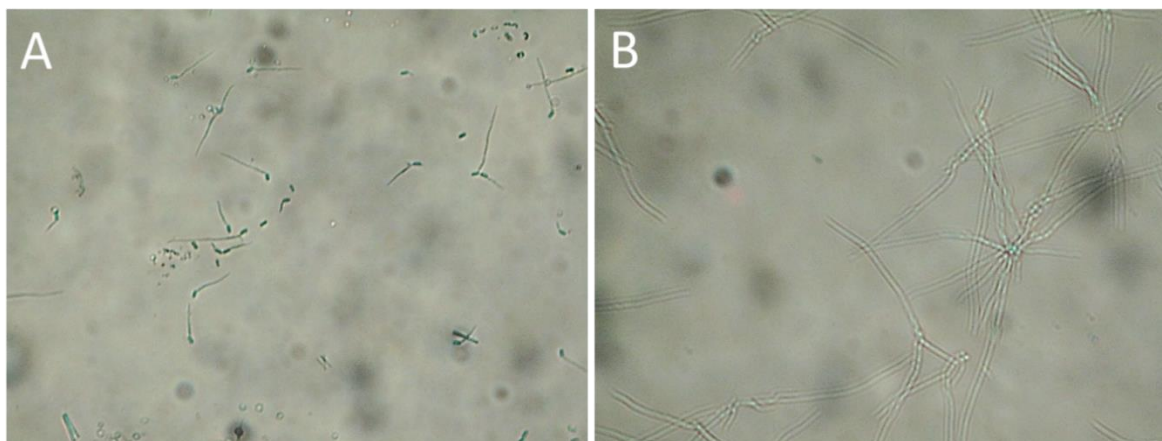


Figura 1. Longitud de hifas de conidios germinados de *Metharhizium* sp. a las 18 h de exposición en agua (A) y extracto de levadura (B).

---

## CONCLUSIONES

La capacidad de germinación de conidios de hongos entomopatógenos en agua es variable, lo que puede afectar su eficiencia al tratar de utilizarlos como agentes de biocontrol. Fuentes de nutrientes como fertilizantes pueden tener capacidad de estimular la germinación de conidios, cuya combinación pudiera tener un impacto favorable en el control biológico de plagas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el apoyo financiero para la realización de esta investigación como parte del Proyecto "Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abidin, A.F., Ekowati, N., Ratnaningtyas, N.I. 2017. Compatibility of insecticides with entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. Scripta Biologica, 4: 273-279.
- Hirose, E., Neves, P.M., Zequi, J.A., Martins, L.H., Peralta, C.H., Moino Jr, A. 2001. Effect of biofertilizers and neem oil on the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. Brazilian Archives of Biology and Technology, 44(4), 419-423.
- Khan, S., Guo, L., Maimaiti, Y., Mijit, M., Qiu, D. 2012. Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. Molecular Plant Breeding 3: 63-79
- Majchrowska-Safaryan, A., Tkaczuk, C., Symanowicz, B. 2017. Effects of the application of a mineral-and-organic fertiliser produced from brown coal on the occurrence and infectious potential of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Ecological Engineering 18: 140-148.
- Mustafa U., Kaur, G. 2009. Effects of carbon and nitrogen sources and ratio on the germination, growth and sporulation characteristics of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates. African Journal of Agricultural Research 3: 922-930.
- Mwamburi, L.A., Laing, M.D., Miller, R.M. 2015. Effect of surfactants and temperature on germination and vegetative growth of *Beauveria bassiana*. Brazilian Journal of Microbiology 46: 67-74. Doi: 10.1590/S1517-838246120131077.
- Olivares, S.E. 2015. Programa de diseños experimentales FAUANL, versión 1.6. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión transportable. emolivares@gmail.com
- Sain, S.K., Monga, D., Kumar, R., Nagrale, D.T., Hiremani, N.S., Kranthi, S. 2019. Compatibility of entomopathogenic fungi with insecticides and their efficacy for IPM of *Bemisia tabaci* in cotton. Journal of Pesticide Science, 44(2), 97-105.
- Shapiro-Ilan, D.I., Gardner, W.A., Wells, L., Cottrell, T.E., Behle, R.W., Wood, B.W. 2013. Effects of entomopathogenic fungus species, and impact of fertilizers, on biological control of pecan weevil (Coleoptera: Curculionidae). Environmental Entomology 42: 253-261.
- Sharma, A., Diwevidi, V.D., Singh, S., Pawar, K.K., Jerman, M., Singh, L.B., Singh, S., Srivastawav, D. 2013. Biological control and its important in agriculture. International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research 3: 175-180.



---

## EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN ÉPOCA ÓPTIMA Y BAJO CONDICIONES DE CAMPO REGIÓN LAGUNERA 2016.

Juan de Dios Ruíz de la Rosa<sup>1</sup>, Lucio Leos Escobedo<sup>1</sup>, Pedro Cano Ríos<sup>1</sup>, Fernanda Vianey Jiménez Beristaín<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, Profesor-Investigador del Departamento de Suelos, Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad. Torreón, Coahuila. <sup>2</sup>Estudiante tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. E. mail: ing.jr\_hort@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Se cultiva en diversos estados principalmente en aquellos de clima cálido en una superficie de 87,970 hectáreas, con una producción de 2, 139,891 toneladas y un rendimiento medio de 24.28 toneladas por hectárea. Los principales estados productores son Coahuila, Sonora, Michoacán, Guerrero y Durango. Sin embargo, Coahuila aporta el 39.06% por ciento de la producción total nacional (SIAP, 2017).

La Comarca Lagunera, región que cuenta con más de mil 800 productores en los municipios de Matamoros, Viesca y San Pedro de las Colonias, con 1,334 hectáreas establecidas y una producción media de 30,594.0 toneladas con un rendimiento medio de 23.20 toneladas por hectárea. Este cultivo genera en la región una importante derrama económica en el campo, además de miles de empleos temporales (SAGARPA, 2016).

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano del año 2016, bajo los siguientes objetivos: Caracterizar el desarrollo vegetativo-reproductivo de 10 genotipos semicomerciales de melón en época óptima, que refiere al mes de marzo. Evaluar el comportamiento agronómico en cuanto a calidad de 10 genotipos, semicomerciales de melón, en cantidad y calidad de producción en época óptima.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación fue ubicado en el área agrícola del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se realizó durante el ciclo primavera-verano del año 2016, con condiciones de campo, en las cuales se evaluaron 10 genotipos de melón semicomerciales (Escape, Oro Rico, Magno, Cruisier, Navigator, Más Rico, Gold Mine, Nitro, Acclaim y Río Rico) establecidos en época óptima. El diseño experimental utilizado fue un Bloques completamente al azar con 10 tratamientos y cinco repeticiones en cada uno de ellos, generando 50 parcelas experimentales. El manejo del experimento se llevó a cabo en base a la tecnología disponible y generada para esta región. La información recabada para la evaluación del comportamiento fue: caracterización de la producción (externas e internas).

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En relación a características externas del fruto, para diámetro polar se encontró diferencia estadística resultando superior el híbrido Escape con 17.22 cm. En diámetro ecuatorial fue superior Gold Mine con 15.74 cm (**Cuadro 1**). Con relación a características internas como

el espesor de pulpa, el genotipo más sobresaliente fue Magno con 3.8 cm y en cavidad interna sobresalió Acclaim con 4.1 cm (**Cuadro 2.**). Todos los híbridos presentan modelo de corcho red, ausencia de costillas, aroma interno y externo. En cuanto a la producción total comercial, “Magno”, fue el mejor con un rendimiento de 48.2 t ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la proporción para categoría de frutos en relación a la producción total: Crusier, Gold Mine, Escape y Río Rico presentaron la mejor respuesta sobre el resto de los híbridos (**Cuadro 3.**).

**Cuadro 1.** Características externas en un estudio de diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma de fruto. (UAAAN-UL 2018).

Genotipos	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Forma
Escape	17.22	15.38	Redonda
Oro Rico	15.16	14.40	Redonda
Magno	16.04	15.36	Redonda
Cruiser	17.22	15.68	Redonda
Navigator	13.44	12.46	Redonda
Más Rico	15.34	15.34	Redonda
Gold Mine	17.14	15.74	Redonda
Nitro	12.08	11.82	Redonda
Acclaim	12.64	11.82	Redonda
Río Rico	13.78	12.1	Redonda
C.V (%)	28.61	28.17	
DMS	5.44	5.06	

**Cuadro 2.** Grosor de pulpa y cavidad interna de fruto. (UAAAN-UL 2018)

Genotipos	Grosor de pulpa (mm)	Cavidad interna (mm)
Escape	35.42 ab	60.27 ab
Oro Rico	34.38 ab	54.76 ab
Magno	38.89 a	62.18 ab
Cruiser	37.71 ab	60.28 ab
Navigator	30.02 ab	53.61 ab
Más Rico	33.15 ab	51.54 ab
Gold Mine	33.76 ab	63.14 a
Nitro	26.92 b	50.00 ab
Acclaim	25.47 b	41.68 b
Rio Rico	25.73 b	46.62 ab
C.V. (%)	27.41	29.89
DMS	11.27	20.86

**Cuadro 3.** Porcentaje de la producción total por categoría de fruto en los diez híbridos de melón semicomercial. (UAAAN-UL 2018).

Genotipos	Porcentaje de frutos (%)					
	14	18	23	27	36	45
Escape	18.4	51.0	0.0	12.0	10.0	8.2
Oro rico	0.0	5.7	5.7	20.0	37.0	31.4
Magno	8.3	43.8	20.8	8.33	19.0	0.0
Cruiser	13.7	39.2	41.2	0.0	2.0	3.9
Navigator	1.9	13.2	0.00	0.0	11.0	73.6
Más rico	0.0	18.4	18.4	28.9	34.0	0.0
Gold mine	25.0	69.4	2.8	0.0	2.8	0.0
Nitro	0.0	70.6	5.9	5.9	0.0	17.6
Acclaim	0.0	27.3	18.2	0.0	45.0	9.1
Rio rico	0.0	88.9	3.7	3.7	0.0	3.7

### CONCLUSIONES

En términos generales en este estudio se obtuvo buena respuesta en calidad. Base: Características internas y externas del fruto. La respuesta en rendimiento comercial fue bastante buena con 48 t ha<sup>-1</sup> para el híbrido Magno. En la respuesta a calidad de producción por tamaño de fruto destacaron Cruiser, Gold Mine, Escape y Río Rico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abarca, R. P. 2017. Manual de manejo agronómico para el cultivo de melón. INIA. Boletín INIA. N. 01. Santiago de Chile.
- Casaca, A. P. 2005. El cultivo de melón. Banco interamericano de desarrollo. Costa Rica.
- Hernández, H., 2004. Características de genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) reticulado en la Región Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México Pp. 16.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- SAGARPA. 2016. La región lagunera ocupa primeros lugares en la producción de melón en nuestro país.
- SAGARAPA. Comunicado de prensa, Coahuila y Durango. Boletín 2016B018

---

## EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN ÉPOCA TEMPRANA Y BAJO CONDICIONES DE CAMPO REGIÓN LAGUNERA 2016.

Juan de Dios Ruíz de la Rosa<sup>1</sup>, Lucio Leos Escobedo<sup>1</sup>, Pedro Cano Ríos<sup>1</sup>, Daniela Rodríguez Castro<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura, Profesor-Investigador del Departamento de Suelos, Profesor-Investigador del Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad. Torreón, Coahuila. <sup>2</sup>Estudiante tesista de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. E. mail: ing.jr\_hort@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El estado de Coahuila, es considerado uno de los principales productores en el país, ya que de las 20 mil hectáreas destinadas a la producción de melón en el país, éste representa poco más del 60 por ciento del total de la producción nacional, lo que equivale a un promedio de seis mil hectáreas, con un rendimiento medio de 32 toneladas por hectárea y una producción total de 564 mil 365 toneladas por año.

La derrama económica que se genera es bastante elevada, además se obtienen miles de empleos temporales. Cabe mencionar que la mayor parte de la producción es destinada a la comercialización nacional. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano del 2016, bajo los siguientes objetivos: Caracterizar el desarrollo vegetativo reproductivo de diez genotipos semicomerciales de melón en época temprana. Evaluar la producción y calidad de diez genotipos, semicomerciales de melón en época temprana.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en área agrícola, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, durante el ciclo primavera – verano del año 2016, considerando una fecha temprana para el cultivo en mención.

Para el estudio se consideraron 10 híbridos de melón comerciales (Escape, Oro Rico, Magno, Cruiser, Navigator, Más rico, Gold mine, Nitro, Acclaim y Río rico) los cuales se establecieron en época temprana bajo condiciones de campo y con manejo orgánico.

El diseño experimental utilizado fue un Bloques completamente al azar con 10 tratamientos y cinco repeticiones en cada uno de ellos, generando 50 unidades experimentales. El manejo del experimento se llevó a cabo en base a la tecnología disponible y generada para esta región. La información recabada para la evaluación del comportamiento fue: caracterización de la producción (externas e internas) Producción comercial.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En relación a características externas del fruto, para diámetro polar se encontró diferencia estadística resultando superior el híbrido Magno con 16.3 cm. En diámetro ecuatorial fue superior Magno con 15.5 cm (**Cuadro 1**). Con relación a características internas, en

espesor de pulpa el genotipo más sobresaliente fue Escape con 3.8 cm. Referente al contenido de sólidos solubles (° Brix) el híbrido que registro el valor más alto fue Navigator con 12.2°. En cuanto a rendimiento comercial (t ha<sup>-1</sup>) el más sobresaliente y superior al resto de los híbridos fue Gold mine con 20.8 ton. La forma de fruto que presentó la mayoría de los híbridos fue la redonda excepto el híbrido Nitro que presentó ligeramente la forma oblonga y Cruiser ligeramente aplanado.

**Cuadro 1.** Características externas en un estudio de diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma de fruto. (UAAAN-UL 2018).

Genotipos	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Forma
Escape	13.38 cd	13.81 b	Redonda
Oro Rico	15.85 b	14.92 b	Redonda
Magno	14.67 cd	13.45 ab	Redonda
Cruiser	13.29 d	15.00 ab	L.Aplanada
Navigator	11.33 e	12.01 cd	Redonda
Más Rico	15.75 b	13.41 bc	Redonda
Gold Mine	17.37 a	15.77 a	Redonda
Nitro	15.47 b	11.70 d	L.Oblonga
Acclaim	15.55 b	14.52 ab	Redonda
Rio Rico	15.80 b	14.35 ab	Redonda
C.V (%)	3.99%	5.22%	
DMS	1.33	1.64	

**Cuadro 2.** Características internas: espesor de pulpa y cavidad interna (UAAAN-UL 2018).

Genotipos	Espesor de pulpa (mm)	Cavidad interna (mm)
Escape	29.92 a	29.92 c
Oro Rico	26.23 a	26.23 de
Magno	24.69ab	24.69 e
Cruiser	25.19bc	25.15 e
Navigator	34.27c	34.27 a
Más Rico	32.39c	32.30 ab
Gold Mine	29.92de	28.64 c
Nitro	28.64e	24.69 e
Acclaim	34.10 e	34.10 a
Rio Rico	36.64e	30.64 bc
C.V (%)	3.68%	3.68 %
DMS	2.42	2.42

## CONCLUSIONES

Para este estudio los híbridos que más destacaron fueron: Magno en tamaño de fruto, Escape en espesor de pulpa y Navigator en sólidos solubles. Los híbridos Magno y Nitro por su parte mejores en cavidad interna. El híbrido Gold Mine, en rendimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, R. P. 2017. Manual de manejo agronómico para el cultivo de melón. INIA. Boletín INIA. N. 01. Santiago de Chile. Pp
- Casaca, A. P. 2005. El cultivo de melón. Banco interamericano de desarrollo. Costa Rica.
- Hernández, H. 2004. Características de genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) reticulado en la Región Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México Pp. 16.

## COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saff.) EN MADUREZ DE CONSUMO

Donaji Sierra-Zurita<sup>1\*</sup>, Alfredo López-Jiménez<sup>2</sup>, Crescenciano Saucedo-Veloz<sup>2</sup>,  
Holber Zuleta-Prada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental "Valle del Guadiana". Carretera Durango-El Mezquital Km 4.5, Durango, Durango. C.P. 34170. México. \*Autor responsable [donaji.sierra@gmail.com](mailto:donaji.sierra@gmail.com). <sup>2</sup> Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco. Texcoco, Edo. De México. C.P. 56230. México. <sup>3</sup> Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola km 38.5. Carretera México-Texcoco, Texcoco, México. C.P. 56230. México.

### INTRODUCCION

Las anonáceas son de importancia económica a nivel mundial porque sus frutos se consumen como frutas frescas, productos semiprocesados y procesados, especialmente postres. A medida que la demanda mundial de sabores exóticos y alimentos saludables se expande, el consumo y utilización de sus frutos también crece (Cordeiro *et al.*, 2004). Actualmente se ha establecido la potencialidad de sus frutos para la salud humana por la presencia de compuestos químicos esenciales para la nutrición (carbohidratos, vitaminas, minerales, entre otros) y por su actividad antioxidante y riqueza de metabolitos secundarios (Hernández *et al.*, 2018). En algunas especies de este género de plantas se han determinado metabolitos como acetogeninas (Bermejo *et al.*, 2005; Moghadamtousi *et al.*, 2015), alcaloides (Rabêlo *et al.*, 2014), ciclopéptidos, diterpenos y flavonoides (Moghadamtousi *et al.*, 2015), los cuales han demostrado que tienen acción anticancerígena (Moghadamtousi *et al.*, 2015), anticonvulsiva (González-Trujano *et al.*, 2006), antitumorale (Schlie-Guzmán *et al.*, 2009) entre otras.

Es importante resaltar que los frutos del género *Annona* poseen una cantidad considerable de compuestos fenólicos (Roesler *et al.*, 2006), estos compuestos ayudan a prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (La Vecchia *et al.*, 2001; Zibadi *et al.*, 2007). Además, se ha comprobado su actividad antiradical, capacidad antioxidante y actividad quelante de Fe. Varios de estos compuestos se han analizado en frutas de este género; por ejemplo *A. muricata* (Hassimotto *et al.*, 2005), *A. squamosa* (Lim *et al.*, 2006), *A. diversifolia* (Julián Loaeza *et al.*, 2011). Sin embargo, dentro de la especie *diversifolia*



existe diversidad fenotípica y color de pulpa, las cuales no todas se han estudiado. El objetivo del trabajo fue conocer la composición nutrimental, así como el contenido de fenoles y flavonoides totales y capacidad antioxidante de frutos de ilama de pulpa blanca y rosa en madurez de consumo, provenientes del Estado de Guerrero.

### **MATERIALES Y METODOS**

Los frutos de ilama de pulpa blanca y pulpa rosa en estado de madurez de consumo tomándose como criterio de cosecha el agrietamiento de los frutos. Fueron colectados en el poblado de el Machito de las Flores, Municipio de Cocula, Estado de Guerrero, ubicado geográficamente a una altitud de 630 m y coordenadas 18° 20' N y 99° 28' O. La temperatura media anual es de 25.7 °C, con precipitación de 132.1 mm, humedad relativa de 65.7 % y humedad de suelo de 0.2 % (Estación Meteorológica 2017-2018, CEP-CSAEGRO). Posteriormente fueron transportados al laboratorio para su posterior análisis.

#### **Análisis nutrimental en pulpa y cáscara**

Se seleccionaron tres frutos al azar de cada color de pulpa, a los que se separó la cáscara y pulpa, ambos componentes se secaron utilizando una estufa de convección (Imperial V Mechanical and gravity convention ovens Dubuque Iowa, EUA) por 72 h a 70 °C, posteriormente se molieron en un molino de acero inoxidable (General Electric Modelo AC 160, EUA). De cada parte del fruto se tomó 0.25 g de tejido seco y se colocaron en tubos de digestión, posteriormente se sometieron a digestión húmeda adicionando 2 mL de una mezcla de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub> y 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 400 °C durante 3 h. Después de la digestión, las muestras se aforaron a 25 mL con agua desionizada y se filtró. La concentración de N se determinó por el método micro-Kjeldahl. El resto de los elementos se determinó mediante un equipo de espectrometría de emisión atómica de inducción de plasma acoplado (ICP-OES Varian 725ES, Australia).

#### **Fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa y cáscara**

Previamente se liofilizó cáscara y pulpa y se tomaron muestras de 0.2 y 0.1 g respectivamente, se colocaron en tubos falcon, enseguida se pusieron en contacto con 10 mL de una mezcla de metanol/agua (4:1 v/v). Se prepararon extractos de los diferentes tejidos basado en la metodología de Wang *et al.* (2010) con modificaciones, los sobrenadantes fueron recuperados y aforados a 10 mL con el disolvente empleado para la

extracción. El contenido de fenoles totales fue determinado por el método de Folin-Ciocalteu adaptado a microplacas (Singleton y Rossi, 1965) adaptado a microplacas, se midió la absorbancia a 765 nm en un lector de microplacas (Synergy 2 Microplate reader, Biotek International, software Gen5) (Biotek Instruments Inc., Winoosky, VT, USA). El rango de la curva de calibración fue de 2.5 a 29.0  $\mu\text{g}$  de ácido gálico  $\text{mL}^{-1}$ . El contenido de fenoles totales fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en base húmeda ( $\text{mg EAG g}_{\text{bh}}^{-1}$ ). Los flavonoides totales fueron determinados de acuerdo al procedimiento de Kubola y Siriamornpun (2011), el intervalo de la curva de calibración de catequina fue de 0 a 130.18  $\mu\text{M}$ . Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de catequina por gramo de muestra en peso fresco ( $\text{mg EC g}_{\text{bh}}^{-1}$ ).

Se determinó la capacidad antioxidante de los frutos mediante los ensayos DPPH (Cheng *et al.*, 2006), ABTS (Re *et al.*, 1999) y FRAP (Benzie y Strain 1996) todos adaptados a microplacas. Para todos los ensayos, la absorbancia se midió a 515, 734 y 595 nm, en un lector de microplacas (Synergy 2 Microplate reader, Biotek International, software Gen5) (Biotek Instruments Inc., Winoosky, VT, USA). Las curvas de calibración estuvieron en un rango de 7.37 a 34.51, 4.99 a 59.93 y 3.84 a 46.10  $\mu\text{M}$ , respectivamente. Los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de muestra en peso fresco ( $\mu\text{mol ET g}_{\text{bh}}^{-1}$ ).

### **Análisis estadístico**

Los análisis se realizaron usando un diseño experimental completamente al azar, las evaluaciones se hicieron por triplicado. Los datos obtenidos de nutrimentos, características organolépticas, fenoles totales y capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y FRAP) se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias empleando la prueba Tukey con un nivel de significancia  $p \leq 0.05$ . El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico Statgraphics versión plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., Manugistics, Inc., Cambridge, MA, EUA).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Composición nutrimental del fruto**

La concentración de nutrientes en la cáscara y la pulpa en frutos de *Annona diversifolia* se muestran en el Cuadro 1. En las muestras analizadas se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el contenido de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. La prueba de Tukey ( $p$

$\leq 0.05$ ) mostró que los frutos de pulpa blanca presentaron los niveles mayores de Mg, Cu, Zn y Mn.; mientras que los frutos pulpa rosa tuvieron las concentraciones mayores de Ca y Fe. En ambos colores de pulpa, la cáscara destacó por sus mayores contenidos de Ca, Mg, Fe, Cu y Zn, y la pulpa por el contenido de Mn.

Cuadro 1. Concentración nutrimental en cáscara y pulpa de frutos de ilama (*Annona diversifolia* Saff) pulpa blanca y rosa, en estado de madurez comercial.

Color de pulpa	mg g <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
<b>Cáscara</b>										
Blanca	7.8 a	1.6 a	13.9 a	<b>1.7 ab</b>	<b>0.9 a</b>	<b>45.3 ab</b>	<b>3.6 a</b>	<b>9.4 a</b>	<b>1.3 a</b>	9.4 a
Rosa	9.3 a	1.6 a	14.1 a	<b>2.2 a</b>	<b>0.8 ab</b>	<b>55.4 a</b>	<b>2.2 ab</b>	<b>5.2 ab</b>	<b>0.2 b</b>	9.9 a
<b>Pulpa</b>										
Blanca	8.2 a	1.1 a	8.5 a	<b>1.2 b</b>	<b>0.6 bc</b>	<b>45.0 ab</b>	<b>1.1 ab</b>	<b>6.9 ab</b>	<b>1.3 a</b>	8.4 a
Rosa	4.8 a	1.1 a	12.5 a	<b>1.7 ab</b>	<b>0.4 c</b>	<b>34.7 b</b>	<b>0.3 b</b>	<b>2.2 b</b>	<b>0.6 ab</b>	7.3 a
DMS	8.59	0.57	6.22	0.97	0.23	19.01	2.65	5.96	0.69	3.79

Promedios (n=3); DMS=Diferencia mínima significativa. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa. (Tukey,  $\rho < 0.05$ ).

En estudios previos se han reportado valores inferiores inferiores de K (3.47 y 3.35 mg g<sup>-1</sup>), Ca (0.0086 y 0.22 mg g<sup>-1</sup>), Mg (0.08 y 0.12 mg g<sup>-1</sup>) y Zn (1.3 y 1.5 mg kg<sup>-1</sup>) para pulpa blanca y pulpa rosa respectivamente (Julián-Loaeza *et al.*, 2011); en cuanto al contenido de fósforo fue superior 0.3 mg g<sup>-1</sup> reportado por Cruz-pineda (2002). Sin embargo, en frutos de guanábana (*Annona Muricata* L.) los contenidos de Ca (39.13 mg g<sup>-1</sup>) y Mg (20 mg g<sup>-1</sup>) (León-Méndez *et al.*, 2016) son superiores a los encontrados en ilama.

La concentración de K en la pulpa de ambos frutos fue similar a lo reportado por Lugwisha *et al.* (2016) en saramuyo (8.73mg g<sup>-1</sup><sub>pf</sub>), especie perteneciente a la familia de las annonaceas, mientras que los contenidos de Fe y Cu fueron inferiores a los encontrados en saramuyo (7.7 y 2.9 mg kg<sup>-1</sup><sub>pf</sub>) (Abdualrahman *et al.*, 2016) (12.7 y 1.2 mg kg<sup>-1</sup><sub>pf</sub>) (Lugwisha

et al., 2016). Y el contenido de B fue inferior al reportado por Otero-Sánchez, 2005 en frutos de la misma especie.

Se ha establecido que los minerales en el fruto se encuentran en bajas concentraciones; sin embargo, ejercen un papel fisiológico muy importante en el desarrollo y crecimiento de los mismos (Hernández *et al.*, 2018). Aunque las frutas no son ricas en minerales, el más abundante en ellas es el potasio (León-Méndez *et al.*, 2016), lo cual coincide con los resultados de este trabajo.

### Fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa y cáscara

En el presente estudio se encontraron diferencias significativas entre el contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante entre los dos tejidos de los frutos (Cuadro 2). El contenido de fenoles totales (CFT) en la cáscara es de 3-4 veces más que en la pulpa en ambos colores. El CFT en ambas pulpas fue superior a los valores reportados en literatura para *Annona diversifolia*, 1.70 mg EAG g<sup>-1</sup><sub>pf</sub> y 1.29 mg EAG g<sup>-1</sup><sub>pf</sub> en pulpa blanca y rosa, respectivamente (Julián-Loeza *et al.*, 2011) y 2.46 mg EAG g<sup>-1</sup><sub>pf</sub> (Moo-Huchin *et al.*, 2014).

El contenido de flavonoides totales (FT) en cáscara fue mayor al de la pulpa. Los frutos pulpa blanca mostraron mayor contenido de flavonoides totales en pulpa y cáscara. El contenido de FT en este trabajo fue mayor a lo reportado por Julián-Loeza *et al.* (2011) 1.07 y 1.52 mg EC g<sup>-1</sup><sub>pf</sub> en pulpa blanca y rosa respectivamente provenientes de Chiapas, por su parte Moo-Huchin *et al.* (2014) encontró en frutos provenientes de Yucatán valores de 2.30 mg EC g<sup>-1</sup><sub>pf</sub>.

Las frutas y los vegetales son las principales fuentes de flavonoides, lo cual ha atraído su interés ya que se ha demostrado que tienen actividad antioxidante, eliminación de radicales libres y en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Yao *et al.*, 2004).

El Cuadro 2 muestra la capacidad antioxidante de la pulpa y cáscara de frutos de ilama. La capacidad antioxidante de los ensayos DPPH, ABTS y FRAP fue más alta en la cáscara que en la pulpa. Los valores hallados de DPPH en la pulpa estuvo en un rango de 77.55 ± 12.05 a 82.86 ± 11.38 μmol ET g<sup>-1</sup><sub>pf</sub>, superiores a 3.57 μmol ET g<sup>-1</sup><sub>pf</sub> reportado por Moo-Huchin *et al.* (2014). En este trabajo la capacidad antioxidante con el ensayo ABTS fue

mayor en la pulpa blanca, sin embargo no hubo diferencias significativas entre ambas pulpas; los valores encontrados para el ensayo ABTS fueron superiores a los reportados por Moo-Huchin *et al.* (2014)  $6.74 \mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{pf}}$  y a los valores reportados por Almeida *et al.*, (2011) para saramuyo ( $6.21 \pm 0.62 \mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ ) y guanábana ( $6.09 \pm 0.13 \mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ ). En cuanto a los valores encontrados para el ensayo FRAP estuvieron en un rango de  $61.95 \pm 6.98$  a  $70.46 \pm 12.42 \mu\text{mol ET g}^{-1}_{\text{bh}}$ .

Cuadro 2. Contenido de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en pulpa blanca y rosa de frutos de ilama cosechados en madurez de consumo.

Tejido	Color	Fenoles totales (mg EAG g <sup>-1</sup> )	Flavonoides (mg EC g <sup>-1</sup> )	DPPH ( $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ )	ABTS ( $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ )	FRAP ( $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ )
Cáscara	Blanca	$31.86 \pm 2.51$ a	$16.71 \pm 1.67$ a	$482.83 \pm 31.55$ a	$62.14 \pm 2.92$ a	$259.62 \pm 52.02$ a
	Rosa	$39.40 \pm 5.35$ a	$17.63 \pm 1.58$ a	$416.51 \pm 78.07$ a	$59.35 \pm 1.20$ a	$284.34 \pm 35.92$ a
Pulpa	Blanca	$8.51 \pm 1.09$ b	$3.60 \pm 0.65$ b	$82.86 \pm 11.38$ b	$17.82 \pm 1.87$ b	$61.95 \pm 6.98$ b
	Rosa	$8.65 \pm 1.49$ b	$3.12 \pm 0.55$ b	$77.55 \pm 12.05$ b	$15.88 \pm 2.31$ b	$70.46 \pm 12.42$ b

Promedios (n=3)  $\pm$  desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa. (Tukey,  $p < 0.05$ ). DPPH: 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, 2,2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl) hydrazyl. ABTS: 2,2'-azino-bis (3 etilbenzotiazolina-6-sulfónico). FRAP: Ferric Reducing/Antioxidant Power.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados podemos decir que el consumo de un fruto de ilama, puede cumplir la satisfacción necesaria diaria de la dieta humana de los componentes potasio y hierro. Así mismo, con los resultados esta especie, tiene gran potencial antioxidante, especialmente sus subproductos (cáscara). Estos resultados destacan que *Annona diversifolia* posee propiedades antioxidantes, especialmente de sus subproductos, lo cual se podría considerar dar valor agregado en la industria farmacéutica y alimentaria. Así mismo la pulpa es una fuente de compuestos fenólicos con actividad antirradical.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

- Abdualrahman, M. A. Y., Ma, H., Zhou, C., Yagoub, A. E. A., Ali, A. O., Tahir, H. E., y Wali, A. (2016). Postharvest physicochemical properties of the pulp and seed oil from *Annona squamosa* L. (Gishta) fruit grown in Darfur region, Sudan. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Almeida, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., de Carvalho Magalhães, C. E., Maia, G. A., & de Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155-2159.
- Benzie, I. F. F., y Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of Plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70–76.
- Bermejo, A., Figadere, B., Zafra-Polo, M.C., Barrachina, E. E. y Cortes, D. (2005). Acetogenins from Annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. *Nat. Prod. Rep.* 22, 269–303.
- Cheng, Z., Moore, J., y Yu, L. (2006). High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(20), 7429-7436.
- Cordeiro M. C. R., A. C. de Q. Pinto y S. R. M. de Andrade, *et al.* (2004). Uses. In: *Annona Species*. J T Williams, R W Smith, A Hughes, N Haq, C R Clement (eds). International Centre for Underutilised Crops. University of Southampton, UK. pp:39-45.
- Cruz Pineda E. (2002). Cultivo de Anona. Boletín Técnico No. 7. Centro de Tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El Salvador. 20 p.
- González-Trujano ME, Tapia E, López-Meraz L, Navarrete A, Reyes-Ramírez A, Martínez A. (2006). Anticonvulsant effect of *Annona diversifolia* Saff. and palmitone on penicillin-induced convulsive activity. A behavioral and EEG study in rats. *Epilepsia*; 47:1810–1817.
- Hassimotto, N. M .A., Genovese, M. I. y Lajolo, F.M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(8), 2928–2935.
- Hernández, C., Guerrero, R., Bracho, B., y Perez, E. (2018). Evaluación del contenido de azúcares y perfil mineral en diferentes estadios de crecimiento del fruto de guanábana. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 35(2), 202-222.
- Julián-Loeza, A. P., Santos-Sánchez, N. F., Valadez-Blanco, R., Sánchez-Guzmán, B. S., y Salas-Coronado, R. (2011). Chemical composition, color, and antioxidant activity of three varieties of *Annona diversifolia* Safford fruits. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1262-1268.
- Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry*, 127(3), 1138-1145. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.115.
- La Vecchia, C., Altieri, A., Tavani, A. (2001). Vegetables, fruit, antioxidants and cancer: a review of Italian studies. *European Journal of Nutrition* 40, 261–627.
- León Méndez, G., Granados Conde, C., Fortich, O., y del Rosario, M. (2016). Caracterización de la pulpa de *Annona muricata* L. cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(4), 1-9.
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., y Tee, J. J. (2006). Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal*, 3, 9-20.
- Lugwisha, E.H., Fabian, C., Othman, O.C. (2016). Postharvest changes in physicochemical properties and Levels of some inorganic elements in sugar apple (*Annona squamosa* L.) fruits of Coast Region, Tanzania. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 4, 41–48. doi: 10.11648/j.jfns.20160403.11.
- Moghadamtousi, S. Z., Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Ali, H. M., y Kadir, H. A. (2015). *Annona muricata* (Annonaceae): a review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. *International journal of molecular sciences*, 16(7), 15625-15658.
- Moo-Huchin, V. M., Moo-Huchin, M. I., Estrada-León, R. J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I. A., Ortiz-Vázquez, E., & Sauri-Duch, E. (2015). Antioxidant compounds, antioxidant activity and

- 
- phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food chemistry*, 166, 17-22. doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.013.
- Otero-Sánchez, M. A. (2005). Fenología, fisiología y producción de ilama (*Annona diversifolia* Saff.). Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo de México, 196 p.
- Rabêlo, S. V., Costa, E. V., Barison, A., Dutra, L. M., Nunes, X. P., Tomaz, J. C. y Almeida, J. R. (2015). Alkaloids isolated from the leaves of atemoya (*Annona cherimolax* *Annona squamosa*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 25(4), 419-421.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., y Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Roesler, R., Malta, L.G., Carrasco, L.C., Pastore, G. (2006). Evaluation of the antioxidant properties of the Brazilian Cerrado fruit *Annona crassiflora* (Araticum). *Journal Food Science* 71(2), C102–C107.
- Schlie-Guzmán, M. A., García-Carrancá, A., y González-Esquinca, A. R. (2009). In vitro and in vivo antiproliferative activity of laherradurin and cherimolin-2 of *annona diversifolia* saff. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 23(8), 1128-1133.
- Singleton, V. L. y Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3), 144-
- Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi, J., Tomás-Barberán, F. A., Datta, N., Singanusong, R., et al. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59, 113–122.
- Zibadi, S., Farid, R., Moriguchi, S., Lu, Y., Foo, L.Y., Tehrani, P.M., Ulreich, J.B. y Watson, R.R. (2007). Oral administration of purple passion fruit peel extract attenuates blood pressure in female spontaneously hypertensive rats and humans. *Nutrition research* 27(7), 408–416.

---

## FOTOSÍNTESIS DEL SORGO FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA

M. Inés Soriano Fernández<sup>1</sup>, Edmundo Castellanos Pérez<sup>1</sup>, Ana I. Maraña Santacruz<sup>1</sup>,  
J. Ernesto Frías Ramírez<sup>2</sup>, Marco A. Inzunza Ibarra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Torreón, <sup>3</sup> INIFAP CENID-RASPA  
[ecastellmx@yahoo.com.mx](mailto:ecastellmx@yahoo.com.mx)

### INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera los forrajes principales son maíz, sorgo y alfalfa para la alimentación del bovino lechero y del bovino de carne estabulado (Reta *et al.*, 2010). En 2010 se sembraron en México 71067 ha de riego de sorgo forrajero. En el estado de Durango se sembraron 11975 ha y en el estado de Coahuila 27796 ha, de las cuales 25257 ha se sembraron en la Región Lagunera. En 2012 se sembraron 81398 ha en México, la mayor cantidad de superficie de riego de sorgo forrajero de los años recientes. En Durango en ese año se sembraron 13888 ha y en Coahuila 34144 ha, correspondiendo 30505 ha a la Región Lagunera sembradas de sorgo. Para 2018 fueron sembradas a nivel nacional 46048 ha, en el estado de Durango 8467 ha y en Coahuila 17581 ha (SIAP 2019). El objetivo de este estudio fue medir en sorgo forrajero la fotosíntesis neta y el uso eficiente del agua para fijar CO<sub>2</sub> a diferentes horas del día.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo agrícola experimental 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. La siembra fue el 15 de Julio de 2017 del sorgo silo miel. Cada 10 días se regó con riego superficial. Se tomaron las lecturas con el medidor de fotosíntesis CI-340 Cid, Inc. en tres horarios, a las 9 h, a las 11 h y a las 14 h en 10 hojas de sorgo, en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 2017.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados se muestran en los cuadros 1 y 2 con la fotosíntesis neta en  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (Fn) y la eficiencia del uso del agua en la fijación de  $\mu\text{mol}$  de CO<sub>2</sub> por  $\text{mmol}$  de agua transpirada. En las tres fechas de muestreo de Agosto la fotosíntesis neta (Fn) fue



menor a las 9 h, siendo mayor a las 11 h el 25 y el 30 de Agosto. La eficiencia del uso del agua fue mayor a las 9 h, seguida por la eficiencia de las 11 h, siendo a las 14 h donde se encontró menor eficiencia del uso del agua en el sorgo forrajero en las tres fechas de muestreo del mes de Agosto (Cuadro 1). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue menor a las 11 h el 21 de Agosto, y la RFA de las 9 h y la de las 14 h fue similar. El 25 de Agosto la RFA fue menor a las 9 h, y similar a las 11 h y las 14 h. El 30 de Agosto la RFA fue similar a las 9 h y las 14 h, presentando mayor cantidad a las 11 h (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fotosíntesis neta en  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (Fn), y eficiencia del uso del agua (Fn/transpiración) en la fijación de  $\text{CO}_2$  del sorgo en Agosto de 2017 en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.

Fecha	hora	R. F. A. <sup>1</sup>		Eficiencia Fn/Transpiración			
		$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	D.E. <sup>2</sup>	Fn	D.E.	$\mu\text{mol}/\text{mmol}$	D.E.
21_Agosto_2017							
	9 h	312.96	76.73	37.64	5.99	28.06	33.21
	11 h	244.10	34.60	42.58	6.42	17.24	18.09
	14 h	319.24	22.97	49.60	4.78	11.82	9.80
25_Agosto_2017							
	9 h	209.95	60.49	30.98	5.11	36.12	15.68
	11 h	409.57	62.06	42.65	10.33	13.91	7.62
	14 h	410.84	87.31	38.09	12.63	8.11	2.53
30_Agosto_2017							
	9 h	231.37	98.43	23.64	14.92	24.79	16.87
	11 h	433.80	151.10	41.58	24.18	12.61	6.95
	14 h	283.69	148.33	30.89	13.32	11.18	5.98

<sup>1</sup> Radiación fotosintéticamente activa. <sup>2</sup> Desviación estándar.

En dos de las tres fechas de muestreo de Septiembre y la fecha de Octubre, la Fn fue mayor a las 11 h, y el 5 de Septiembre se fue incrementando de las 9 h a las 14 h (Cuadro 2). El 5 de Septiembre la eficiencia en el uso del agua fue similar en los tres horarios muestreados. El 12 de Septiembre y el 3 de Octubre, la mayor eficiencia en el uso del agua fue a las 9 h, y el 26 de Septiembre a las 11 h. La menor eficiencia en el uso del agua fue a las 14 h el 12 y 26 de Septiembre y el 3 de Octubre, aunque en esta última fecha fue similar a las 11 h (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fotosíntesis neta en  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (Fn), y eficiencia del uso del agua (Fn/transpiración) en la fijación de  $\text{CO}_2$  del sorgo en Septiembre y Octubre de 2017 en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.

Fecha	hora	R. F. A. <sup>1</sup> $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	D.E. <sup>2</sup>	Fn	D.E.	Eficiencia Fn/Transpiración $\mu\text{mol}/\text{mmol}$	D.E.
05_Septiembre_2017							
	9 h	64.44	27.34	10.49	6.57	28.85	17.56
	11 h	128.20	24.46	19.28	16.24	22.83	18.70
	14 h	174.21	39.41	24.36	7.98	26.25	21.19
12_Septiembre_2017							
	9 h	167.92	55.08	19.72	7.88	21.99	11.11
	11 h	439.00	79.90	45.97	26.00	16.19	13.51
	14 h	476.18	86.59	42.99	8.64	8.08	2.55
26_Septiembre_2017							
	9 h	65.23	14.72	16.07	7.53	12.37	9.10
	11 h	295.78	123.61	53.79	46.90	20.25	19.21
	14 h	475.74	90.65	42.16	12.76	7.87	1.36
03_Octubre_2017							
	9 h	35.66	12.94	8.09	7.53	30.26	19.12
	11 h	321.71	107.1	41.26	8.12	10.58	4.15
	14 h	239.27	103.2	36.87	12.35	11.40	5.18

<sup>1</sup> Radiación fotosintéticamente activa. <sup>2</sup> Desviación estándar.

La RFA fue menor en la fecha 5 de Septiembre que en las otras dos fechas de Septiembre y la de Octubre. La RFA fue menor a las 9 h y mayor a las 14 h en las tres fechas de muestreo de Septiembre y, en la fecha de Octubre fue mayor a las 11 h. Esta disminución de F<sub>n</sub> a las 14 h puede ser fotoinhibición reversible (Aro *et al.*, 1993; Rintamäki *et al.*, 1997) como una medida para soportar radiaciones solares altas, estrés hídrico, temperaturas extremas, entre otros factores (Castellanos, 2001; Castellanos *et al.* 2005; Lovelock y Winter, 1996) aunque en este estudio no se presentó estrés hídrico lo que puede ser factor para la menor eficiencia del uso del agua a las 14 h.

### CONCLUSIONES

En general, se presentó mayor fotosíntesis neta a las 11 h, por lo que posible fotoinhibición fue presente a las 9 h y 14 h. La menor eficiencia en el uso del agua a las 14 h se debió probablemente a que no hubo estrés hídrico.

### BIBLIOGRAFIA

- 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., 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. 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.
- Reta, S.D., U. Figueroa V., R. Faz C., G. Nuñez 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.
- SIAP. 2019. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacional\\_Cultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacional_Cultivo.do). Acceso 1 de Agosto 2019.

---

## **AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y EL INTERNET DE LAS COSAS IoT**

Soto-Álvarez, Claudia Elena\*; Ruíz-Ortega, Francisco Javier; Rodríguez-Torres, María Estela; Esquivel-Murillo, Karina; Duarte-Ramírez, Rosario

Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila México. \*Autor responsable: clausotoitt@hotmail.com

### **INTRODUCCION**

Actualmente la Agricultura ha evolucionado Tecnológicamente y ha comenzado a emplear técnicas y tecnologías agrícolas de alta gama para mejorar la eficiencia de su trabajo cotidiano, aplicando el Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura de precisión, que es conocida también como agricultura inteligente. La agricultura de precisión hace referencia a la gestión de parcelas agrícolas o invernaderos mediante la monitorización, el procesamiento y la actuación de la variabilidad inter e intra-cultivo (Ge, Thomasson & Sui, 2011). La agricultura de precisión contribuye a i) combatir las enfermedades epidémicas mediante la aplicación de la cantidad y tipo adecuado de fertilizante y fungicida, ii) Optimizar el consumo de recursos (agua, fertilizantes, etc.), y iii) Proporciona un valor añadido a la producción agrícola al generar productos más saludables (Khattab, Abdelgawad & Yelmarthi, 2016).

Hoy en día el uso de Internet se ha convertido en una herramienta importante en nuestra sociedad debido a que nos permite la comunicación, la búsqueda y la transferencia de información eliminando las barreras del tiempo y el espacio, y sin requerimientos tecnológicos, ni económicos relativos, representando una amplia oportunidad para mejorar el desarrollo agrícola.

Derivado de éste surge el IoT, sistema de dispositivos de computación interrelacionados, con máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red. Este ha evolucionado desde la convergencia de tecnologías inalámbricas, sistemas micro-electromecánicos (MEMS), micro servicios e internet.

IoT es una tecnología que ha tomado un fuerte impulso en los últimos años entre los investigadores, académicos y desarrolladores como una tecnología viable para su aplicación en el sector agrícola (Ma, Zhou, Li & Li, 2011; Lee, Hwang & Yoe, 2013). IoT es una tecnología que ha tenido un fuerte impulso en los últimos años. Diferentes trabajos proponen arquitecturas y plataformas IoT para diferentes aplicaciones como la agricultura, ciudades inteligentes y cuidado de la salud (Ganchev, Ji & O'Droma, 2014; Guo & Zhong, 2015; Jayaraman, Palmer, Zaslavsky & Georgakopoulos, 2015). IoT permite que la información recolectada se envíe a Internet en tiempo real, de tal manera que los sistemas de información puedan procesar los datos y notificar a los agricultores condiciones anormales para poder tomar decisiones o medidas que contribuyan a mejorar el proceso productivo.

En este trabajo se presenta una aplicación IoT prototipo que tiene como objetivo el apoyo a los productores agrícolas en la toma de decisiones través del monitoreo, procesamiento e interpretación de datos ambientales adquiridos por una serie de sensores (temperatura,

humedad y luminosidad) enviados a un servidor en la nube utilizando tecnología GSM dentro de un Invernadero ubicado en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Torreón.

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales

El Shield GPRS/GSM SIM900.

Es la forma más sencilla de conectar el proyecto con Arduino a la red celular y de esta forma poder enviar y recibir mensajes de texto (SMS), llamadas de voz y hasta conectarte a Internet vía GPRS y entrar así al mundo del **Internet de las cosas** (IoT). Este shield trabaja en las bandas de 850/900/1800/1900MHz permitiendo añadir fácilmente SMS, GSM/GPRS a Arduino.

El chip principal del shield es el SIM900 que básicamente es un modem GSM/GPRS. El SIM900 soporta comandos AT, y mediante el uso de los comandos permite enviar y recibir SMS, llamadas y conectarnos a Internet. Los comandos AT se envían de forma serial, y podemos enviarlos desde nuestro Arduino utilizando un puerto serial por software en los pines D7 y D8 o directamente desde el conversor USB-Serial de la placa Arduino utilizando los pines D0 y D1. La placa posee dos jumpers que permiten seleccionar los pines para la comunicación serial.

Utilizar el Shield SIM900 GSM/GPRS (Figura 1) con Arduino es muy sencillo. Primero debemos insertar una tarjeta SIM en el slot correspondiente. Para alimentar el shield tenemos 2 opciones, seleccionables mediante un switch en placa: podemos alimentar el shield con nuestro Arduino o alimentar el Shield con una fuente independiente. Si optamos por una fuente externa o independiente recomendamos utilizar fuentes entre 9V a 12V DC y que puedan suministrar corrientes mayores a 1 amperio, la fuentes 9V para Arduino es una buena opción. El Shield incluye una antena con conector SMA, pero si deseamos realizar una pequeña extensión de la ubicación de la antena podemos optar por una de estas antenas: Antena GSM lineal con conector IPEX o Antena GSM con conector IPEX. El shield es perfectamente compatible con Arduino Uno y Leonardo, para trabajar con Arduino Mega debemos cablear los pines D7 y D8 a los pines RX1 y TX1.



Figura 1. SIM900 GSM/GPRS. Tomada de <https://hetpro-store.com/images/detailed/2/SIM900-imagen-frontal.jpg>

### Arduino MEGA

El Arduino Mega 2560 (Figura 2) es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB,

jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO.

Además es una marca de microcontroladores mundialmente conocida por los amantes de la electrónica, la programación y la robótica. Es un proyecto Open Source que pone a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega. Es posible comprar una placa Arduino armada o conseguir las piezas para uno mismo desarrollar sus propios dispositivos.



Figura 2. Arduino MEGA 2560. Tomada de <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51Zn%2B1GpmnL.jpg>

### Sensores

El sensor de temperatura DS18B20 (Figura 3 a.) es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza comunicación por protocolo serial digital OneWire. Este protocolo de comunicación permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable. A diferencia de otros, que utilizan dos o más líneas de comunicación digital. Para leer el sensor con un Arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a nuestra placa de desarrollo. Entonces las librerías son las siguientes: Dallas Temperature y OneWire.

Entre sus características se presenta una resolución de 9 y 12 bits, cuenta con un rango de operación de -50 a 125 grados Centígrados, Precisión +- 0.5 grados, el Protocolo OneWire, es muy provechoso para proyectos que requieren mediciones precisas y confiables.

El DHT11 (Figura 3 b.) es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica). Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos.

Características: Alimentación:  $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$ , Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C, Precisión de medición de temperatura:  $\pm 2.0$  °C., Resolución Temperatura: 0.1°C, Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH., Precisión de medición de humedad: 4% RH., Resolución Humedad: 1% RH, Tiempo de sensado: 1 seg.

LDR (GL55) (Figura 3 c.) un fotoresistor, o LDR (light-dependent resistor) es un dispositivo cuya resistencia varía en función de la luz recibida. Podemos usar esta variación para medir, a través de las entradas analógicas, una estimación del nivel de luz. Un fotoresistor está formado por un semiconductor, típicamente sulfuro de cadmio CdS. Al incidir la luz sobre él algunos de los fotones son absorbidos, provocando que electrones pasen a la banda de conducción y, por tanto, disminuyendo la resistencia del componente. Por tanto, un fotoresistor disminuye su resistencia a medida que aumenta la luz sobre él. Los valores típicos son de 1 Mohm en total oscuridad, a 50-100 Ohm bajo luz brillante. Por otro lado, la variación de la resistencia es relativamente lenta, de 20 a 100 ms en función del modelo. Esta lentitud hace que no sea posible registrar variaciones rápidas, como las producidas en fuentes de luz artificiales alimentadas por corriente alterna. Este comportamiento puede ser beneficioso, ya que dota al sensor de una gran estabilidad.

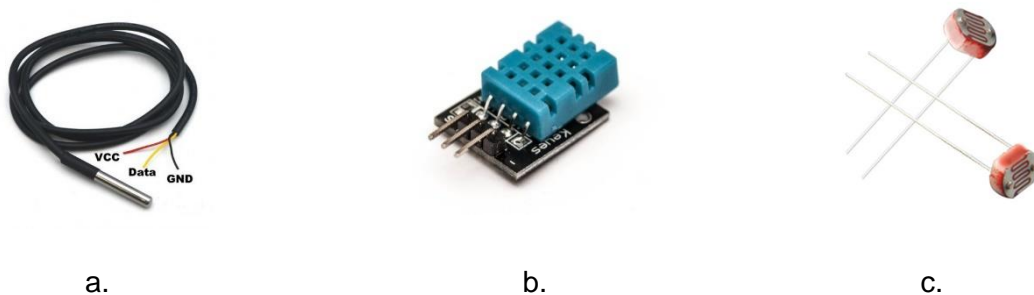


Figura 3. a). Sensor de temperatura DS18B20, b). Sensor de humedad DHT11 y c). sensor de luminosidad LDR (GL55).

Fuente: Tomadas de a) [https://store.zamper.cl/38-medium\\_default/sensor-de-temperatura-digital-ds18b20.jpg](https://store.zamper.cl/38-medium_default/sensor-de-temperatura-digital-ds18b20.jpg), b) [https://leantec.es/wp-content/uploads/2018/02/p\\_1\\_3\\_5\\_4\\_1354-Modulo-DHT11-SENSOR-DE-TEMPERATURA-Y-HUMEDAD-PARA-ARDUINO-DHT-11.jpg](https://leantec.es/wp-content/uploads/2018/02/p_1_3_5_4_1354-Modulo-DHT11-SENSOR-DE-TEMPERATURA-Y-HUMEDAD-PARA-ARDUINO-DHT-11.jpg), c) <https://www.luisllamas.es/wp-content/uploads/2015/03/ldr-gl55.png>

### Software de código abierto IDE

El código abierto Arduino Software (IDE) hace que sea fácil de escribir código y subirlo. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y basadas en el procesamiento y otro software de código abierto. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino.

### Métodos

#### Estructura

La figura 4 presenta el modelo conceptual de la aplicación. El modelo de topología de red está basado en sensores y un modelo de comunicación plano al interior del invernadero. El microcontrolador tiene la responsabilidad de recolectar información dentro del invernadero recibiendo la señal de los sensores y este a su vez manda datos analógicos del medio ambiente a la nube. La información recolectada se envía a la nube a través de una conexión de red celular (3G/4G).



Figura 4. Modelo conceptual de la aplicación

### Diseño del hardware

El prototipo está compuesto por tres diferentes tipos de sensores: DHT11, DS18B20, y LDR (GL55), El Shield GPRS/GSM SIM900 y Microcontrolador Arduino MEGA.

La figura 5 muestra un diagrama general de la forma de configurar el prototipo. La estrecha interrelación de estos elementos compone la arquitectura hardware del sistema.

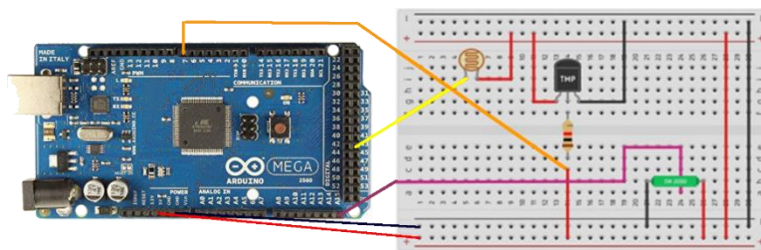


Figura 5. Diagrama de arquitectura de prototipo.

**Microcontrolador:** Para el desarrollo del prototipo se utilizó la placa arduino mega la cual tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO.

**Sensores:** La placa desarrollada tiene capacidad de interconexión de 2 diferentes tipos de sensores analógicos y digitales. Para el prototipo se usaron tres sensores, el sensor de temperatura y humedad DHT11, el sensor de temperatura DS18B2 y el sensor de luminosidad LDR (GL55) para medir las diferentes condiciones del ambiente al interior del invernadero.

El sensor DHT11 obtiene el valor de la humedad relativa (H.R.) y temperatura ambiental (el cual no se utiliza por que la precisión es de 1 grado) del entorno interno inmediato al sensor. El sensor de temperatura empleado DS18B2. Finalmente, se obtiene la intensidad de luminosidad del área para lo cual se requiere de un sensor LDR (GL55).



Cuando el prototipo se activa, primero realiza la configuración de sensores, librerías, puertos, entre otros elementos necesarios para cumplir su función. Se toman decisiones a nivel lógico para conocer si es necesario enviar información o recibirla. El prototipo ejecuta las diferentes instrucciones para la recolección de datos y los transmite a la nube en formato digital, estos se almacenan y son procesados mediante una serie de algoritmos, los resultados son enviados al cliente, donde una aplicación web los recibe en formato JSON y en la capa de presentación son mostrados al cliente de forma tabular o gráficos o ambos, según sea el caso para que la información presentada pueda ser interpretada y así poder tomar decisiones con respecto que acciones a realizar.

Comunicación: Se lleva cabo utilizando tecnología (GPRS/GSM) con el Shield GPRS/GSM SIM900.

## PRUEBAS DE LABORATORIO

Dentro de las múltiples pruebas que se realizaron en laboratorio se encuentran el sensado de los datos de temperatura, teniendo como testigo un termómetro de mercurio para su calibración correspondiente, sensado de humedad relativa y luminosidad, Figura 6 y 7. Una vez configurados y calibrados los sensores, al prototipo se le inserta el módulo Sim900, con un chip 4G para el envío de información utilizando comandos AT, algunas de las configuraciones son AT+CIPSTATUS: consulta el estado de la conexión, AT+CIPMUX=0: configura el dispositivo para una conexión IP, AT+CSTT="compañía celular","usuario","contraseña": configuración del APN con el servicio de telefonía celular, AT+CIICR: realiza una conexión inalámbrica GPRS o CSD, AT+CIPSTART="TCP","url","puerto": indica la conexión con la url y puerto, AT+CIPSEND: envía datos a través de una conexión TCP u UDP y por último el comando Sim900Serial.println("Webservice"): envía la información a un webservice utilizando el método GET.

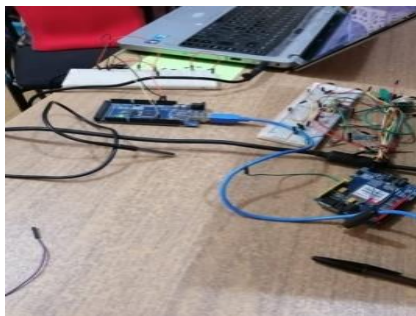


Figura 6 y 7.- Pruebas de laboratorio

En las pruebas realizadas se recabaron más de 16 mil registros de los sensores durante un periodo de 7.5 días, de manera continua, con un promedio de 1.5 registros por minuto. La Figura 8 muestra un ejemplo de los datos recolectados para la temperatura de los sensores.

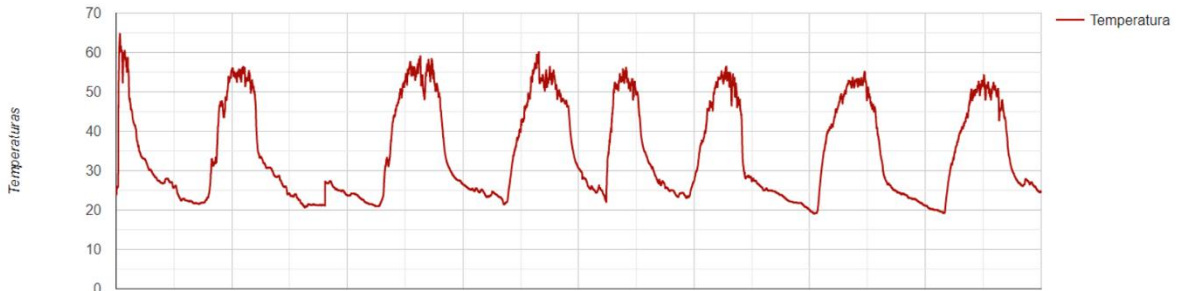


Figura 8. Grafica de temperaturas

En las gráficas generadas por la plataforma se puede consultar los datos por día, semana, mes y año, en cada apartado muestra el promedio de cada uno de los parámetros monitoreados. Además, la página cuenta con apartados para la configuración de los mismos sensores, es decir, se puede modificar el tiempo de monitoreo de acuerdo a las necesidades del usuario (Figura 9).

### RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación desarrollada en esta investigación en la cual se realiza la toma de lectura del medio ambiente de un invernadero a través de un prototipo por medio de sensores, SIM900 y Microcontrolador Arduino MEGA se obtuvieron resultados que nos permitieron conocer cambios en las condiciones climáticas del mismo, llevar un registro automático y con ello tomar las medidas necesarias para el buen desarrollo de los cultivos proporcionándoles las condiciones adecuadas en cuanto a condiciones climáticas evitando el estrés de las plantas debido a condiciones climáticas extremas.

Los resultados obtenidos en la experimentación mostraron el funcionamiento eficiente del sistema, el porcentaje de pérdida de datos en la transmisión fue nula. Los beneficios para los agricultores obtenidos por el sistema son el acceso en tiempo real de las condiciones del área de cultivo, la reducción en el uso de recursos a través de la aplicación exacta en los tiempos adecuados, contribuyendo así a una producción más sustentable.



Figura 9.- Plataforma web, para la administración, monitoreo y toma de decisiones

---

## CONCLUSIONES

Cada día se presenta más el uso de la tecnología en todas las áreas y la agricultura no es la excepción, derivado de esto contamos con nuevas formas de integrarlas tal es el caso del Internet de las cosas (IoT), Esta tecnología nos permitió recopilar, transmitir, almacenar, procesar los datos obtenidos por los sensores instalados para presentarle al agricultor un panorama general de lo que está ocurriendo dentro del invernadero, y así poder tomar decisiones basadas en información y no de forma tradicional, con este tipo de investigaciones se pretende mejorar el cuidado del medioambiente realizando buenas prácticas de labranza ofreciendo una mejor calidad de vida y reducir los costos de producción. Esta aplicación es una solución completa que incluye un diseño de bajo costo y consumo energético, protocolos de comunicación y una aplicación de visualización de datos y control del sistema. Es por esto que la agricultura de precisión reduce gastos de inversión e impacto ambiental. Utilizando para ello tecnologías como el GPS, GIS, sensores remotos, monitores de rendimiento/aplicación, maquinaria inteligente y software especializado. Dado que depende de tecnología especializada, su ejecución requiere esfuerzos multidisciplinarios entre ciencias agrícolas, sistemas de información, ingeniería y robótica.

## BIBLIOGRAFIA

- Ganchev, I., Ji, Z. and O'Droma, M. 2014. "A generic IoT architecture for smart cities," 25th IET Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies (ISSC 2014/CICT 2014), Limerick, pp. 196-199. doi: 10.1049/cp.2014.0684.
- Ge, Y., Thomasson, J. A. and Sui, R. 2011. "Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review," *Frontiers Earth Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 229–238.
- Guo, T. and Zhong, W. 2015. "Design and implementation of the span greenhouse agriculture Internet of Things system," *International Conference on Fluid Power and Mechatronics (FPM)*, Harbin, 2015, pp. 398-401. doi: 10.1109/FPM.2015.7337148.
- Jayaraman, P. P., Palmer, D., Zaslavsky, A. and Georgakopoulos, D. 2015 "Do-it-Yourself Digital Agriculture applications with semantically enhanced IoT platform," 2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), Singapore, pp. 1-6. doi: 10.1109/ISSNIP.2015.7106951.
- Khattab, A., Abdelgawad, A. and Yelmarthi, K. 2016. "Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precisión agriculture," 28th International Conference on Microelectronics (ICM), Giza, 2016, pp. 201-204. doi: 10.1109/ICM.2016.7847850.
- Lee, M., Hwang, J. and Yoe, H. 2013. "Agricultural Production System Based on IoT," *IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering*, Sydney, NSW, 2013, pp. 833-837. doi: 10.1109/CSE.2013.126.
- Ma, J., Zhou, X., Li, S. and Li, Z. 2011. "Connecting Agriculture to the Internet of Things through Sensor Networks," *International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, Dalian, 2011, pp. 184-187. doi: 10.1109/iThings/ CPS Com.2011.32
- Shield SIM900 GSM/GPRS. (s.f). Disponible en: <https://naylorlampmechatronics.com/arduino-shields/146-shield-sim900-gsm-gprs.html>
- Arduino Mega 2560 (s.f). Disponible en: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- DS18B20 sensor de temperatura. (s.f.). Disponible en: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/ds18b20-sensor-de-temperatura/>

Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11. (s.f). Disponible en:  
<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>

Sensores. (26 Diciembre, 2015). [LDR (GL55)] Disponible en:  
<http://agcsensores.blogspot.com/2015/12/ldr-gl55.html>

---

## INTERACCIÓN GENOTIPO – AMBIENTE DE DOS VARIEDADES DE CEBADA PARA TEMPORAL EN VALLES ALTOS DE MÉXICO

Mauro R. Zamora Díaz<sup>1\*</sup>, Miguel A. Avila Perches<sup>2</sup>, A. Josué Gámez Vázquez<sup>2</sup>,  
Ramón Huerta Zurita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38110, Celaya, Gto.  
\*zamora.mauro@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

En el mundo, la cebada es el cuarto cereal más importante, ya que se siembran cerca de 47.5 millones de hectáreas y se producen 149.3 millones de toneladas (FAO, 2019). El 70 % de ésta producción se utiliza para alimentación animal, el 16 % para fabricación de malta y el restante 14 % se emplea como semilla y para otros fines industriales (Ullrich, 2011).

En México, la cebada es uno de los cultivos más relevantes. Se siembran cerca de 366,000 ha; de las cuales el 79% son en temporal, principalmente en la región de los Valles Altos del Altiplano Central. En ésta región, se genera más del 50% de la producción nacional; la cual actualmente supera el millón de toneladas (SIAP, 2019). En nuestro país, 60 % de la cebada cosechada se utiliza para la obtención de malta (materia prima en cervecería), 34 % para alimentación animal y el resto para producción de semilla y otros usos (Navarrete, 2015).

En relación a alimentación animal, en México las cebadas forrajeras no han tenido el impulso e impacto que se observa en otras regiones del mundo. La causa más común es la poca disponibilidad de variedades mejoradas para la producción de forraje o de grano forrajero, y el desconocimiento de su valor nutritivo (Colín et al., 2009). No obstante, el mercado de la cebada forrajera ha tenido cambios importantes en los últimos años (SIAP, 2019). Tradicionalmente, los estados de Sonora y Baja California producían el 50% de la producción nacional. Actualmente, son los estados de Hidalgo y Sonora quienes producen más del 50% del forraje verde. Ésta es una de las razones por las que la demanda de nuevas variedades de cebada forrajera haya incrementado recientemente por parte de los productores de los Valles Altos de México. En respuesta a ésta demanda, en 2016, el Programa de Cebada del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) liberó la variedad Maravilla, para la producción de grano para forraje en

temporal de los Valles Altos de la Mesa Central, que presenta un contenido de proteína superior al 12 % y de almidón mayor al 60 % (Zamora et al., 2017).

Como parte de las evaluaciones en parcelas de validación previas a la liberación de la variedad Maravilla, ésta se comparó con la variedad comercial Esmeralda; cuyo cultivo en Los Valles Altos fue extensivo durante la última década del siglo XX y primera del XXI. Una de las principales comparaciones entre, la entonces línea avanzada, Maravilla y Esmeralda fue su comportamiento a través de diferentes ambientes de crecimiento; analizado desde el enfoque de interacción genotipo-ambiente.

La interacción genotipo-ambiente (IGA) es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes medios ambientes (Márquez, 1992). El conocimiento de la magnitud y la dirección o sentido de la IGA es de suma importancia para el mejorador de plantas en la toma de decisiones. La diferente respuesta de los genotipos cuando están sujetos a diversos ambientes ha sido observada en muchos organismos. Ignorar la IGA puede conducir a decisiones erróneas en la recomendación de genotipos óptimos para un ambiente determinado, lo que puede originar pérdidas para los agricultores (Hernández, 2010). Por lo anterior, el objetivo de éste trabajo fue definir la magnitud de la interacción genotipo-ambiente en la expresión del comportamiento agronómico de dos variedades de cebada (Maravilla y Esmeralda) evaluadas durante dos años, en cuatro localidades de temporal de Valles Altos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Dos variedades de cebada, Maravilla y Esmeralda, se evaluaron en condiciones de temporal durante los años 2012 y 2013, en cuatro localidades: Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP ubicado en Chapingo, además en Polotitlán y Tlaxateopan, en el Estado de México, y en el Sitio Experimental Norte de Guanajuato (SENGUA) del INIFAP en San Luis de la Paz, Guanajuato. Los cuatro ambientes se localizan en altitudes superiores a 2,000 msnm.

La siembra se realizó durante la segunda quincena de junio y primera semana de julio. Se fertilizó con la fórmula 80-40-00, incorporada en la siembra, con densidad de siembra de 120 kg de semilla por ha. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo con las

recomendaciones del INIFAP para la región. En cada ambiente se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano, días a espigamiento y madurez fisiológica, y altura de planta. Posteriormente se realizó un análisis conjunto en tiempo y espacio, que involucró años, localidades y variedades, con el propósito de evaluar la magnitud de la interacción genotipo-ambiente. Además, se realizó un análisis de componentes principales para evaluar los ambientes con respecto a la respuesta de las variables. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS. Cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Del análisis de varianza (Cuadro 1), destaca que la expresión del rendimiento dependió principalmente de los años, ya que estos aportaron el 53.7 % de la varianza total del rendimiento de las variedades, seguido en importancia por las localidades de evaluación con 40.6 % de la varianza y por las variedades que aportaron el 3.2 %. Estos tres factores de estudio presentaron suficiente variación para detectar diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ) dentro de cada uno de sus diferentes niveles. La expresión del número de días a espigamiento dependió principalmente del ambiente debido a las localidades, con 82 % de la variabilidad, seguida por la interacción años x localidad que aportó el 14.2 % de toda la variabilidad detectada en dicho carácter. En esta variable las diferencias estadísticas observadas ( $p \leq 0.01$ ) se dieron únicamente entre las cuatro localidades y en la interacción de localidades x años. En los días a madurez se observaron diferencias estadísticas entre los años (35.4 % de variabilidad) y localidades (23.8 %); pero sobre todo en la interacción años x localidades (37.1 %). De las localidades dependió principalmente la variabilidad en la expresión de la altura de planta ya que aportaron 53.5 % de total, seguido de la variabilidad (23.3 %) debida a los genotipos, así como de la interacción años x localidad (16.7 %) y de la variabilidad debida a los años (5.5 %); entre estas fuentes de variación se detectaron diferencias estadísticas con  $p \leq 0.01$  y solamente con  $p \leq 0.05$  entre los años de evaluación.

Entre los años, 2012 presentó las mejores condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo ya que superó el rendimiento de grano obtenido en 2013, con  $1.59 \text{ t ha}^{-1}$ , con un menor número de días a madurez (7.3 días), aunque con 4.2 cm más de altura de planta entre los genotipos evaluados (Cuadro 2). Entre las localidades (Cuadro 3), la que mayor

potencial de rendimiento presentó fue Chapingo, que superó a Polotitlán con 2.1 t ha<sup>-1</sup> y a Tlacateopan y Norte de Guanajuato con 2.7 y 3.1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; todos con una  $p < 0.05$ . La localidad que menor número de días a espigamiento y madurez permitió a los genotipos evaluados fue Norte de Guanajuato; y la que favoreció el ciclo de cultivo más prolongado (días a madurez) fue Tlacateopan. En el número de días a floración se formaron tres grupos estadísticos de acuerdo con Fisher, las menores alturas de planta se obtuvieron en la localidad de Norte de Guanajuato, seguida por Polotitlán y Chapingo con mayor altura, pero la mayor expresión de esta variable se logró en Tlacateopan. Entre las variedades (Cuadro 4), Maravilla superó a Esmeralda por presentar un rendimiento superior en 400 kg ha<sup>-1</sup> y una mayor altura de planta; lo cual era esperado puesto que Esmeralda fue una de las variedades testigo durante la generación de Maravilla.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza del rendimiento y características agronómicas de dos variedades de cebada evaluadas en cuatro localidades durante dos años en temporal en Valles Altos.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		Rendimiento	Días a Espigamiento	Días a Madurez	Altura de Planta
Años (A)	1	40.6**	0.3	862.8**	280.5*
Error a	3	0.009	2.1	5.9	12.0
Localidades (L)	3	30.7**	165.3**	580.8**	2732.0**
Bloques	3	0.2	0.8	4.3	6.1
Error b	9	0.2	1.9	4.4	67.6
Variedades (V)	1	2.4*	5.6	19.1	1190.2**
V x L	3	1.2	1.5	4.2	48.3
A x L	3	0.4	28.7**	903.0**	854.9**
Error c	3	0.3	1.7	7.4	22.7
V x A	1	0.3	0.3	66.0**	0.2
V x L x A	3	0.2	1.8	16.8*	26.2
Error	12	0.3	2.5	4.2	39.7
CV (A, %)		2.9	3.0	2.5	4.5



CV (L, %)	13.7	2.9	2.1	10.8
CV (V, %)	16.8	2.7	2.8	6.2

GL: Grados de libertad; \*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; CV: Coeficiente de variación

Cuadro 2. Prueba de medias entre los años de evaluación de cebada en Valles Altos.

Años	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Días a Espigamiento	Días a Madurez	Altura de Planta (cm)
PV 2012	4.06	48.0	94.9	78.5
PV 2013	2.47	47.9	102.2	74.3
DMS <sup>1</sup> (p ≤ 0.05)	0.07	1.1	1.9	2.7

<sup>1</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 3. Prueba de medias entre las localidades de evaluación de cebada de Valles Altos.

Localidades	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Días a Espigamiento	Días a Madurez	Altura de Planta (cm)
Chapingo, Edo. Mex.	5.2	46.2	95.4	80.0
Polotitlán, Edo. Mex.	3.1	52.1	101.3	77.1
Tlaxateopan, Edo. Mex.	2.5	48.8	105.5	90.0
Norte de Guanajuato	2.1	44.8	92.0	56.6
DMS <sup>1</sup> (p ≤ 0.05)	0.4	1.1	1.6	6.5

<sup>1</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 4. Prueba de medias entre las variedades de cebada de Valles Altos.

Variedades	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Días a Espigamiento	Días a Madurez	Altura de Planta (cm)
Maravilla	3.46	47.7	98.0	80.7
Esmeralda	3.07	48.3	99.1	72.1
DMS <sup>1</sup> (p ≤ 0.05)	0.3	0.9	1.4	4.4

<sup>1</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Del análisis de componentes principales (CP1) con respecto a los años y localidades de evaluación se observa en el CP1, que las variables originales de mayor importancia fueron los días a espigamiento y días a madurez; mientras que en el CP2 las variables de mayor importancia fueron el rendimiento y la altura de planta. El CP1 explica el 50.4 % de la varianza total del experimento, mientras que el CP2 explica el 31.1 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por tres componentes principales (CP) en el estudio de dos años, cuatro localidades y dos genotipos de cebada.

Variables	Vectores característicos		
	CP1	CP2	CP3
Rendimiento	0.006	0.858	0.133
Días a espigamiento	0.597	-0.062	0.791
Días a madurez	0.582	-0.319	-0.373
Altura de Planta	0.550	0.396	-0.464
Valor característico	2.016	1.244	0.432
Porcentaje de varianza explicada	50.4	31.1	10.8

Con base en lo anterior, en la Figura 1, se muestra que el 81.5 % de toda la varianza fue explicada por los dos primeros componentes. La localidad de Chapingo favoreció el mayor rendimiento y porte de las plantas de cebada, seguidos por Tlacateopan y Polotitlán, ambas en 2012. La localidad con menor rendimiento fue Norte de Guanajuato (2013 y 2012), así

como Tlaxateopan 2013. Las localidades de Polotitlán y Tlaxateopan, ambas en 2013, favorecieron un mayor ciclo de cultivo (días a espigamiento y madurez), mientras que, en el Norte de Guanajuato, en 2012 y 2013, se obtuvieron los menores ciclos de cultivo.

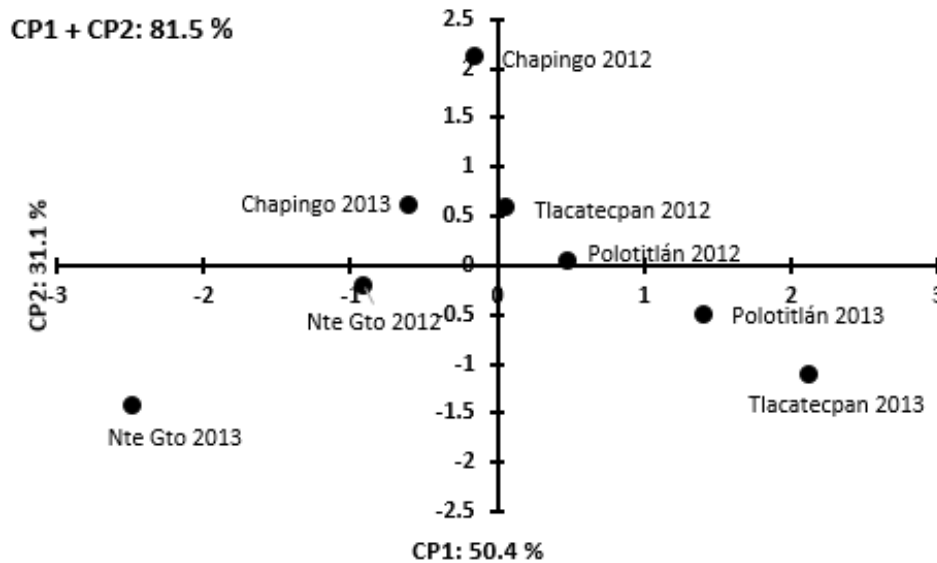


Figura 1. Dispersión de los ocho ambientes de evaluación, de dos variedades de cebada, en Valles Altos.

## CONCLUSIONES

La variedad Maravilla presentó mayor rendimiento de grano, menor ciclo vegetativo y fue ligeramente más alta que Esmeralda. El año de evaluación fue el factor que más influyó en la expresión del rendimiento de grano. La localidad de Chapingo influyó significativamente en la manifestación de un mayor rendimiento de grano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Colín, M.; Zamora, V.M.; Torres, M.A.; Jaramillo, M.A. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Téc. Pecu. Méx.* 47: 27-40.
- Hernández M. O. L. 2010. Valoración de genotipos experimentales de maíz considerando estabilidad e índices de selección fenotípicos y genotípicos. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 69 p.

- Márquez S. F. 1992. La interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. *En*: Sánchez G. J. J., J. Ron P., y F. Márquez S. Memorias del Simposio de Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Guadalajara, Jalisco, México.
- Navarrete R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2019. Datos de alimentos y agricultura. Consultado en [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat) (agosto de 2019).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Consultado en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (agosto de 2019).
- Ullrich S. E. 2011. Significance, adaptation, production and trade of barley. *In*: Ullrich S. E. Barley: production, improvement and uses. A John Wiley Inc. Publication. USA. pp. 3-31.
- Zamora, D.M.; Pérez, R.J.A.; Huerta, Z.R.; López, C.M.L.; Gómez, M.R.; Rojas, M.I. 2017. Maravilla: Variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(6):1449-1454.

---

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) EN MATAMOROS, COAHUILA**

**Enrique Hernández-Leal<sup>1\*</sup>, Jorge Maltos-Buendía<sup>1</sup>, Olga Bonilla-Barrientos<sup>2</sup>, Edgardo Bautista-Ramírez<sup>3</sup>, Carlos Miguel Ramos Cruz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bolvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. 27440, Tel. (871) 182-31-77. <sup>2</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Avenida de la Biodiversidad No. 2470, Colonia Rancho las Cruces, Tepatitlán, Jalisco, México. C.P.47600. Tel. 01 (800) 0882222, ext. 84521. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental, General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León. \*Correo electrónico: [hernandez.enrique@inifap.gob.mx](mailto:hernandez.enrique@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

El algodón es un cultivo que se siembra en zonas tropicales y sub-tropicales del mundo (Vinent y Fajardo, 2007), siendo *Gossypium hirsutum* L. y *G. barbadense* las que aportan más del 99 % del abastecimiento mundial (Ashraf, 2002), siendo *Gossypium hirsutum* L. el más cultivado en todo el mundo (SIAP, 2016) aportando el 90 % de la producción mundial, principalmente por su alta calidad de fibra que produce para la fabricación de telas (Poelham y Sleper, 2003; Pérez et al., 2011; Tovar et al., 2013).

Siendo los principales países productores India, China, Estados Unidos, Brasil y Pakistán (USDA, 2017), México se ubicó en el lugar decimotercero con un volumen de 487,914 toneladas, lo que representó apenas el 0.7 % de la producción mundial (SAGARPA, 2016). El 96 % de la semilla de algodón que se siembra en el mundo es transgénica, además cuenta con la tecnología Bt (Bolgard II) (SAGARPA, 2014; Nava-Camberos, 2018). En nuestro país, el algodón transgénico se utiliza hace 20 años (Traxler et al., 2003; Rocha-Munive et al., 2018), para resistir los ataques del gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) y tabacalero, *Heliothis virescens* (F.) principalmente (Nava-Camberos, 2018). Rocha-Munive et al., (2018), evaluaron el impacto del algodón genéticamente modificado después de 20 años de ser cultivo en México y encontraron que 10 % de los agricultores consideran que el algodón GM no es rentable y 40 % de los agricultores esta dispuestos a sembrar variedades convencionales en México.

Por lo antes mencionado existe una gran demanda de generar nuevas variedades para disminuir los costos de producción del cultivo para los medianos y pequeños productores, de ahí el interés de generar y evaluar nuevos materiales convencionales con buenos rendimientos para abastecer la demanda que los productores de algodón tienen. Por eso, el objetivo de este trabajo, fue evaluar el comportamiento agronómico y la calidad de fibra de cinco variedades convencionales de algodón desarrolladas en el programa de mejoramiento genético del INIFAP para su uso comercial y así disminuir costos de producción.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó en el ciclo primavera-verano del 2018 en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del INIFAP en Matamoros, Coahuila, México. Se evaluaron las variedades convencionales de algodón Cian Precoz, Cian 95, Juárez 91, Laguna 89 y Nazas, se incluyó como testigo la variedad Delta Pine®. Se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con

tres repeticiones, la parcela experimental total consistió de seis surcos de 6 m de longitud y las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales. La siembra fue el 18 de abril de 2018 a una distancia de 0.76 m entre surcos y 9 plantas por metro lineal, para una densidad de población de 115,000 plantas ha<sup>-1</sup>, se utilizó una fertilización de 120-40-00 (N-P-K), se dieron tres riegos a los 52, 72 y 92 días después de la siembra (DDS). La primera cosecha fue a los 120 días y la segunda a los 136 DDS, cosechando solamente las dos hileras centrales de cada parcela experimental, posteriormente se juntó las bellotas de ambas cosechas.

### Variables evaluadas

Se registró el rendimiento de algodón hueso y en pluma a primera pizca, además del porcentaje que éste representa del total cosechado y peso del capullo. Para obtener el rendimiento por planta, se dividió el rendimiento de la parcela entre el número de plantas cosechadas. El peso del capullo se obtuvo al dividir el peso de la muestra entre el número de capullos. Después se separó la fibra de la semilla y se pesó.

Para el análisis estadístico se aplicó un análisis de varianza a cada variable, de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar mediante el modelo lineal general (PROC GLM) de SAS (SAS Institute, 2011), cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las variedades en cuatro variables evaluadas (Cuadro 1), por la amplia variación genética entre las variedades y sus caracteres. Los mayores coeficientes de variación se observaron para peso de pluma (21.3 %) y peso de capullo (20.3 %), lo cual indica que la variabilidad entre y dentro puede deberse a diferencias genéticas intrínsecas (Nuez et al., 2008), ya que fueron evaluadas en las mismas condiciones.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro características en variedades convencionales de algodón en Matamoros, Coahuila.

FV	VARIEDAD	REP	ERROR	CV (%)
Rendimiento de algodón en hueso (kg ha <sup>-1</sup> )	112722.7 **	19767.7**	123476.2	18.8
Peso de Pluma (kg ha <sup>-1</sup> )	6294290.5**	1125662.3**	23056.6	21.3
Peso de Hueso (kg ha <sup>-1</sup> )	11769126**	2676064.6**	41805.4	19.7
Peso de capullo (g)	19.5**	5.8*	1.5	20.3
GL	5	2	85	92

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; REP: repetición; \*\* $P \leq 0.01$ , \* $P \leq 0.05$ , ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; DE: desviación estándar.

Las pruebas de medias indican que Delta Pine tuvo el mayor rendimiento con 3906.1 kg ha<sup>-1</sup>, además fue superior al resto de las variedades en los componentes de rendimiento en peso de pluma (1565.72 kg ha<sup>-1</sup>) y peso de hueso (2133.93 kg ha<sup>-1</sup>). Por el contrario, Juárez 91 y Laguna 89 tuvieron un rendimiento de algodón en hueso de 739.9 y 630.9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que para peso de pluma fue de 192.5 y 155.72 kg ha<sup>-1</sup> y peso de hueso (293.67 y 228.31 kg ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 2). Palomo-Rodríguez et al., señalan que

en 2014 la media nacional de algodón hueso fue de 5000 kg ha<sup>-1</sup> por hectárea, mientras que la media regional en La Comarca Lagunera, reportado por Gaytán et al., (2004), se ubicó en 4200 kg ha<sup>-1</sup> de algodón hueso y de 1500 kg ha<sup>-1</sup> de algodón pluma. Basado en estos valores, solamente Delta Pine fue ligeramente superior en algodón pluma, el resto de las variedades tuvieron rendimientos muy bajos que podrían deberse a las diferencias ambientales como son lluvia y temperatura que prevalecen durante el ciclo del cultivo (Jost y Cothren, 2000; Palomo et al., 2004). Juárez 91 tuvo el mayor peso de capullo con 7.66 g superando al resto de las variedades las cuales se encontraron en un intervalo de 5.08 a 6.35 g.

**Cuadro 2.** Comparación de medias en variedades convencionales de algodón en Matamoros, Coahuila.

FV	Nazas 87	Juárez 91	Laguna 89	Cian 95	Cian Precoz	Delta Pine	DMS (0.05)
Rendimiento de algodón en hueso (kg ha <sup>-1</sup> )	2169.3 b	739.9 c	630.9 c	2058 b	2336 b	3906.1 a	295.41
Peso de Pluma (kg ha <sup>-1</sup> )	779.21 b	192.50 c	155.72 c	725.67 b	845.72 b	1565.72 a	127.66
Peso de Hueso (kg ha <sup>-1</sup> )	1153.55 bc	293.67 d	228.31 d	1102.75 c	1292.92 b	2133.93 a	171.89
Peso de capullo (g)	5.14 b	7.66 a	6.35 b	5.29 b	5.08 b	5.20 b	1.31

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); DMS: Diferencia Mínima Significativa; Ncpp: número de capullos por planta.

### CONCLUSIONES

Es necesario realizar más evaluaciones para medir la estabilidad de las variedades convencionales en diferentes ambientes, además dichas variedades pueden ser utilizadas como fuente de germoplasma para la generación de nuevas variedades y que puedan competir con las variedades convencionales que hay en actualmente en el mercado.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ashraf, M. (2002). Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 21:1, 1-30. DOI: 10.1080/0735-260291044160.
- Jost, P.H.; Cothren, J.T. (2000). Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing. *Crop Science*. 40: 430-435.
- Gaytán, M.A., Palomo-Gil, A., Reta-Sánchez, D.G., Godoy-Ávila, S., García-Castañeda, S.A. (2004). Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*. 53: 57-67.
- Nava-Camberos, U., Ávila-Rodríguez, V., Maltos-Buendía, J., García-Hernández, J.L., Martínez-Carrillo, J.L. (2018). Densidades y Daños de Insectos Plaga en Algodonero Convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist*. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.043.0415>.
- Nuez, F., Díez, M.J., Valcárcel, J.V., Cebolla, C. J., Pérez, A., Soler, S., Roselló, S., Adalid, A., Galiana, L., Sifres, A., Picó, B., Blanca, J.M., Frutos, R. (2008). Genetic resources of *Lycopersicon* at the Institute for the Conservation and Improvement of the Agrodiversity. *Acta Horticulturae*. 789: 293-297.

- Palomo, G.A., Gaytán-Mascorro, A., Faz-Contreras, R., Reta-Sánchez, J.G., Gutiérrez-Del Río, E. (2004). Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Journal Terra Latinoamericana*. 22: 299-305.
- Palomo-Rodríguez, M., Rodríguez-Martínez, R., Ramírez-Delgado, M. (2014). Picudo del Algodonero y prácticas de manejo integrado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 5. 120 p.
- Pérez, M.C.R., Tovar, M.G., Obispo, Q.G., Ruíz, J.A.C., Tavitas, L.F., Jolalpa, J.L.B. (2011). Los recursos genéticos del algodón en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 5. 120 p.
- Poelham, J.M., Slepser, D.A. (2003). Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa. 385 p.
- Rocha-Munive, M.G., Soberón, S.M., Castañeda, E., Niaves, E., Scheinvar, L.E., Eguiarte, E., Souza, V. (2018). Evaluation of the Impact of Genetically Modified Cotton After 20 Years of Cultivation in Mexico. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00082
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México. Disponible en: <http://www.redinnovagro.in/pdfs/algodon.pdf> (Diciembre 2018).
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016) Planeación Agrícola Nacional 2017–2030. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod\\_n.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod_n.pdf) (Diciembre 2018).
- SAS Institute (2011). The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst. Cary, NC.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016). Avances de Siembras y Cosechas, Resumen Nacional por Estado. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do) (Diciembre 2018).
- Traxler, G., Godoy-Avila. S., Falck-Zepeda, J., Espinoza-Arellano, J.J. (2001). Transgenic cotton in Mexico: economic and environmental impacts, pp. 183-202.
- Tovar, G. M. R., Pérez, M.C., Obispo G.Q., Mijangos, C.J., Pedraza, S.M., Flores, Z.M., Bonilla, J.C. (2013). Logros de investigación en algodón nativo de México. INIFAP. Ciudad de México, México. Folleto Técnico No. 26. 6 p.
- USDA, United States Department of Agriculture (2017). Cotton Production Monthly Report. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/market-news/cotton> (Diciembre 2018)
- Vinent, E., Fajardo, O. (2007). Parámetros agrícolas de ocho cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum*). *Ciencia e investigación agraria*. 24: 151-158. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200008>



---

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE FIBRA EN CINCO VARIEDADES CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

**Enrique Hernández-Leal<sup>1\*</sup>, Jorge Maltos-Buendía<sup>1</sup>, Olga Bonilla-Barrientos<sup>2</sup>, Edgardo Bautista-Ramírez<sup>3</sup> y Homero Sánchez Galván<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>Bolvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. 27440, Tel. (871) 182-31-77. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>3</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Avenida de la Biodiversidad No. 2470, Colonia Rancho las Cruces, Tepatitlán, Jalisco, México. C.P.47600. Tel. 01 (800) 0882222, ext. 84521. <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. \*Correo electrónico: [hernandez.enrique@inifap.gob.mx](mailto:hernandez.enrique@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

Los principales países productores de algodón son India, China, Estados Unidos, Brasil y Pakistán; concentrando el 77 % de la producción mundial (USDA, 2017). México se ubicó en el lugar decimotercero con un volumen de 487,914 toneladas, lo que representó apenas el 0.7 % de la producción mundial (SAGARPA, 2016), en donde los principales estados productores son Chihuahua, Baja California, Coahuila, Tamaulipas, Sonora y Durango.

Por la fibra que produce (Poelham y Sleper, 2003; Tovar et al., 2013) el algodón es considerado el producto agrícola no alimentario de mayor importancia a nivel mundial (SAGARPA, 2014); representa alrededor del 30 % de las fibras consumidas en la industria textil mundial (FAO, 2018). Es cultivado en zonas tropicales y sub-tropicales del mundo (Vinent y Fajardo, 2007) en más de 50 países, siendo *Gossypium hirsutum* L. y *G. barbadense* las que aportan más del 99 % del abastecimiento mundial (Ashraf, 2002), y de estas dos, *Gossypium hirsutum* L. o algodón mexicano es el que más se cultiva en todo el mundo (SIAP, 2016), aportando casi el 90 % de la producción mundial, por su alta calidad de fibra que produce para la fabricación de telas (Poelham y Sleper, 2003; Pérez et al., 2011; Tovar et al., 2013).

Poehlman (2003) menciona que el valor de la cosecha del algodón se basa en los usos comerciales de la fibra, en el hilado el comportamiento del algodón depende de las propiedades específicas de la fibra, por lo que lo más importantes de dichas propiedades son la longitud, resistencia y finura de la fibra, dichas propiedades dependen de la variedad, condiciones ambientales.

Por lo antes mencionado el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de fibra de cinco variedades convencionales de algodón con el propósito de realizar un programa de mejoramiento genético para incrementar la calidad de la fibra en el INIFAP.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano del 2018 en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del INIFAP en Matamoros, Coahuila; México. Se evaluó la calidad de fibra de las variedades convencionales de algodón Cian Precoz, Cian 95, Juárez 91, Laguna 89 y Nazas, además se incluyó la variedad 'Delta Pine®' como testigo. Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, la parcela experimental total consistió de seis surcos de 6 m de longitud y las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales. La siembra se realizó el 18 de abril de 2018 a una distancia de 0.76 m entre surcos y 9 plantas por metro lineal, para contar con una población de 115,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La dosis de fertilizante que se utilizó fue 120-40-00 (N-P-K) antes del riego de siembra, posteriormente se dieron tres riegos que fueron a los 52, 72 y 92 días después de la siembra (DDS).

El control de maleza y cosecha se realizó manualmente, la primera cosecha fue a los 120 días y la segunda a los 136 DDS, cosechando solamente las dos hileras centrales de cada parcela experimental, posteriormente se juntó las bellotas de ambas cosechas.

### VARIABLES EVALUADAS

El análisis para la calidad de fibra se realizó en el laboratorio de calidad de fibra del CELALA-INIFAP, donde se determinó a cada muestra la longitud (en mm), resistencia en Megapascals (MPa) y la finura en índice de micronaire. Para el análisis estadístico se aplicó un análisis de varianza a cada variable, de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar mediante el modelo lineal general (PROC GLM) de SAS (SAS Institute, 2011). Cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades se utilizó la prueba de Tukey al 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las variedades en las tres variables evaluadas (Cuadro 1), debido a la amplia variación genética entre las variedades y sus caracteres. Los coeficientes de variación fueron menores al 20 %, siendo la finura el más alto con 10.1 %, mientras que la resistencia y longitud de fibra fue del 7 y 7.1, respectivamente, Pimentel (1985) señala que el CV es considerado bajo debido a que es inferior a 10 %.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza de 12 características cuantitativas evaluadas en seis variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, 2018.

FV	VARIEDAD	REP	ERROR	CV (%)	MEDIA	DE
Finura (micronaire)	2.5**	3.9**	0.2332	10.1	4.8	0.0656
Resistencia (MPa)	4383.5*	4329.3 ns	1800	7.0	604.4	44.9
Longitud de fibra (mm)	36.4**	37.0**	5.2	7.1	32.1	2.8
GL	5	2	85	92		

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; REP: repetición; \*\*P ≤ 0.01, \*P ≤ 0.05, ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; DE: desviación estándar.

**Calidad de fibra**

Delta Pine fue la que presento el valor más alto de finura con 5.59 micronaires, lo que la ubica de acuerdo con la clasificación por instrumentos de alto volumen o HVI (Comité Nacional Sistema Producto Algodón, 2012) en muy gruesa. Por el contrario, ‘Cian 95’, ‘Juárez 91’ y ‘Laguna 89’ presentaron los menores valores ubicándose en la clasificación como finura media. Estos valores pueden estar influenciados durante el período de crecimiento por las condiciones medioambientales, ya que pueden diferir en calidad de suelo, temperatura, precipitación pluvial, manejo, etc. y la población extrema de plantas o cápsulas (Estrada et al., 2008).

Respecto a la resistencia Cian 95, Laguna 89 y Juárez 91 tuvieron los valores más altos con 618.93, 614.19 y 611.15 MPa, respectivamente, mientras que Nazas 87 fue la de menor resistencia con 567.77 MPa. Para la longitud, Cian 95 fue la de mayor valor con 34.48 mm, seguida de Juárez 91 (33.19 mm), mientras que Cian Precoz fue la que tuvo el valor más bajo con 30.03 mm. A pesar de que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados para la industria textil la calidad de fibra requiere como mínimos 1 1/16 pulgadas (26.7 a 27.2 mm) para longitud, 26.7 mm de longitud, 517.5 MPa (75 000 Lbs pulg<sup>2</sup>) de resistencia al rompimiento y entre 3.5 a 4.9 en índices de micronaire ó grosor de la fibra (Palomo et al., 2003; Estrada et al., 2008), por lo que todos los materiales evaluados cumplen con dichos requisitos. Palomo et al., (2003) mencionan que variedades con fibra de alta calidad no tienen un sobre precio en el mercado por la venta de su fibra, por lo que el productor no recibe ningún beneficio adicional. Además, la longitud, resistencia y finura de la fibra se deben más a factores genéticos que a factores ambientales (Longenecker y Erie, 1968; Palomo et al., 2004).

**Cuadro 2.** Comparación de medias de seis variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera en el ciclo agrícola primavera-verano del 2018.

FV	‘Nazas 87’	‘Juárez 91’	‘Laguna 89’	‘Cian 95’	‘Cian Precoz’	‘Delta Pine’	DMS (0.05)
Finura (micronaire)	4.78 bc	4.55 bc	4.62 bc	4.51 c	5.06 b	5.59 a	0.5181
Resistencia (MPa)	567.77 b	611.15 ab	614.19 a	618.93 a	603.50 ab	600.15 ab	45.52
Longitud de fibra (mm)	30.80 bc	33.19 ab	31.79 bc	34.48 a	30.03 c	31.49 bc	2.46

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); DMS: Diferencia Mínima Significativa.

**CONCLUSIÓN**

La calidad de fibra de las variedades convencionales resulto ser buena, como la requiere la industria textil, por lo que pueden ser utilizadas para esta industria o en programas de mejoramiento genético para a la generación de nuevas variedades ya que cumplen con los parámetros de calidad que el mercado solicita.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Ashraf, M. (2002). Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 21:1, 1-30. DOI: 10.1080/0735-260291044160.
- Comité Nacional Sistema Producto Algodón (2012). Plan rector Sistema Producto Algodón. Documento actualizado por el Comité Sistema producto Algodón, A.C. SAGARPA. Disponible en: [www.algodonmexicano.com/index.php/conasipal-plan-rector](http://www.algodonmexicano.com/index.php/conasipal-plan-rector) (Octubre 2018).
- Estrada, O., Palomo, A., Espinoza, A., Rodríguez, S., Ruiz, N. (2008). Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31: 79-83.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2018). Cooperación sur-sur trilateral estudio nichos de mercados del Algodón. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I8813ES/i8813es.pdf> (Diciembre 2018).
- Longenecker, D.E., Erie, L.J. (1968). Irrigation water management. In *Advances in Production and Utilization of Quality. Cotton: Principles and Practices*. The Iowa State University Press. Iowa. U. S. A. pp. 321-345.
- Palomo, G.A., Gaytán, M.A., Godoy, A.S. (2003). Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26: 167-171.
- Palomo, G.A., Gaytán-Mascorro, A., Faz-Contreras, R., Reta-Sánchez, J.G., Gutiérrez-Del Río, E. (2004). Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Journal Terra Latinoamericana*. 22: 299-305.
- Pérez, M.C.R., Tovar, M.G., Obispo, Q.G., Ruíz, J.A.C., Tavitas, L.F., Jolalpa, J.L.B. (2011). Los recursos genéticos del algodón en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 5. 120 p.
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.
- Poelham, J.M., Sleper, D.A. (2003). Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa. 385 p.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México. Disponible en: <http://www.redinnovagro.in/pdfs/algodon.pdf> (Diciembre 2018).
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016) Planeación Agrícola Nacional 2017–2030. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod\\_n.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod_n.pdf) (Diciembre 2018).

- SAS Institute (2011). The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst. Cary, NC.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016). Avances de Siembras y Cosechas, Resumen Nacional por Estado. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do) (Diciembre 2018).
- Tovar, G. M. R., Pérez, M.C., Obispo G.Q., Mijangos, C.J., Pedraza, S.M., Flores, Z.M., Bonilla, J.C. (2013). Logros de investigación en algodón nativo de México. INIFAP. Ciudad de México, México. Folleto Técnico No. 26. 6 p.
- USDA, United States Department of Agriculture (2017). Cotton Production Monthly Report. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/market-news/cotton> (Diciembre 2018)
- Vinent, E., Fajardo, O. (2007). Parámetros agrícolas de ocho cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum*). Ciencia e investigación agraria. 24: 151-158. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200008>

---

## VALIDACIÓN DE LA ECUACIÓN DE AJUSTE PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS CON LIMITACIÓN DE DATOS

**Vazquez Reyes Oscar Javier\*, José Ernesto Frías Ramírez<sup>1</sup>, Montemayor Trejo José  
Alfredo<sup>1</sup>, Sánchez Hernández José Eligio<sup>1</sup>,**

Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI<sup>1</sup>, Estudiante de Postgrado. Ciencias en Irrigación\*.

§Autor para correspondencia: [iaz\\_oscarvazquez@hotmail.com](mailto:iaz_oscarvazquez@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad el recurso hídrico para su uso en la agricultura es cada vez más limitante, consecuencia de la contaminación y la disminución en la cantidad de precipitación, debido al cambio climático global, con base a las dificultades que enfrenta la humanidad es necesario tener un conocimiento real del balance hídrico de cualquier región en sus diferentes niveles y se logra con una buena estimación de ETo (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2012). El uso de agua sin restricciones ha aumentado a nivel global a un ritmo de más del doble del crecimiento de la población en el siglo XX, debido al ritmo de desarrollo económico, urbanización y sobre todo la contaminación de zonas áridas y semiáridas (FAO, 2013).

Conocer los requerimientos de agua del cultivo es indispensable para realizar una planificación correcta del riego y mejorar la eficiencia de uso del agua, suministrando al cultivo la cantidad de agua suficiente para satisfacer plenamente sus necesidades. Uno de los parámetros más importantes es la evapotranspiración (ET), que se define como la pérdida de agua del suelo por dos procesos distintos: a) evaporación del agua contenida en el suelo y b) transpiración del agua contenida en las plantas (Rodríguez, 2012).

Para determinar la evapotranspiración existen métodos directos e indirectos; entre los que destacan los empíricos y semi-empíricos los cuales usan datos meteorológicos, y estos métodos incluyen ecuaciones de balance de energía complejas que requieren un número mayor de variables climatológicas, o ecuaciones simples que usan un mínimo de variables meteorológicas (Hargreaves y Samani, 1985). Actualmente la FAO recomienda el uso del método de Penman-Monteith, también conocido como FAO-56; es el método estándar para estimar la Evapotranspiración de referencia (ETo) usada para la programación de riego, la planificación agrícola o los balances hídricos regionales (Hargreaves y Samani, 1985);(Gonzales *et al.*, 2000). La principal limitante para usar el método FAO56 es la disponibilidad y calidad de los datos climáticos requeridos por el método (Zotarelli, 2010).

Existen rutinas de cálculos para estimar la evapotranspiración de referencia (ETo) cuando no se tienen todos los datos requeridos (radiación solar y humedad relativa), (Zotarelli *et al.*, 2010); (Pacheco-Tolentino, 2017); (Todorovicet *et al.*, 2013), los cuales estiman la radiación solar y la concentración de vapor actual (Zotarelli, 2010); (Todorovicet *et al.*, 2013); (Allen *et al.*, 2005). Comúnmente la radiación neta y la concentración de vapor actual se calculan con base a mediciones de temperatura. Las diferencias en la evapotranspiración de referencia con limitación de datos climáticos está en un rango de 3

-10 % y puede todavía desarrollarse una ecuación de ajuste para mejorar la precisión (Pacheco-Tolentino, 2017).

El propósito de esta investigación es validar la ecuación de ajuste con rutinas de cálculo, del método combinado Penman-Monteith FAO-56, para determinar evapotranspiración de referencia con limitación de datos, calculando presión de vapor actual a partir de punto de rocío con base a temperaturas mínimas, medias y máximas y evaluar su precisión para su utilización en zonas áridas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se realizó considerando dos sitios de estudio distintos, los campos experimentales de la Universidad Estatal de Nuevo México: NMSU Main Campus, y la estación meteorológica automática de la Universidad Juárez de Estado de Durango: Facultad de Agricultura Y Zootecnia. Utilizando los datos climáticos del año: 2018. La Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU) campus principal está ubicado en las Cruces, NM. EUA. Con ubicación geográfica en la latitud de 32.754° N, la longitud de -104.384 W con una elevación de 1026.0 msnm. La estación meteorológica de la Facultad de agricultura y zootecnia con ubicación geográfica en 25°46'56" N latitud, la longitud de 103°23' W con una elevación de 1100 msnm.

### Determinación de evapotranspiración

La evapotranspiración de referencia se estimó con dos rutinas diferentes; se utilizó datos del clima de dos sitios experimentales para el año 2018; con datos meteorológicos completos, usando el método Penman-Monteith (PM-FAO-56) y con la ecuación de ajuste propuesta para calcular cuando hay limitación de datos principalmente humedad relativa y radiación solar, empleando valores de temperaturas mínimas, medias y máximas, para determinar temperatura de rocío (Rincon, 2018). Se realizó el ajuste de la ecuación de presión de vapor (ea). Con el objetivo de validar su aplicabilidad en zonas áridas.

Cálculos de la Evapotranspiración de referencia por el método Penman-Monteith FAO 56 de acuerdo a (Zotarelli *et al.*, 2010):

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U^2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U^2)}$$

Dónde:

ET<sub>o</sub>: Evapotranspiración de referencia [mm day<sup>-1</sup>],

R<sub>n</sub>: Radiación neta en la superficie del cultivo [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>],

G: Densidad del flujo de calor en el suelo [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>],

T: Temperatura del aire [°C],

μ<sub>2</sub>: Velocidad del viento registrada a 2 m de altura [m s<sup>-1</sup>],

e<sub>s</sub>: Presión de vapor de saturación [kPa],

e<sub>a</sub>: Presión de vapor [kPa],

e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>: Déficit de presión de vapor de saturación [kPa],

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor [kPa °C<sup>-1</sup>],

γ: Constante psicométrica [kPa °C<sup>-1</sup>].

Cuando los datos de radiación solar y humedad relativa no existen o su calidad es cuestionable se utilizara la temperatura de rocío con la siguiente ecuación de ajuste:

$$T_{dew} = -0.0360(T_m) + 0.9679(T_n) + 0.0072(T_x - T_n) + 1.0119$$

Dónde:

T<sub>m</sub>= Temperatura media.

T<sub>n</sub>= Temperatura mínima.

T<sub>x</sub>= Temperatura máxima.

T<sub>dew</sub>= Temperatura de rocío.

T<sub>min</sub>= Temperatura mínima.

### Validación de la ecuación

Para realizar la validación se realizaron dos procesos con los cuales se verifico la precisión y aplicabilidad de la ecuación de ajuste. Para determinar la precisión en cálculo de la ecuación de ajuste se comparó la evapotranspiración de referencia (E<sub>To</sub>) estimada con limitación de datos, calculando presión de vapor (e<sub>a</sub>) con la ecuación de ajuste con temperatura de rocío (T<sub>dew</sub>), comparada con el método de referencia con datos completos FAO-56. Se estimó el error relativo absoluto y el índice de concordancia de Wilmott para determinar la precisión de las ecuaciones en el cálculo de la evapotranspiración (E<sub>To</sub>).

La aplicabilidad se determinó mediante los resultados del análisis estadístico antes mencionado, para cada sitio, determinando según la precisión (índice concordancia Wilmott, error relativo) el dominio para usar la ecuación en los diferentes años y sitios.

### Determinación del error relativo absoluto

El error absoluto en una medida x de determinada magnitud es la diferencia entre dicho valor y el valor verdadero de la medida; se notará por Δx y, por tanto, su expresión para determinarlo es:

$$Er = \frac{ET_{o1} - ET_{o2}}{ET_{o1}} * 100 \quad ; \quad Er = \frac{ET_{o1} - ET_{o3}}{ET_{o1}} * 100$$

Dónde:

Er: Error relativo.

ET<sub>o1</sub>: Evapotranspiración de referencia con datos completos.

ET<sub>o2</sub>: Evapotranspiración de referencia con temperatura mínima (T<sub>min</sub>).

ET<sub>o3</sub>: Evapotranspiración de referencia con temperatura de rocío (T<sub>dew</sub>).

### Determinación del índice de concordancia de Wilmott.

El índice de concordancia de Wilmott (I.A. por sus siglas en ingles), indica para un valor de 1 que se logra una concordancia perfecta, mientras que un valor de 0 refleja una pobre concordancia para su cálculo P<sub>i</sub>'= P<sub>i</sub> - O y O<sub>i</sub>' = O<sub>i</sub> - O (Wilmott, 1982).

$$I.A. = 1 - \frac{\sum(P_i - O)^2}{\sum[|P_i'| + |O_i'|]^2}$$

Resultados y discusión

La evapotranspiración de referencia calculada con la ecuación de ajuste utilizando temperatura de rocío demostró ser similar a la evapotranspiración calculada con datos



completos por el método estándar recomendado por FAO Penman -Monteith FAO-56 para ambos sitios Nuevo México y Venecia, superando a la ecuación establecida cuando no se dispongan datos completos. Posteriormente la determinación del error relativo, la ecuación de ajuste demostró mejor resultado, al obtener errores relativos menores comparados con el método estándar en ambos sitios, reafirmando la aplicabilidad, precisión y validez en el cálculo de la ETo para zonas áridas utilizando temperatura de rocío. Cuando no se encuentren disponibles datos de humedad relativa para el cálculo de evapotranspiración de referencia, se puede llevar adelante la estimación de presión de vapor real (ea) asumiendo que la temperatura de rocío (T<sub>dew</sub>) es similar a la temperatura mínima (T<sub>min</sub>) (Allen *et al.*, 2006).

**Error relativo**

Para determinar la precisión en la estimación de ETo se calculó el error relativo con las rutinas generadas a partir de temperatura de rocío (T Dew) comparado con el método estándar FAO-56 que se utiliza para limitación de datos (T min). El error relativo promedia en la mayoría de los meses de los mayor precisión en la estimación de ETo con valores promedios anuales menores en todos los años obteniendo una mayor eficiencia en el cálculo de ETo, Para todos los sitios.

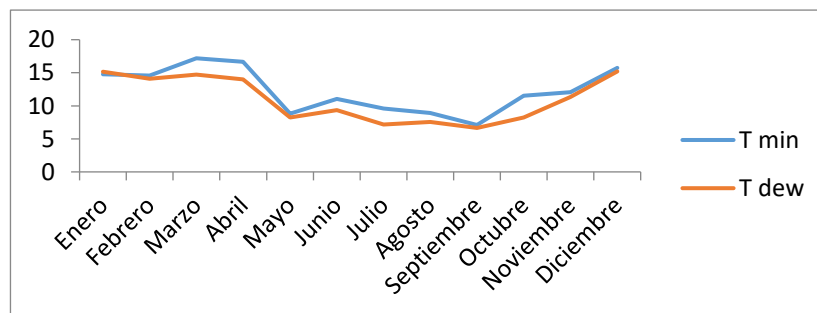


Figura 1. Estimación del error relativo de ETo para Main Campus promedio mensual para 2018.

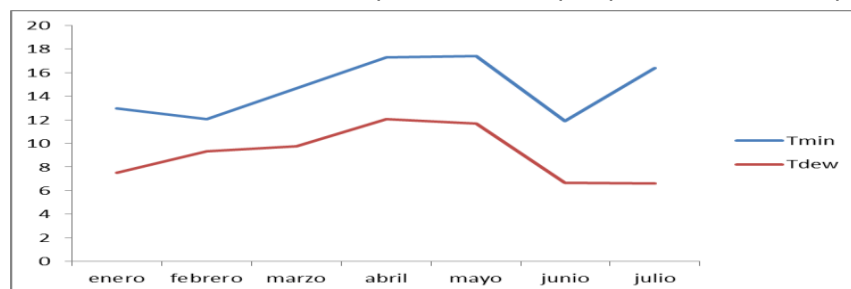


Figura 2. Estimación del error relativo de ETo para Venecia promedio mensual para 2018.

**Índice de concordancia**

Para determinar la validez de la ecuación de ajuste con rutinas generadas a partir de temperatura de rocío se calculó el índice de concordancia (Wilmott, 2006). Comparado con

el método de referencia FAO-56 con datos completos. En los cuadros se observa el índice de concordancia es cercano a 1 en ambos sitios, con valores mínimos de 0.96 y máximos de 0.98 representando una alta concordancia de la ecuación de ajuste con base al método de referencia.

Tabla 1. Determinación del índice de concordancia (I.A) y eficiencia (EF) en el cálculo de la evapotranspiración con la ecuación de ajuste para los diferentes sitios y años.

Sitio	Año	I.A.	EF
NMSU	2018	0.98	0.92
Venecia	2018	0.96	0.86

### CONCLUSIONES

La ecuación de ajuste considerando temperatura de rocío (T Dew) resultó en mayor precisión en la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) cuando no se dispongan de datos de radiación solar (R<sub>s</sub>) y humedad relativa (Rh) en zonas áridas. La precisión en la estimación demostró consistencia en los diferentes sitios en los cuales fueron probadas, lo que significa que puede tener aplicabilidad en diferentes localidades en zonas áridas.

### LITERATURA CITADA

- Allen, R., L. Pereira, D. Raes y M. Smith 2006. "Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos." Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): 1-298.
- FAO 2013. "Afrontar la escasez de agua (Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria)." Roma 1-97.
- García-Salazar, J., J. Alberto, E. Guzmán-Soria y M. Fortis-Hernández 2006. "Demanda y distribución del agua en la Comarca Lagunera, México." *Agrociencia* 40: 269-276.
- González, M.A. y B.Hernández (2000), "Estimación de las necesidades hídricas del tomate", *Revista Interamericana Terra*, vol. 17, núm. 4, pp.45-50.
- Hargreaves, G.H. y Z.A. Samani. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl. Eng. Agric.* 1(2):96-99
- Pacheco-Tolentino, N. 2017. "Estimación de ET<sub>o</sub> potencial por los métodos FAO56 y Hargreaves-Samani con limitación de datos climáticos." 1-79.
- Rodríguez-Santiago, S., R. Arteaga-Ramírez, D. M. Sangerman-Jarquín, R. Cervantes-Osornio y A. Navarro-Bravo 2012. "Evapotranspiración de referencia estimada con Fao-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA" *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1535-1549.
- Todorovic, M., K. Biljana y L. S. Pereira 2013. "Reference evapotranspiration estimate with limited weather data across a range of Mediterranean climates." *Journal of Hydrology* 481: 166-176.

Zotarelli, L., D. Michael, C. Consuelo, K. W. Romero y K. T. Migliaccio 2010. "Step by step calculation of the Penman-Monteith evapotranspiration (FAO56 Method)." University of Florida, IFAS Extension 1-12.

---

## OBSERVACIONES SOBRE LA BIOLOGÍA DE *Scymnus* sp. (COLEÓPTERA: COCCINELLIDAE) DEPREDADOR DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN LA COMARCA LAGUNERA

José Manuel Vázquez-Navarro\*<sup>1</sup>, Víctor Manuel Almaraz-Valle<sup>2</sup> y Bertha Alicia Cisneros-Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez el Estado de Durango, Km 35, Carr. Gómez Palacio-Tlahualilo, Ej. Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. <sup>3</sup>Univ. Aut. Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna, Torreón, Coah.

\*[manuelvazna@hotmail.com](mailto:manuelvazna@hotmail.com)

### INTRODUCCION

A finales de 2013, se detectó una fuerte infestación de un áfido desconocido en sorgo en el norte de Tamaulipas, fue identificado como *Melanaphis sacchari*, el pulgón amarillo del sorgo, una nueva plaga en México (Maya-Hernandez y Rodríguez del Bosque, 2015). Para 2015 esta plaga causaba daños severos en diversos estados de la República Mexicana, incluyendo la Comarca Lagunera (SAGARPA, 2015; SENASICA, 2015). Para su control se han usado diversas tácticas, sobre todo control químico, aunque se consigna a una gran cantidad de enemigos naturales (Bowling, *et al.*, 2016; Quijano *et al.*, 2017). El género *Scymnus* perteneciente al orden de los Coleópteros y a la familia Coccinellidae, contiene especies depredadoras de áfidos y otros insectos de cuerpo blando; sus larvas se distinguen de las de otros coccinélidos depredadores por su cuerpo cubierto de vellosidad cérea blanca, los adultos son pequeños y de tonalidades oscuras. Estos depredadores han sido consignados consumiendo *M. sacchari* en diversas partes de México (Maya-Hernandez y Rodríguez del Bosque, 2015; Vázquez-Navarro *et al.*, 2016; Gutiérrez-Gómez *et al.*, 2018; Rodríguez-Velez *et al.*, 2019). Debido a la importancia que reviste el estudio de los enemigos naturales de una plaga tan importante como el pulgón amarillo del sorgo, se propuso estudiar aspectos básicos de su biología.

### MATERIALES Y METODOS

En el verano de 2017, se localizó un predio agrícola en descanso con una población abundante de zacate Johnson (*Sorghum halepense*) con una fuerte infestación de pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, situado en el Ejido Venecia, en el Municipio de Gómez Palacio, Durango, ubicada en 25°46'56" Latitud Norte y 103°21'02" Longitud Oeste. Al revisar dicha población de áfidos, se detectó la presencia de larvas del depredador *Scymnus* sp. Con el fin de observar la forma de alimentación y evaluar la posibilidad de obtener el ciclo completo de este depredador, se colectaron hojas con larvas y áfidos en bolsas de papel y se llevaron al laboratorio de Entomología, donde se revisaron bajo el microscopio estereoscópico para eliminar los demás depredadores, dejando sólo pulgón amarillo y las larvas de *Scymnus*. El material biológico se confinó en una caja de plástico (30 x 20 x 10 cm) forrada con papel estraza y con una cubierta de tela de organza. Se adicionó papel secante húmedo, a fin de

---

hidratar a los insectos y evitar la desecación del tejido vegetal. La caja se colocó en una cámara bioclimática Biotronette Mark III con un fotoperíodo L:O 16:8, 30 °C y HR de 70%. La caja se mantuvo por varias semanas, tiempo en que se suplementó con segmentos del zacate con áfidos a fin de alimentar a las larvas para llevarlas a término. Se registraron los eventos de desarrollo del depredador y se observaron los hábitos de alimentación de larvas y adultos del depredador usando fotografía y video digital.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Se colectaron 24 larvas que se adaptaron adecuadamente al proceso de cría, las larvas puparon y se obtuvieron adultos a los que se observó copular. Inicialmente, no se encontraron huevos, pero revisando el método de cría de *S. aptezi* de La Forgia (2012), se colocaron cajas de Petri con algodón y al día siguiente se observaron oviposturas.

Los huevos recién depositados tenían forma ovalo-alargada (Figura 1a), el corión liso, con un color amarillo pálido translúcido y medían cerca de 0.3 mm de ancho por 0.7 mm de largo. La eclosión se presentó al tercer día; las larvas eran de tipo campodeiforme y recién emergidas de median cerca de 1 mm, de inicio no presentaban excrecencias cerosas. Se observaron tres mudas, para lo cual la larva fijaba la parte terminal del abdomen para sujetar la exuvia que se desprendía de la línea media dorsal. De igual manera los instares recién emergidos de la exuvia no presentaban las secreciones cerosas que se empezaban a denotar después como pequeñas manchas blanquecinas alineadas en filas que iban creciendo con el paso del tiempo. Las larvas de tercer y cuarto instar eran más móviles y llegaban a medir antes de pupar hasta 3.5 mm. Las larvas se convertían en pupas en cerca de 5 días y de éstas emergían los adultos en 3 días. En general, las observaciones concuerdan con lo consignado en estudios sobre la biología de especies de este género; *Scymnus (Pullus)* sp. (Romero *et al.*, 1974) y *S. syriacus* and *S. levaillanti* (Alawi, 2006).

Desafortunadamente, la población tan abundante de pulgón en zacate Johnson cayó abruptamente y no fue posible colectar más larvas o escarabajos, ni áfidos, por lo que no pudimos continuar la cría y generar más precisión en las observaciones. A pesar del escaseo de alimento, no atestiguamos canibalismo entre las larvas, como señala Alawi (2006) que puede suceder al faltar presas.

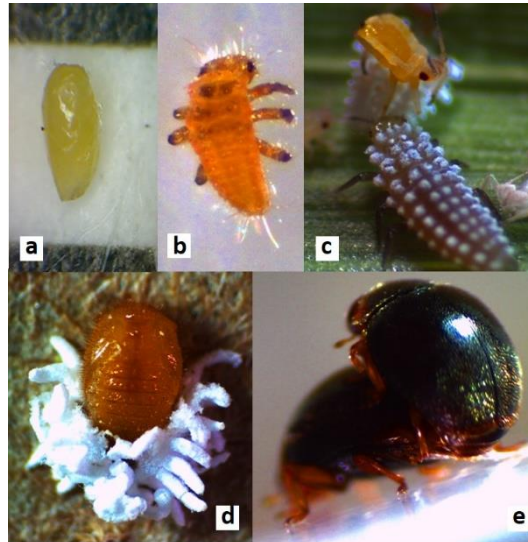


Figura 1. Ciclo de *Scymnus* sp., a) Huevo b) Larva recién emergida sin mechones de cera, c) Larva de cuarto instar depredando un áfido, d) Pupa recién formada e) Adultos en cópula.

La forma de alimentación de adultos y larvas fue registrada. Se observó que cuando las larvas entraban en contacto con las presas mordían alguna parte del cuerpo de los pulgones e iniciaban el proceso de introducción de saliva que era succionada y bombeados repetidamente al cuerpo del pulgón, propiciando la formación de un jugo digestivo que era finalmente tragado por el depredador. Dicho proceso fue registrado en video y fue evidente cómo las víctimas atacadas iban perdiendo volumen y se denotaba el flujo de líquidos que entraban y salían de la presa. La Forgia (2012) señala que la larva de *Scymnus* permanece unida al pulgón con las mandíbulas que se cierran como una pinza y se introducen con la parte distal puntiaguda dentro de la parte del cuerpo de donde atrapa a la víctima. De esa manera crea un canal compuesto por el surco mandibular, el paladar y las galeas; el canal así formado sirve para la introducción en el cuerpo de la víctima de los jugos mesentéricos y la succión de líquidos digeridos. Al respecto, Cohen (1998) señala que algunas especies de depredadores introducen un conjunto de enzimas con su saliva para “macerar” los tejidos internos de las presas que atacan, este comportamiento fue observado tanto en las larvas como en los adultos de este estudio.

En la Figura 2, se muestran tres imágenes del ataque de una larva de cuarto instar de *Scymnus* atacando a una ninfa del pulgón amarillo del sorgo a partir de la tibia de una de las patas delanteras. La duración del proceso de alimentación en cada presa fue variable dependiendo del tamaño de la presa y el instar del depredador. La larva de la observación de la Figura 2 consumió a su presa en alrededor de 14 minutos. De igual forma se observó y registró el mismo proceso en el caso de los adultos



Figura 2. Larva de cuarto instar de *Scymnus* sp alimentándose extra oralmente de una ninfa de *M. sacchari*, a través de la tibia de la pata anterior; la imagen de la izquierda es el inicio del proceso, la foto media del transcurso y en la foto de la derecha la presa ha sido totalmente consumida.

### CONCLUSIONES

Se estableció una cría en laboratorio de *Scymnus* sp., alimentada con *M. sacchari* por una generación. Se describe el ciclo del depredador y se registró su proceso de alimentación extra oral en larvas y adultos.

### BIBLIOGRAFIA

- Alawi, T.F. 2006. Biological and ecological studies on *Scymnus syriacus* and *Scymnus levallanti* (Coleoptera:Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 103:501-503.
- Bowling, R. D., Brewer, M. J., Kerns, D. L., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N. E., Buntin G. D., Way, M.O., Royer, T. A., Biles, S. and E. Maxson. 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. Journal of integrated pest management, 7(1), 12:1-13.
- Cohen, A.C. 1998. Solid-to-liquid feeding: The inside(s) story of extra-oral digestion in predaceous arthropoda. American Entomologist 44:103-116
- Gutiérrez-Gómez, E. N., Carapia-Ruiz V.E., Castillo-Gutierrez A. y O. A. Sánchez-Flores. 2018. Enemigos naturales del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) en Xalostoc, Ayala, Morelos. Entomología mexicana, 5: 131-135.
- Maya-Hernández., A. y L. Rodríguez-del Bosque. 2014. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional del noreste. Boletín electrónico, 1(16). 3 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2015/BE%20Pulgon%20amarillo,nueva%20plaga%20en%20Mexico.pdf>. (Fecha de consulta: 15 junio de 2018).
- La Forgia, D. 2012. Osservazioni morfologiche e biologiche su *Scymnus apetzi* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Tesi di Laurea. Facoltà di Agraria. Università degli studi di Perugia. 41 p.
- Quijano, J. A., V. Pecina, R. Bujanos, A. Marín y R. Yáñez. 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Folleto para productores No. 1. Comité Técnico de Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. Guanajuato, México. 36 p.

- Rodríguez-Vélez, J.M., Gallou, A., Uribe-Mú, C. A., Najar-Pacheco, M. A., Huerta-Martinez, F.M., Contreras-Ramos, A. and H.C. Arredondo-Bernal. 2019. Identification of Twelve Species of Coccinellidae (Coleoptera) Predatory on *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) in Mexico, and Submission of Reference Coi Sequences. The Coleopterists Bulletin. 73. 243-251.
- Romero R., R., Cueva C., M., y D. Ojeda P. 1974. Morfología, ciclo biológico y comportamiento de *Scymnus (Pullus)* sp. (Col.: Coccinellidae). Revista Peruana de Entomología Vol. 17, Nº 1: 42-47.
- SAGARPA. 2015. Se Reforzará Campaña de Combate del Pulgón Amarillo del Sorgo en Morelos. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/morelos/boletines/Paginas/2015B135B.a.spx>. (Fecha de consulta: 15-III-2016).
- SENASICA. 2015. Pulgón amarillo del sorgo. Informe mensual 6 de junio. <http://senasica.gob.mx/?doc=29171>. (Fecha de consulta: 15-junio-2018).
- Vázquez-Navarro, J. M., Carrillo-Aguilera, J. C. y B. A. Cisneros-Flores. 2016. Estudio poblacional en un cultivar de sorgo forrajero infestado con pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemiptera:Aphididae) en la Comarca Lagunera. Entomol. Mex. 3: 395-400.



---

## ORGANISMOS ASOCIADOS CON LA PUDRICIÓN DE LA RAÍZ DEL TOMATILLO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS, MÉXICO

Rodolfo Velásquez-Valle<sup>1</sup> y Maihualy Martínez-Fernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R., Zacatecas, México; <sup>2</sup> Campo Experimental Valle de Guadiana – INIFAP  
velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El tomatillo, tomate verde o tomate de cáscara (*Physalis* spp) se produce en casi todo México, parte de Estados Unidos de América y Centro América. En México, para 2003, cerca del 81% del tomatillo se producía bajo condiciones de riego; el resto en condiciones de temporal (López-López *et al.*, 2009). Superficies variables de esta hortaliza se cultivan en la mayoría de los estados de la República Mexicana aunque los de mayor importancia son Sinaloa, Jalisco, Puebla, Nayarit, Zacatecas, México, Michoacán y Sonora que en conjunto representan el 74% de la superficie sembrada a nivel nacional aportando cerca del 71% del valor total de la producción (Pat-Fernández *et al.*, 2016). En 2017 se reportaron alrededor de 43,500 hectáreas ocupadas con esta hortaliza a nivel nacional donde el rendimiento promedio fue de 20 t/ha (Reveles-Torres *et al.*, 2018). Las plantas de este cultivo son afectadas por diversas plagas y enfermedades que limitan su rendimiento y reducen su productividad. Algunos patógenos habitantes del suelo han sido reportados como agentes causales de enfermedades en tomatillo: en Japón, se ha mencionado a *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzpatrick como el agente causal del ahogamiento (Miyake *et al.*, 2015). En Sinaloa, México, se han encontrado algunos patógenos dañando la raíz o la base del tallo de las plantas de tomatillo; entre ellos se encuentran *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, *Fusarium solani* (Wollenw.), *F. oxysporum* Schlecht., *Rhizoctonia solani* (Frank) Donk, *Pythium* sp., *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid y *Sclerotium rolfsii* Curzi (Apodaca *et al.*, 2008). Por su parte, Aguilar (2002) menciona la presencia de *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Verticillium* spp. en plantas de tomatillo en el estado de Morelos, México.

Aunque el cultivo de tomatillo es de importancia económica para los estados de Zacatecas y Aguascalientes existe poca información acerca de las enfermedades que lo dañan y, específicamente, sobre las provocadas por los organismos habitantes del suelo. El objetivo del trabajo consistió en identificar los géneros de patógenos asociados con la marchitez del tomatillo en Aguascalientes y Zacatecas, México.

### MATERIALES Y METODOS

Se colectaron plantas de tomatillo que mostraban síntomas de marchitez en parcelas comerciales de los municipios de Calera de V. R., Enrique Estrada y Fresnillo en Zacatecas y en el de San Francisco de los Romo en Aguascalientes. Las plantas colectadas se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) donde se registró su sintomatología aérea y subterránea así como la presencia/ausencia

de agallas y coloración vascular en la raíz o tallo. La severidad de la sintomatología observada se calificó de acuerdo con una escala arbitraria de daño, donde 0: planta aparentemente sana; 3: planta con marchitez incipiente, follaje sin deformaciones; 5: planta con marchitez, clorosis marcada, rizado de hojas pero con estructuras reproductivas y, 7: planta con marchitez, follaje colgante, clorosis severa, hojas pequeñas y aborto de botones y flores. Se calculó el promedio de severidad para cada parcela muestreada. Porciones de alrededor de 5 mm de la raíz o raicillas con lesiones se desinfectaron con hipoclorito de sodio (1%) por un minuto y se enjuagaron en agua destilada estéril; posteriormente se secaron sobre papel filtro esterilizado y una vez secas se sembraron en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Las cajas Petri con las siembras se colocaron en una estufa bacteriológica a 26 - 28 °C por cuatro a cinco días para permitir el desarrollo de colonias fungosas. La identificación a nivel género se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas proporcionadas por Watanabe (1994) y Barnett (1967).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Durante junio y julio de 2019 se colectaron 60 plantas de tomatillo con síntomas de la enfermedad en 13 parcelas comerciales pertenecientes a los municipios de Calera de V. R. (3), Enrique Estrada (2) y Fresnillo (8) en Zacatecas y San Francisco de los Romo (2) en Aguascalientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización de parcelas de tomatillo muestreadas, severidad de la enfermedad e identificación de patógenos radiculares en Aguascalientes y Zacatecas, México.

Parcela	Localización (municipio/estado)	Severidad <sup>1</sup>	Patógenos identificados
1	Enrique Estrada, Zac.	3.7	<i>Fusarium</i> spp. <i>S. rolsfii</i>
2	Enrique Estrada, Zac.	3.0	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
3	Calera de V. R., Zac.	3.0	<i>Fusarium</i> spp. <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>S. rolsfii</i>
4	Calera de V. R., Zac.	4.0	<i>Fusarium</i> spp. <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>S. rolsfii</i>
5	San Francisco de los Romo, Ags.	5.0	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>S. rolsfii</i>
6	San Francisco de los Romo, Ags.	4.3	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
7	Fresnillo, Zac.	4.3	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp.
8	Fresnillo, Zac.	4.0	<i>Fusarium</i> spp. <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>S. rolsfii</i>

9	Fresnillo, Zac.	5.0	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
10	Fresnillo, Zac.	4.7	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
11	Fresnillo, Zac.	3.7	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
12	Fresnillo, Zac.	4.0	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
13	Fresnillo, Zac.	5.8	<i>Fusarium</i> spp.
14	Calera de V. R., Zac	5.0	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.
15	Fresnillo, Zac.	6.5	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp.

<sup>1</sup> Promedio

#### Síntomas asociados a la marchitez del tomatillo

El síntoma más evidente en las plantas de tomatillo enfermas fue la marchitez del follaje que incluía varios grados de clorosis y que presentaba en casos severos, un aspecto colgante con los bordes foliares rizados. Algunas plantas mostraban hojas de menor tamaño al ser comparadas con las de plantas sanas, especialmente en los puntos de crecimiento. Todas las plantas muestreadas poseían frutos flores y botones que mostraban síntomas leves de la enfermedad. Otros síntomas aéreos menos frecuentes fueron defoliación y frutos deshidratados o con las cubiertas de color amarillo o café. Algunas raíces presentaban lesiones necróticas superficiales y en menor proporción una coloración difusa de color café en el sistema vascular; ocasionalmente las raicillas mostraban una coloración negra o púrpura y posteriormente pérdida de la corteza.

#### Patógenos identificados

En plantas de tomatillo que presentaban síntomas de marchitez como síntoma común se identificaron cuatro géneros de patógenos en forma individual o combinada: *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. y *Sclerotium rolfsii*

Se identificó al hongo *S. rolfsii* en 46.1% de las parcelas muestreadas localizadas en ambos estados y en 13.3% del total de plantas muestreadas; en la mayoría de esas plantas se le detectó como único patógeno aunque también se le encontró asociado con *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. En todos los casos formó en medio de cultivo esclerocios redondos, de color gris a negro. *S. rolfsii* es un patógeno frecuente de otras solanáceas como chile y jitomate alrededor del mundo; su infección provoca lesiones de color negro o café en el tallo mientras que el follaje toma una coloración amarillenta y muere (McCarter, 1993; Roberts, 2003) y su presencia en parcelas de tomatillo en Sinaloa, México fue reportada por Apodaca *et al.* (2008).

El hongo *Fusarium* spp. fue identificado en la raíz de por lo menos una planta en todas las parcelas muestreadas; en el 51.5% del total de plantas muestreadas se encontró a este hongo, aunque en forma individual se detectó en el 71.4% de las muestras positivas a *Fusarium*. Es importante señalar que en Colombia la principal enfermedad de esta hortaliza

es la marchitez vascular provocada por *Fusarium oxysporum*, según Osorio-Guarín *et al.* (2016). *Fusarium* spp. encontró en forma mixta con *Rhizoctonia* spp. y *S. rolfsii* en el 28.6% restante.

El hongo *Rhizoctonia* spp. fue identificado en 13 de las 15 parcelas muestreadas y en el 35.3% del total de muestras colectadas; en forma individual se le encontró en el 62.5% de las muestras positivas a ese hongo. En el 37.5% restante se le detectó asociado a *Fusarium* spp. y *S. rolfsii*. Finalmente, el oomiceto *Pythium* spp. fue identificado en la raíz de una planta de tomatillo que mostraba lesiones deprimidas y que fue colectada en Fresnillo, Zac.; su presencia en raíces de esa hortaliza había sido previamente señalada en Sinaloa, México (Apodaca *et al.*, 2008).

#### Severidad de la enfermedad

Se colectaron plantas de tomatillo con síntomas incipientes (marchitez temporal) hasta plantas con síntomas severos (marchitez permanente y frutos deshidratados). Independientemente de su localización geográfica, el 50% de las plantas muestreadas expresaban síntomas iniciales o leves de la enfermedad (marchitez incipiente, sin follaje deformado); el 36.7% de las plantas manifestaba síntomas intermedios como marchitez, clorosis marcada, rizado de hojas pero con estructuras reproductivas y sólo el 13.3% mostraba síntomas severos (marchitez, follaje colgante, clorosis severa, hojas pequeñas y aborto de botones y flores). El promedio de severidad de la enfermedad por parcela varió entre 3.0 y 6.5 (Cuadro 1). En las parcelas de Aguascalientes el promedio de severidad osciló entre 4.3 y 5.0 mientras que en las de Zacatecas varió entre 3.0 y 6.5 con un promedio general de 4.4 en las 15 parcelas muestreadas.

## CONCLUSIONES

En plantas de tomatillo colectadas en Aguascalientes y Zacatecas que mostraban síntomas asociados con marchitez se identificó la presencia de los hongos *Sclerotium rolfsii*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. Los síntomas aéreos más frecuentes en las plantas de tomatillo incluían marchitez y deformaciones de follaje, mientras que las lesiones necróticas en el cuello o base de la planta y el descortezamiento de raicillas se encontraban entre los síntomas más frecuentes en la parte subterránea. La severidad de la enfermedad en las parcelas muestreadas osciló entre 3.0 y 6.5 con una media general de 5.8.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar EJ. 2002. Microorganismos asociados a la marchitez del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en la zona oriente del Estado de Morelos. Tesis Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 45 p.
- Apodaca SMA, Barreras SMA, Cortez EM y Quintero BJA. 2008. Enfermedades de tomate de cáscara en Sinaloa. Folleto Técnico No. 31. INIFAP – Campo Experimental Valle del Fuerte. Los Mochis, Sinaloa, México. 33 p.
- Barnett HL. 1967. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Publishing Company. Fourth Printing. Minneapolis, MN, USA. 223 p.

- López-López R, Arteaga-Ramírez R, Vazquez-Peña MA, López-Cruz IL y Sánchez-Cohen I. 2009. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en laminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:83-89.
- McCarter SM. 1993. Southern blight. *In: Compendium of tomato diseases*. (Eds. JB Jones, JP Jones, RE Stall and TA Zitter). Second Printing. The American Phytopathological Society Press. St Paul, MN, USA. 73 p.
- Miyake N, Nahai H, Kato S, Matsusaki M, Ishikawa H, and Kageyama K. 2015. Detection of damping-off of Cape gooseberry caused by *Pythium aphanidermatum* and its suppression with phosphonate. *Journal of General Plant Pathology* 81:192-200.
- Osorio-Guarín, J.A., Enciso-Rodríguez, F.E., González, C., Fernández-Pozo, N., Mueller, L.A., and Barrero, L.S. 2016. Association analysis for disease resistance to *Fusarium oxysporum* in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *BMC Genomics* 17:248. DOI 10.1186/s12864-0162568-7
- Pat-Fernández VG, Caamal-Cauich I y Caamal-Pat ZH. 2016. Análisis técnico y económico de la producción de tomate verde en el oriente del estado de México. *In: Producción, Comercialización y Medio Ambiente*. (Eds. F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez). HandbookT-1. CECORFAN, Texcoco de Mora, México.
- Reveles-Torres LR, Salas-Muñoz S, Castañeda-Longoria, I, y Mauricio-Castillo JA. 2018. Identificación molecular de la presencia de fitoplasmas en el cultivo de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem) en Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 93. INIFAP – Campo Experimental Zacatecas. 45 p.
- Roberts PD. 2003. Southern blight. *In: Compendium of pepper diseases*. (Eds. K. Pernezny, PD Roberts, JF Murphy and NP Goldberg). The American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN, USA. 63 p.
- Watanabe T. 1994. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 411 p.

---

## PLANTAS DE ALGODONERO BAJO ESTRÉS HÍDRICO TRATADAS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS

**Ma. Magdalena Villa-Castorena<sup>1\*</sup>, Ernesto Alonso Catalán-Valencia<sup>1</sup>, Marco Antonio Inzunza-Ibarra<sup>1</sup>, Hilario Macías Rodríguez<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México. 35140.

\* Autor para correspondencia ([villa.magdalena@inifap.gob.mx](mailto:villa.magdalena@inifap.gob.mx))

### INTRODUCCIÓN

La escasez de agua para la producción agrícola es cada vez más creciente, tanto en México como en otros países. Esto se debe principalmente a la escasa precipitación y a los patrones de lluvia cambiantes que causan sequías frecuentes en todo el mundo (Lobell *et al.*, 2011). Dichas sequías ocasionan la disminución sustancial en el rendimiento de los cultivos a través de impactos negativos sobre el crecimiento de las plantas, la fisiología y la reproducción (Yordanov *et al.*, 2000; Barnabas *et al.*, 2008). En México, el 50% de los municipios actualmente son afectados por la sequía y se calcula que 1.4 millones de ha han sufrido por esta condición (Romero, 2012). Ante esa situación, es necesario desarrollar e implementar estrategias que ayuden a incrementar el aprovechamiento y eficiencia en el uso del agua y reducir los efectos de la sequía en las plantas. Dentro de las estrategias para reducir los efectos del déficit hídrico en las plantas se encuentra 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 (Iqbal *et al.*, 2011; Shahbez *et al.*, 2011; Gimeno *et al.*, 2014; Farjam *et al.*, 2015).

El algodón es un cultivo atractivo desde el punto de vista económico y social; este cuenta con apoyos económicos directos del gobierno federal. Además, es un cultivo que genera empleo pues requiere de mano de obra para llevar a cabo las prácticas agronómicas para su desarrollo. El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de cuatro sustancias químicas en la altura de planta, diámetro de tallo y área foliar de plantas de algodón bajo condiciones de estrés hídrico.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero cubierto en el techo con polietileno transparente y con una malla sombra negra (50:50). En los lados estuvo protegido con malla antiáfidos blanca, no se contó con control artificial del clima. El invernadero está localizado en Gómez Palacio, Durango dentro de las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las temperaturas máximas y mínimas promedio registradas dentro del invernadero durante el desarrollo del estudio, fueron de 39.3°C y 21°C, respectivamente.

Se evaluó la aplicación foliar del ácido salicílico (AS), glicina betaina (GB), nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) a tres concentraciones diferentes cada uno. Se incluyó también un testigo al cual no se le aplicó ninguna sustancia, en el Cuadro 1 se describen cada uno de los tratamientos. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con siete repeticiones, la parcela experimental consistió de tres macetas por tratamiento. El inicio de las aplicaciones de las sustancias fue a los 20 días después de la emergencia y se realizaron tres aplicaciones foliares con intervalos de 30 días.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

TRT.	Sustancia	Concentración
T1	Ácido salicílico	0.025 mM
T2	Ácido salicílico	0.05 mM
T3	Ácido salicílico	0.10 mM
T4	Glicina betaina	10 mM
T5	Glicina betaina	25 mM
T6	Glicina betaina	50 mM
T7	Nitrato de potasio (fertilizante)	5.0 mM
T8	Nitrato de potasio (fertilizante)	10.0 mM
T9	Nitrato de potasio (fertilizante)	15.0 mM
T10	Nitrato de calcio (fertilizante)	2.1 mM
T11	Nitrato de calcio (fertilizante)	4.2 mM
T12	Nitrato de calcio (fertilizante)	6.3 mM
T13	Testigo	Sin aplicar

Las semillas se sembraron en macetas de plástico negro de 20 L de capacidad, llenas con una mezcla de turba con perlita y vermiculita (70, 15 y 15%, v:v:v). Se colocaron dos semillas por maceta y después de la emergencia se dejó sólo una planta; se usó la variedad transgénica FM11740B2F. Las plantas se regaron cuando el sustrato tenía del 25 al 30% de la capacidad máxima de retención de humedad. Esto con el fin de que las plantas estuvieran bajo una condición de estrés hídrico. Se marcaron diez macetas al azar y se estuvo monitoreando su peso para definir el momento de riego.

La cantidad de agua aplicada fue la necesaria para llevar a la máxima retención del sustrato. El riego se aplicó de manera manual con probeta graduada. Las plantas se fertilizaron con una solución nutrimental equilibrada de 15 meq  $\text{L}^{-1}$  de aniones y cationes. La primera fertilización se llevó a cabo cuando las plantas tuvieron dos hojas verdaderas, posteriormente se hizo con una frecuencia de cada diez días. Se aplicó un 15% más del agua requerida para evitar la salinización del sustrato.

A los 40, 80 y 110 días después de la siembra (dds) se midió la altura de planta, diámetro del tallo, así como el área foliar. Esas mediciones se hicieron en cada tratamiento y en cuatro repeticiones. La altura de planta se midió con una regla graduada desde el cuello de la raíz hasta el punto de crecimiento; el diámetro del tallo se midió con un vernier en el punto de inicio de éste. El área foliar se cuantificó con un integrador de área foliar LI-3100 LI-

COR. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental usado con el programa SAS (SAS Institute, 2004). La separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan ( $P = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Altura de planta.** Los tratamientos evaluados afectaron de manera significativa ( $p < 0.001$ ) a la altura de planta en las tres fechas de muestreo. En la primera fecha, con excepción del tratamiento T1, todos los tratamientos afectaron de manera positiva a la altura de planta. Con los mejores resultados con T2, T3, T8, T9, T10, T11 y T12, los cuales en promedio mostraron plantas de 86 cm de altura superior a las del testigo en un 11% (Cuadro 2). En el segundo muestreo, sólo algunos tratamientos mostraron un efecto positivo con respecto al testigo; con la mejor respuesta con el T5, el cual promovió una altura de planta superior al testigo en un 21%. Los tratamientos T3, T4, T6 y T12 no manifestaron una ventaja sobre el testigo, ellos fueron estadísticamente similares entre sí (Duncan = 0.05). En el tercer muestreo, los tratamientos T4, T8, T9, T10, T11 y T12 superaron al testigo, con la mayor respuesta con los tratamientos T4, T9 y T10, los cuales en promedio superaron al testigo en un 13%.

Cuadro 2. Altura de planta

Trt	Nomenclatura	Alt <sub>1</sub> (cm) <sup>†</sup>	Alt <sub>2</sub> (cm) <sup>†</sup>	Alt <sub>3</sub> (cm) <sup>†</sup>
T1	AS, 0.025 mM	78.5 b	102.0 b	106.5 bc
T2	AS, 0.05 mM	85.3 a	100.2 b	107.8 b
T3	AS, 0.10 mM	86.5 a	92.5 c	111.8 b
T4	GB, 10 mM	79.8 ab	94.5 c	121.7 a
T5	GB, 25 mM	81.8 ab	111.5 a	115.3 b
T6	GB, 50 mM	83.7 ab	95.0 c	113.0 b
T7	KNO <sub>3</sub> , 5 mM	81.3 ab	106.5 ab	116.3 b
T8	KNO <sub>3</sub> , 10 mM	85.5 a	98.7 bc	118.0 ab
T9	KNO <sub>3</sub> , 15 mM	84.8 a	100.5 b	126.5 a
T10	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 2.1 mM	85.3 a	95.5 bc	122.3 a
T11	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 4.2 mM	89.5 a	100.2 b	117.5 ab
T12	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 6.3 mM	87.0 a	92.2 c	119.8 ab
T13	Testigo	77.8 b	92.2 c	109.5 c

<sup>†</sup> Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan = 0.05) dentro de columnas.

Los resultados mostrados anteriormente señalan que la aplicación de las sustancias estudiadas afectó de manera diferencial a la altura de planta durante las fechas de muestreo. Al final del ciclo la aplicación de GB a la concentración de 10 mM, de KNO<sub>3</sub> a 15 mM y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a 2.1 mM promovieron plantas más altas.

**Diámetro del tallo.** La aplicación de las sustancias evaluadas afectó de manera significativa ( $p < 0.001$ ) a esta variable en las tres fechas de muestreo. Aunque sólo algunas sustancias promovieron un mayor diámetro del tallo con respecto al testigo. En el primer muestreo, la aplicación de AS a 0.05 mM, KNO<sub>3</sub> a 10 mM y Ca(NO<sub>3</sub>) a 4.2 mM manifestaron



el mayor diámetro, superando al testigo en un 10% (Cuadro 3). En el segundo muestreo, la aplicación de  $\text{KNO}_3$  a la concentración de 10 y 15 mM, y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a las tres dosis evaluadas promovieron plantas más gruesas, con un promedio de diámetro del tallo de 8.7 mm que fue superior al del testigo en un 12 %. En el tercer muestreo la aplicación de  $\text{KNO}_3$  y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a las tres concentraciones estudiadas produjeron mayor diámetro de tallo que en promedio superaron al testigo en un 17%.

Cuadro 3. Diámetro de tallo

Trt	Nomenclatura	Diám <sub>1</sub> (mm) <sup>†</sup>	Diám <sub>2</sub> (mm) <sup>†</sup>	Diám <sub>3</sub> (mm) <sup>†</sup>
T1	AS, 0.025 mM	7.8 b	8.1 b	8.5 b
T2	AS, 0.05 mM	8.1 a	8.2 ab	9.0 ab
T3	AS, 0.10 mM	7.2 b	8.0 b	8.8 b
T4	GB, 10 mM	7.4 b	7.7 bc	8.3 b
T5	GB, 25 mM	7.9 ab	8.2 ab	8.6 b
T6	GB, 50 mM	7.5 b	8.2 ab	8.4 b
T7	$\text{KNO}_3$ , 5 mM	7.5 b	8.2 ab	9.6 a
T8	$\text{KNO}_3$ , 10 mM	8.2 a	8.8 a	9.7 a
T9	$\text{KNO}_3$ , 15 mM	7.6 b	8.7 a	9.8 a
T10	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 2.1 mM	7.8 b	8.5 a	9.3 a
T11	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 4.2 mM	8.4 a	8.9 a	9.6 a
T12	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 6.3 mM	7.8 b	8.5 a	9.4 a
T13	Testigo	7.5 b	7.8 b	8.2 b

<sup>†</sup> Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan = 0.05) dentro de columnas.

**Área foliar (AF).** La respuesta de esta variable a la aplicación de las sustancias evaluadas fue diferente en las tres fechas de muestreo. En el primer muestreo, no se detectó efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ); lo contrario sucedió en el segundo y tercer muestreo ( $P < 0.0001$ ). El AF promedio de todos los tratamientos en el primer muestreo fue de 2 360 cm<sup>2</sup>. En el segundo muestreo, los tratamientos evaluados, con excepción de los tratamientos T8 y T12 superaron al testigo (Cuadro 4). Los tratamientos T5, T6 y T7, los cuales no fueron estadísticamente diferentes entre ellos (Duncan = 0.05), en promedio superaron al AF del testigo en un 12%. El resto de los tratamientos tuvieron un 4% más de AF que el testigo.

En el tercer muestreo, los tratamientos T3, T5, T6, T7, T8, T10 y T11 mostraron efectos positivos en el AF, ellos en promedio produjeron 5 958 cm<sup>2</sup> y superaron al AF del testigo en un 14%. Los resultados mencionados anteriormente, muestran que la aplicación foliar de las sustancias evaluadas afectaron de manera diferencial al AF durante las fechas de muestreo. También la concentración de las sustancias afectó de manera particular el AF en las dos últimas fechas de muestreo, con los mejores resultados con la aplicación del AS a 0.10 mM, la GB a las concentraciones de 25 y 50 mM. Así mismo la aplicación de  $\text{KNO}_3$  a 5 y 10 mM y la de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a 2.1 y 4.2 mM favoreció al AF.

Cuadro 4. Medias del área foliar por planta

Trt	Nomenclatura	AF1 (cm <sup>2</sup> ) †	AF2 (cm <sup>2</sup> ) †	AF3 (cm <sup>2</sup> ) †
T1	AS, 0.025 mM	2328	4716 b	5424 b
T2	AS, 0.05 mM	2437	4618 b	5451 b
T3	AS, 0.10 mM	2445	4723 b	5843 a
T4	GB, 10 mM	2414	4663 b	5794 ab
T5	GB, 25 mM	2297	5099 a	5983 a
T6	GB, 50 mM	2429	4830 b	5801 a
T7	KNO <sub>3</sub> , 5 mM	2317	4748 b	5968 a
T8	KNO <sub>3</sub> , 10 mM	2420	4541 bc	5913 a
T9	KNO <sub>3</sub> , 15 mM	2257	4653 b	5688 b
T10	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 2.1 mM	2370	5201 a	6103 a
T11	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 4.2 mM	2487	4757 b	6098 a
T12	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 6.3 mM	2624	4368 c	5054 c
T13	Testigo	2037	4514 bc	5235 c

† Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan  $P = 0.05$ ) dentro de columnas.

## CONCLUSIONES

La aplicación foliar de AS, GB, KNO<sub>3</sub> y Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> afectaron la altura de planta, diámetro de tallo y área foliar de plantas de algodónero cultivadas bajo condiciones de estrés hídrico. La GB a la concentración de 10 mM, de KNO<sub>3</sub> a 15 mM y Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a 2.1 mM promovieron plantas más altas que el testigo. La aplicación de KNO<sub>3</sub> y Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a las tres concentraciones estudiadas produjeron mayor diámetro de tallo. El AS a la concentración de 0.10 mM, la GB con 25 y 50 mM, el KNO<sub>3</sub> a 5 y 10 mM y el Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a 2.1 y 4.2 mM favorecieron al AF.

## BIBLIOGRAFIA

- Barnabas, B., Jäger, K., and Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ.* 31, 11–38.
- Farjam, S., Hamdollah, K-Ar., Adel, S., Mehrdad, Y., & Asad, R. 2015. Effects of salicylic and ascorbic acid applications on growth, yield, water use efficiency and some physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under reduced irrigation. *Legume Research*, 38: 66-71.
- Gimeno, V. L., Díaz-López, S., Simón-Grao, V., Martínez, V., Martínez-Nicolás J. & García-Sánchez, F. 2014. Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla* L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 83: 308-315.
- Iqbal, N., Ashraf, Y. & Ashraf, M. 2011. Modulation of endogenous levels of some key organic metabolites by exogenous application of glycine betaine in drought stressed plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regulation*, 63:7–12.
- Lobell, D. B., Schlenker, W., and Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333, 616–620. doi: 10.1126/science.1204531
- Romero P. 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 de abril

2018: <http://www.teorema.com.mx/cambioclimatico/sequia-afecta-a-mas-de-dos-millones-de-mexicanos/>.

Shahbaz M., Y. Masood, S. Perveen and M. Ashraf .2011. Is foliar applied glycinebetaine effective in mitigating the adverse effects of drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.)?. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 84:192-199.

Statistical Analysis Systems Institute (SAS). 2004. The SAS System for windows version eight. Carry, N.C. U.S.A.

Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*. 38, 171–186. doi: 10.1023/A:1007201411474.

# **PRODUCCIÓN ANIMAL**

---

---

## RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA RECTAL Y VAGINAL EN CABRAS ADULTAS

**Alvarado-Espino AS, Alvarado-Espino AV, Arellano-Rodríguez F, Véliz-Deras FG, Gaytan-Aleman LR**

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Torreón, Coahuila, México. [alanalvaes@gmail.com](mailto:alanalvaes@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

La medición de la temperatura corporal es un elemento fundamental del examen físico en medicina veterinaria. A través de la temperatura corporal es posible conocer si el animal tiene estrés térmico (Al-Samawi *et al.* 2014), padece alguna enfermedad (George *et al.* 2014) o incluso estimar el momento de la ovulación (Rajamahendran *et al.* 1989) y optimizar la inseminación artificial (Stelletta *et al.* 2017). Tradicionalmente, la temperatura rectal es la variable más utilizada para determinar la temperatura corporal de los animales (Marai *et al.* 2007). Sin embargo, algunos factores como las heces o la profundidad a la que se introduce el termómetro podrían afectar la medida real de la temperatura corporal (Lees *et al.* 2018). La temperatura vaginal podría reflejar mejor los cambios en la temperatura corporal, proporcionando una medida más confiable. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre la temperatura rectal y vaginal en cabras adultas y determinar su variación diurna.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Comarca Lagunera (Mayo, 26° N). Se utilizaron un total de 24 cabras multirraciales adultas lactando. Las cabras fueron alojadas en corrales abiertos provistos de sombra y eran alimentadas con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial por día. El agua y los minerales se les proporcionaban a libre acceso.

La temperatura rectal y vaginal se midió diariamente en las cabras por la mañana (06:00 a 08:00) y por la tarde (18:00 a 20:00) durante 4 días consecutivos (N = 384 observaciones). La temperatura se midió con un termómetro digital (Termómetro digital Citizen®, México). El termómetro se lubricó y se introdujo lentamente a 5 cm de profundidad en el recto o la vagina, el cual se desinfectó entre animales. También se registraron diariamente la temperatura ambiente y la humedad relativa.

La relación entre la temperatura rectal y la temperatura vaginal se evaluó utilizando el coeficiente de correlación y la regresión lineal de Pearson con el paquete estadístico SAS (SAS, Inst., Inc., EE.UU). La temperatura corporal por la mañana y la tarde se comparó con una prueba de T (TTEST).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron un total de 192 observaciones pareadas para el análisis. Durante el periodo experimental la temperatura ambiente y la humedad relativa máxima y mínima fueron de  $36.8 \pm 0.6$  °C y  $20.5 \pm 0.9$  °C y de  $76.8 \pm 11.5$  % y  $30.8 \pm 0.9$  %, respectivamente.

Las temperaturas vaginal y rectal se correlacionaron positivamente ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.0001$ ; Figura 1). La temperatura vaginal fue de  $38.3 \pm 0.78$  °C mientras que la temperatura rectal fue de  $38.3 \pm 0.87$  °C ( $P > 0.05$ ). La temperatura rectal es el indicador más común de la temperatura corporal y se considera como un reflejo de la temperatura corporal central (Marai *et al.* 2007). Varios estudios han reportado una correlación similar a la reportada en nuestro experimento entre la temperatura vaginal y rectal en vacas lactando (Vickers *et al.* 2010; Suthar *et al.* 2013), vacas de carne y ovejas (George *et al.* 2014) por lo tanto, de acuerdo con nuestros resultados, la temperatura vaginal de las cabras puede usarse como una medida de la temperatura corporal similar a la temperatura rectal.

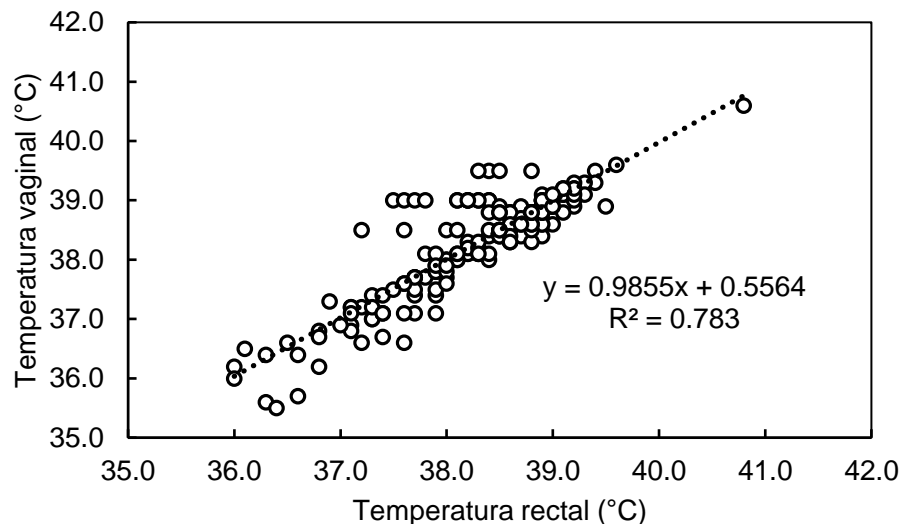


Figura 1. Relación entre la temperatura rectal y vaginal ( $n = 192$  observaciones) en cabras adultas multirraciales sanas durante el mes de mayo ( $26^\circ$  N).

Asimismo, tanto la temperatura vaginal como la temperatura rectal fueron significativamente más altas durante la tarde ( $38.83 \pm 0.34$  °C y  $38.76 \pm 0.36$  °C) que durante la mañana ( $37.71 \pm 0.69$  °C y  $37.79 \pm 0.96$  °C, respectivamente;  $P < 0.0001$ ) (Figura 2). Estos resultados son similares a los reportados en cabras Rojas de Sokoto, en el cual la variación diurna de la temperatura rectal fue de aproximadamente 2 °C ( $1.9 \pm 0.1$  °C) (Ayo *et al.* 1999). Aunque las cabras emplean varios mecanismos termorreguladores para compensar la ganancia de calor por una pérdida equivalente y mantener su temperatura corporal hasta alcanzar el equilibrio térmico como aumento de la respiración, sudoración y vasodilatación periférica (Al-Tamimi, 2007), una variación en la temperatura corporal de al menos 1° C podría indicar algún grado de estrés térmico en las cabras (Ayo *et al.* 1999). Es bien sabido que las cabras bajo un estrés por calor, aumentan su consumo de agua y disminuyen su consumo de

alimento. Además, la producción y la calidad de la leche disminuyen y la respuesta inmune puede verse afectada (Salama *et al.* 2014).

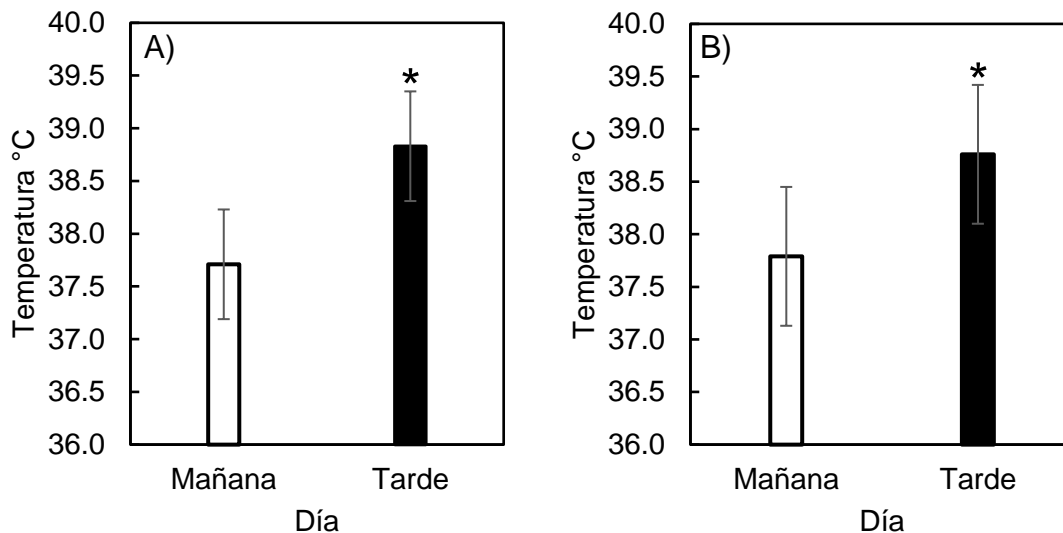


Figura 2. Temperatura vaginal (A) y rectal (B) de las cabras medida en la mañana (06:00 a 08:00 h) y en la tarde (18:00 a 20:00 h). \*P <0.001

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten concluir que existe una fuerte relación entre la temperatura vaginal y rectal en las cabras adultas. Asimismo, la temperatura corporal fue más elevada durante la tarde. Son necesarios más estudios para determinar si el aumento de la temperatura corporal va acompañado de un aumento de otras variables como la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, disminución en la producción de leche o consumo de alimento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Paulo Cervera y a su familia por permitirnos utilizar a sus cabras e instalaciones para realizar el experimento. Este estudio recibió el apoyo financiero del Fondo Sectorial de Investigación SAGARPA-CONACYT: Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitotécnicos, 2017-04-291691.

## BIBLIOGRAFIA

- Al-Samawi K. A., Al-Hassan M. J., and Swelum A. A. (2014). Thermoregulation of female Aardi goats exposed to environmental heat stress in Saudi Arabia. *Indian J. Anim. Res.* 48, 344–349.
- Al-Tamimi H. (2007). Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Rumin. Res.* 71, 280-285.

- Ayo J. ., Oladele S. ., Ngam S., Fayomi A., and Afolayan S. (1999). Diurnal fluctuations in rectal temperature of the Red Sokoto goat during the harmattan season. *Res. Vet. Sci.* 66, 7–9. doi:10.1053/rvsc.1998.0231
- George W. D., Godfrey R. W., Ketring R. C., Vinson M. C., and Willard S. T. (2014). Relationship among eye and muzzle temperatures measured using digital infrared thermal imaging and vaginal and rectal temperatures in hair sheep and cattle. *J. Anim. Sci.* 92, 4949–4955.
- Lees A., Lea J., Salvin H., Cafe L., Colditz I., and Lee C. (2018). Relationship between Rectal Temperature and Vaginal Temperature in Grazing *Bos taurus* Heifers. *Animals* 8, 156.
- Marai I. F. M., El-Darawany A. A., Fadiel A., and Abdel-Hafez M. A. M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Rumin. Res.* 71, 1–12.
- Rajamahendran R., Robinson J., Desbottes S., and Walton J. S. (1989). Temporal relationships among estrus, body temperature, milk yield, progesterone and luteinizing hormone levels, and ovulation in dairy cows. *Theriogenology* 31, 1173–1182. doi:10.1016/0093-691X(89)90086-1
- Salama A. A. K., Caja G., Hamzaoui S., Badaoui B., Castro-Costa A., Façanha D. A. E., Guilhermino M. M., and Bozzi R. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Rumin. Res.* 121, 73–79. doi:10.1016/j.smallrumres.2013.11.021
- Stelletta C., Tekin K., Tirpan M. B., Alemdar H., Cil B., Oztutar Stelletta F., Olgac K. T., Inanc M. E., and Daskin A. (2017). Vulvar thermal pattern following synchronization of estrus is linked to fertility after timed artificial insemination in goat. *Theriogenology* 103, 137–142. doi:10.1016/j.theriogenology.2017.07.038
- Suthar V., Burfeind O., Maeder B., and Heuwieser W. (2013). Agreement between rectal and vaginal temperature measured with temperature loggers in dairy cows. *J. Dairy Res.* 80, 240–245.
- Vickers L. A., Burfeind O., Von Keyserlingk M. A. G., Veira D. M., Weary D. M., and Heuwieser W. (2010). Comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 5246–5251.



---

## DESARROLLO DE BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON LECHE ENTERA BAJO DIFERENTE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Ramiro González Avalos<sup>1\*</sup>, Ariot Tenango Neri<sup>1</sup>, Blanca Patricia Peña Revuelta<sup>1</sup>,  
Rafael Ávila Cisneros<sup>1</sup>, José González Avalos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. \*e-mail: [jalisorga@gmail.com](mailto:jalisorga@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

### INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera está considerada como una de las regiones de mayor importancia respecto a la producción de leche en México. El tamaño de los hatos es superior a 200 vacas, pero existen explotaciones con más de 1,000 vacas en producción. El nivel de producción es superior a 7,500 litros de leche por lactación. La producción de leche es más de 2 mil 330 millones de litros anuales, de los cuales el 42 por ciento corresponden a La Laguna de Durango y 58 por ciento al estado de Coahuila (SIAP-SAGARPA, 2016).

La crianza de becerras para reemplazos es fundamental para el mantenimiento y expansión de los hatos lecheros de la Comarca Lagunera. No obstante, en la mayoría de las explotaciones aún siguen importando vaquillas, lo que demuestra una gran debilidad en esta importante área. Resultados de investigaciones han mostrado que la crianza adecuada de los reemplazos en la misma explotación permite un ahorro de casi 35% en comparación de las vaquillas importadas. Sin embargo, bajo las condiciones de la región, se observa que la problemática de los establos está relacionada con las enfermedades, mortalidad, resistencia de las bacterias a los antibióticos, además del uso de tecnología inadecuada en el manejo de los animales (González *et al.*, 2015).

La ganadería mexicana que viene desarrollándose actualmente, ha tomado con mayor interés la práctica de cría y desarrollar en sus propios establos a las becerras de reemplazo, la importancia de esto estriba en que esta práctica, es y será más rentable desde el punto de vista económico y zoonosanitario. La cría de reemplazos la podemos definir como aquellos que por condiciones de selección en un momento dado, nos servirán para sustituir a otras vacas que por alguno u otra razón son dadas de baja en el hato o para ampliar la población del establo (Sánchez, 2015).

Las primeras cuatro semanas de vida de la becerro constituyen un período crítico en lo que respecta a su nutrición, debido a que en esta etapa la leche materna es su alimento natural (Plaza y Ibalmea, 2008). Sin embargo también se presentan oportunidades para mejorar el desempeño del animal y disminuir los costos de cría si se sabe aprovechar. La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera, ya que en la etapa pre-destete se utiliza cantidades reducidas de leche o sustituto de leche durante un corto periodo de tiempo (Montoya, 2016). Además, desde la primera semana de vida, es necesario el consumo de

---

concentrado iniciador para que la becerra obtenga el desarrollo adecuado del rumen y, por consiguiente, un mejor comportamiento durante el crecimiento (Saucedo *et al.*, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo de beceras Holstein alimentadas con leche entera bajo diferente sistema de alimentación.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 01 de diciembre del 2017 al 30 de enero del 2018, en un establo del municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila; éste se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' y 103° 10' de longitud oeste (INEGI 2009).

Para observar el desarrollo se seleccionaran 60 beceras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaran como sigue: T1=57, T2=50 y T3=45 días en leche respectivamente. A las beceras del T1 se les suministraron 6 L de leche: 3 en la mañana y 3 en la tarde hasta el día 50 de vida, del 51 al 57 se alimentaron con 3 L por la mañana. Al T2: 3 L por la mañana y 3 L por la tarde hasta el día 50 de vida. Al T3: 3 L por la mañana y 3 L por la tarde hasta el día 45 de vida.

En todos los tratamientos la primera toma de calostro (2 L•toma) tuvo lugar dentro de las 3 h después del nacimiento, posteriormente se les proporciono una segunda 6 h posteriores a la primera. Las beceras se alimentaron con leche pasteurizada. Se les ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida, el concentrado iniciador se les brindó diariamente por la mañana y de ser necesario se sirvió por la tarde. Las variables evaluadas para el desarrollo de las crías fueron peso y altura al nacimiento y destete, consumo de concentrado. El peso de las crías fue medido en una báscula electrónica digital (L-EQ 400, Torrey ®). Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (L-EQ 5, Torrey ®), el consumo del alimento se midió a partir del día 3 de vida de las beceras. Cada tratamiento consto de 20 repeticiones considerando a cada becerra como una unidad experimental.

El análisis estadístico para estimar el crecimiento de las beceras y el consumo de concentrado iniciador se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se empleo el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

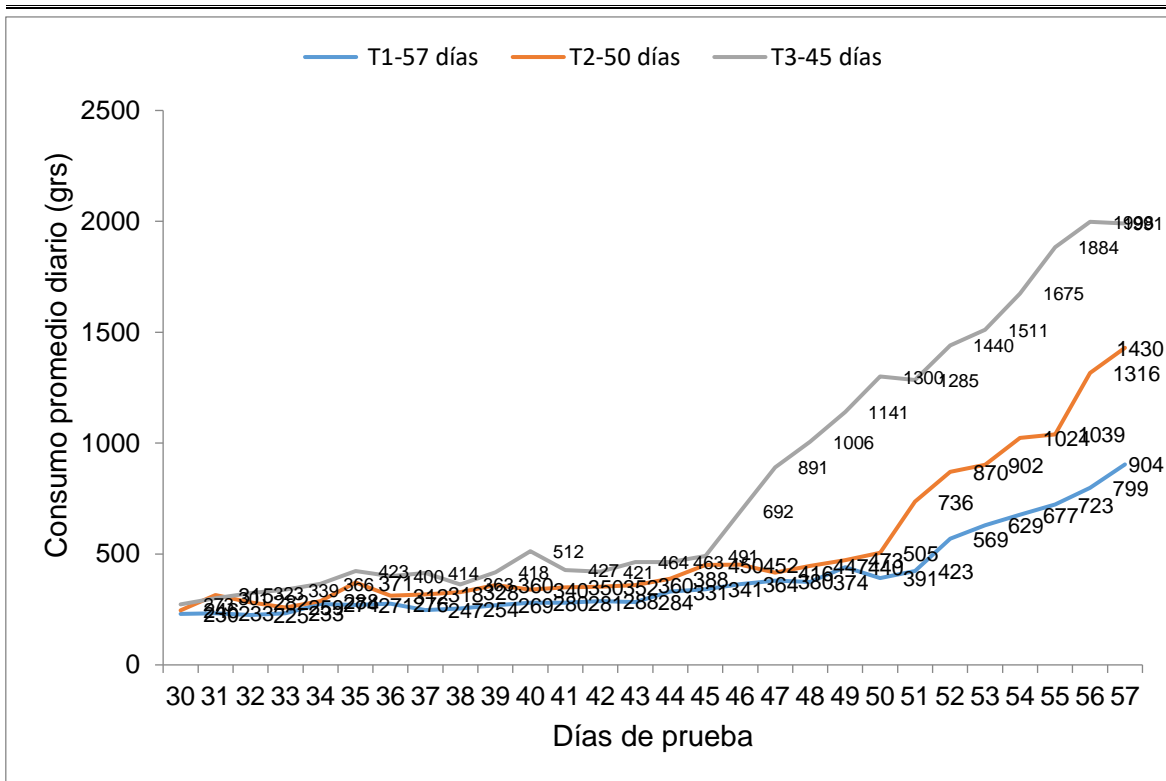
Los resultados obtenidos de los parámetros de crecimiento en beceras lactantes bajo diferente sistema de alimentación (Cuadro 1), se observó diferencia estadística  $P < 0.05$  a favor del tratamiento T3.

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento en becerras lactantes bajo diferente sistema de alimentación.

Días en leche	Peso nacimiento	Altura nacimiento	Peso a 57 días	Altura a 57 días	Ganancia peso	Ganancia altura	Ganancia diaria
T1	36.5 <sup>a</sup>	74.4 <sup>a</sup>	63.8 <sup>b</sup>	86.85 <sup>a</sup>	27.7 <sup>b</sup>	12.5 <sup>a</sup>	0.487 <sup>b</sup>
T2	37.1 <sup>a</sup>	75.6 <sup>a</sup>	62.2 <sup>b</sup>	82.95 <sup>b</sup>	26.9 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a</sup>	0.497 <sup>b</sup>
T3	36.1 <sup>a</sup>	75.6 <sup>a</sup>	68.9 <sup>a</sup>	85.35 <sup>a</sup>	32.8 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>	0.575 <sup>a</sup>

De la Cruz (2015) reporta en su estudio experimental un promedio de 0.616 g, 0.497g y 0.581g de ganancia de peso diario en becerras alimentadas con leche pasteurizada y destetadas a los 57 días; estos valores se observan inferiores a los del presente estudio; al igual que Florentino (2015) no observó diferencia estadística en la ganancia de peso y altura en becerras alimentadas con leche pasteurizada durante un estudio, en el cual suministro a un grupo 6 L y a otro grupo 5 L diarios (.500 y .587 kg respectivamente), durante 50 días de vida de las crías.

En cuanto a la información registrada sobre el consumo de alimento durante el periodo experimental (Figuras 1) se observó diferencia estadística a favor del tratamiento T3. Los animales que consumieron mayor cantidad de leche consumieron menos concentrado iniciador; resultados similares obtuvieron Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012), donde a un grupo de becerras (8 becerras y 2 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.



Luchini *et al.* (1991) recomiendan que un alimento iniciador conteniendo 16-20% de proteína cruda (PC) sea suficiente para lograr ganancias adecuadas diarias de peso, siempre y cuando el alimento iniciador sea suministrado además de sustituto de leche. De acuerdo a Quigley (1997), cuando una becerria Holstein esté consumiendo 1000 g de iniciador por día, por dos días consecutivos, entonces estará lista para ser destetada.

Sin embargo, los resultados que se obtuvieron en este experimento en el T2 obtuvo un consumo de concentrado 0.754 g/d. superando así los reportados por Alfani *et al.* (1996), utilizaron diferentes edades al destete (6, 8 y 10 semanas) en 142 becerros, donde el consumo de concentrado y heno al destete mencionado y a los 90 kg aproximados de peso no fue afectado por la edad al destete, obteniendo consumos de: 0.719 (1.7% de peso vivo), 1.288 (2.6% del peso vivo) y 0.930 (1.5%) del peso vivo respectivamente.

Favela (2015) reporta consumos promedio durante los tres últimos días de 0.691 hasta 0.958 en becerrias alimentadas con sustituto de leche en un período de 45 días de lactancia, estos resultados son superiores a los observados en el presente estudio. Resultados similares reportan González *et al.* (2014) en becerrias alimentadas con 6 L de leche por un período de 50 días, consumos de 1,200 g/d durante los tres últimos días. De la Cruz (2015) reporta en su estudio experimental un promedio de 0.616 g, 0.497g y 0.581g de ganancia de peso diario en becerrias destetadas a los 57 días.

La implementación de programas para la alimentación de becerrias es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera. La alimentación en la vida temprana de la becerria 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).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que el grupo de becerros a las cuales se les suministró una cantidad menor de leche obtuvieron un incremento mayor de peso. Al implementar un sistema de alimentación para becerros lactantes se debe considerar el aporte de nutrientes de todos los componentes de la ración leche, y concentrado, 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfani, G., Ventura, M., Esparza, D., Dean, D. y Villar, V. 1996. Evaluación de diferentes sistemas de alimentación en becerros mestizos lecheros. Universidad de Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ).13:115-134.
- De la Cruz, M. C. 2015. Desarrollo y supervivencia de becerros Holstein suplementada con levaduras en el periodo de lactancia. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- 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.
- Favela, E. N. 2015. Efecto del selenio y vitamina B12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerros lecheras Holstein Frisian. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- Florentino, B. G. 2015. Respuesta del consumo de concentrado y la ganancia de peso en becerros Holstein bajo la disminución de la dieta líquida. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- González, A. R. 2015. Transferencia de inmunidad pasiva, crecimiento y supervivencia de becerros lecheras suministrando diferentes cantidades de calostro pasteurizado. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- González, A. R., Pérez, R. E., González, A. J., Ramos, A. J. F., Florentino, B. G., De la Cruz, A. F., Peña, R. B. P., Núñez, G. L. E. 2014. Consumo de concentrado iniciador en becerros lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación líquida. Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Torreón Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035.
- Luchini, N. D., Lane S. F. y Combs D. K. 1991. Evaluation of starter diet crude protein level and feeding regimen for calves weaned at 26 days of age. *J. DairySci.* 74:394-395.
- Montoya, S. A. 2016. Consumo de concentrado iniciador y crecimiento de becerros bajo diferente régimen de alimentación con leche pasteurizada. Tesis. Licenciatura. Universidad autónoma agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.
- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.
- Plaza, J., Martínez, Y., y Ibalmea, R. 2009. Manejo del alimento fibroso en la alimentación de terneras de reposición. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43(1):19-21.

- Quigley, J. D. 1997. Replacement heifers from birth to weaning. Western Dairy Management Conference. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA. pag. 23-34.
- Sánchez, L., Omura, M., Lucas, A., Pérez, T., Llanes, M., y Ferreira, C. de L., 2015. Cepas de *Lactobacillus* spp. Con capacidades probióticas aisladas del tracto intestinal de terneros neonatos. *Revista de Salud Animal*. 37(2):94-104.
- Saucedo, J. S., Avendaño, L., Álvarez, F. D., Rentería, T. B., Moreno, J. F., y Montaña, M. F. 2005. Comparación de dos sustitutos de leche en la crianza de becerras Holstein en el valle de Mexicali, B.C. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39(2):147-152.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA). 2016. Producción agropecuaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Coahuila y Durango. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo> (Consulta: enero 13, 2018).
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W, y VAmburgh, M. E. 2012. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:783-793.

---

## TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD EN BECERRAS SUPLEMENTADAS CON EXTRACTO DE PLANTAS MEDICINALES

**Ramiro González Avalos<sup>1\*</sup>, Ariadna Janette Martínez Gómez<sup>1</sup>, Blanca Patricia Peña Revuelta<sup>1</sup> Norma Rodríguez Dimas<sup>1</sup>, José González Avalos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. \*e-mail:

[jalisorga@gmail.com](mailto:jalisorga@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

### INTRODUCCIÓN

La protección inmunológica del neonato, durante las primeras semanas, depende de la ingestión oportuna de calostro de buena calidad, así como de la eficiente permeabilidad intestinal durante las primeras horas de vida, desafortunadamente la producción de calostro con altos niveles de anticuerpos, así como la adecuada ingestión por parte de la cría no siempre son las esperadas, desencadenándose la denominada falla de transferencia pasiva (Flodr *et al.*, 2012).

La transferencia pasiva de las inmunoglobulinas (Ig) a través del calostro es un pre-requisito para la salud y supervivencia de los recién nacidos. Una variedad de factores, incluyendo cantidad de Ig alimentadas, tiempo de la primera alimentación, el volumen consumido y el método de alimentación han mostrado tener efecto sobre la transferencia pasiva de las Ig (Godden *et al.*, 2009). La contaminación bacteriana del calostro es motivo de preocupación porque las bacterias patógenas pueden actuar directamente en el tracto digestivo y causar enfermedades como diarreas o septicemias en las becerras que lo consuman (Godden *et al.*, 2012).

El control de diferentes patologías, ya sean causadas por hongos o bacterias, utilizando extractos metanólicos de una gran variedad de plantas medicinales, es algo que aún no ha sido probado. La mayoría de estas plantas sometidas a estudio han demostrado poseer efectos antibacterianos y antifúngicos, aparte de que poseen otras propiedades curativas además de las mencionadas; las cuales podrían estar relacionadas con la biosíntesis de metabolitos biológicamente activos, según el hábitat donde crecen las plantas (Azüero *et al.*, 2016).

En la industria del sector alimenticio se usa tanto el ácido cítrico como sus sales, como saborizante y conservante. En el sector farmacéutico el ácido cítrico y sus sales se usan para la fabricación de pastillas o polvos efervescentes, también se aprovecha su efecto antioxidante, antimicrobiano y anticoagulante. Otros sectores que usan ácido cítrico son: industria cosmética, industria textil, industria agrícola e industria de detergentes; principalmente para la elaboración de detergentes biodegradables (Rivada, 2008).

El uso de moringa oleífera para el control de diversas infecciones provocadas por microorganismos es bien conocido, y en años recientes se han generado resultados científicos que confirman su actividad antimicrobiana. Estudios bacteriológicos demostraron la actividad antimicrobiana de los extractos de semillas de moringa, los cuales flocculan bacterias Gram positivas y Gram negativas del mismo modo que lo hacen con los coloides del agua. Su acción bacteriostática consiste en la disrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales (Martín *et al.*, 2013).

El estudio científico de las plantas medicinales es una fuente relevante para el descubrimiento de nuevos fármacos que luego se sintetizan, pero también permite un conocimiento más profundo de los vegetales que conduce a que muchos productos naturales sean reconocidos como fitofármacos, es decir, compuestos que igualan el nivel de los fármacos de síntesis (Vivot *et al.*, 2012). Actualmente, uno de los problemas más comunes es que existen plantas medicinales que tienen una actividad antimicrobiana conocida por la población, sin embargo no han sido analizadas a fondo, para determinar cuáles son sus beneficios, pasando muchas veces desapercibidas (Azuelo *et al.*, 2016).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad en becerras suplementadas con extracto de plantas medicinales.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 01 de junio al 03 de octubre del 2018, en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; 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 evaluar la transferencia de inmunidad se seleccionaron 90 becerras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1=testigo, T2= Extracto de moringa 10 mL/becerra/día, T=Extracto de cítricos 10 mL/becerra/día, durante los primeros 10 días de vida. En todos los tratamientos se suministraron 432 L de leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente, la adición de los extractos se realizó en la tina de la leche al momento de la alimentación de las mismas. La primera toma de calostro (2 L•toma) se suministró dentro de las 2 h después del nacimiento, posteriormente se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera.

Se 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. Entre las 24 a 48 y entre 96 y 120 h de vida, se obtuvieron muestras de sangre de la vena yugular, 6.0•mL de cada becerro en tubos Vacutainer® la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc.®) del suero ( $\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$  de proteína sérica) se empleó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva hacia las becerras. Se consideró  $>5.5 \text{ g}\cdot\text{dL}^{-1}$ , una transferencia exitosa de inmunidad pasiva;  $5.0$  a  $5.4 \text{ g}\cdot\text{dL}^{-1}$ , una transferencia medianamente exitosa y



<5.0 g·dL<sup>-1</sup>, una transferencia incompleta de inmunidad pasiva (Quigley, 2001). Cada tratamiento constó de 30 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental.

El análisis estadístico para estimar la transferencia de inmunidad 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 de transferencia de inmunidad pasiva (Figuras 1 y 2) en becerros suplementados con extractos de plantas medicinales no muestran diferencia estadística  $P < 0.05$ ; además, los mismos se observan dentro del rango de una transferencia medianamente exitosa (Quigley, 2001).

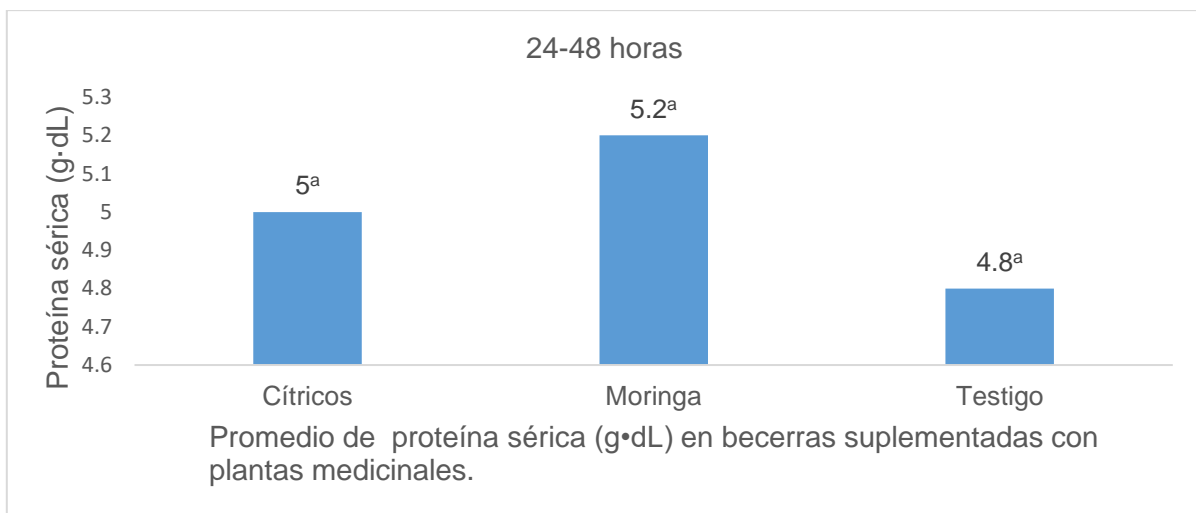


Figura 1. Transferencia de inmunidad pasiva entre 24 y 48 h pos-nacimiento en becerros suplementados con plantas medicinales.

El fracaso de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas en hatos lecheros incrementa el riesgo de desarrollar diversas enfermedades. Incluso los animales clínicamente sanos, en los que se observó el fracaso de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas, pueden arrojar un mayor número de patógenos (McGuirk, 2010).

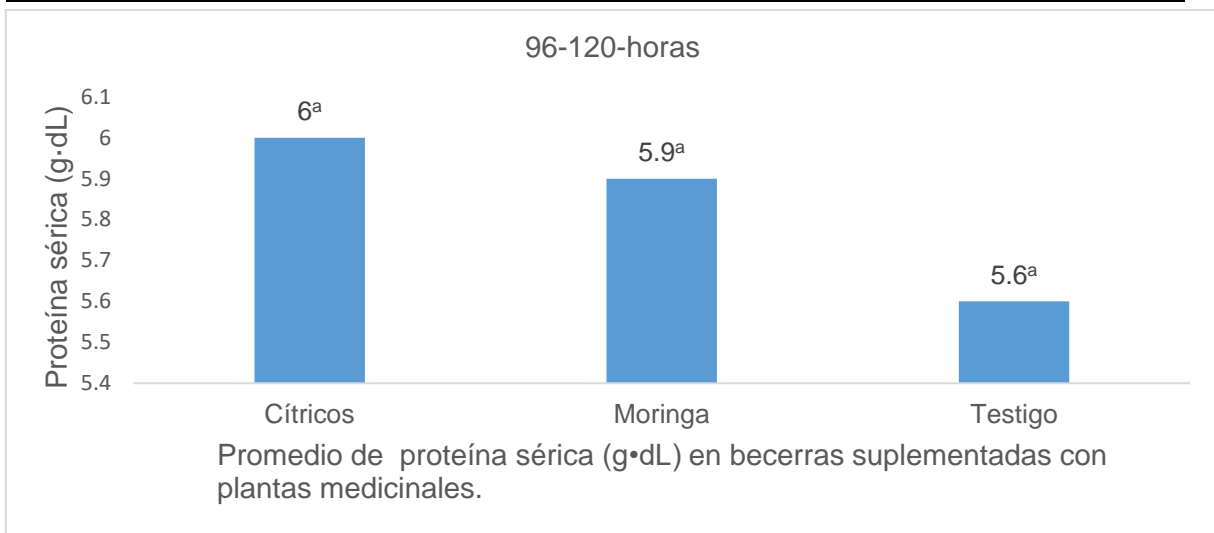


Figura 2. Transferencia de inmunidad pasiva entre 96 y 120 h pos-nacimiento en becerras suplementadas con plantas medicinales.

Se observó que las becerras con falla grave (concentración sérica de proteínas totales  $<4.5$  g dL) tienen alrededor de 10 veces más probabilidades de morir en los primeros 100 días de vida que los animales con concentración sérica de proteínas totales  $>5.5$  g·dL o  $\leq 6$  g·dL (Tyler *et al.*, 1999).

McGuirk y Collins (2004) sugieren que una meta debe  $\geq 80\%$  de las becerras sometidas a la prueba con él refractómetro alcancen o superen el punto de referencia (5.5 g·dL) de proteína sérica. El principal factor que afecta la eficiencia de absorción de Ig es la edad de la cría al momento de la alimentación. La eficiencia de transferencia de Ig a través del epitelio intestinal es óptima en las primeras cuatro h después del parto, pero después de seis h se produce un descenso progresivo de la eficiencia de absorción de Ig con el tiempo (Besser *et al.*, 1985).

La adición de extractos de plantas medicinales al calostro puede ayudar a disminuir la reproducción de bacterias presentes en el mismo, lo que permite una mayor transferencia de Ig al recién nacido. Ponce (2018) utilizó en su estudio la inclusión de una fórmula polihierbal (*Emblica officinalis*, *Tinospora cordifolia*, *Withania somnifera*, *Ocimum sanctum*) en becerras lactantes para evaluar parámetros productivos y de salud, concluye que aunque no existió diferencia significativa en cuanto a los parámetros productivos, medidas zootécnicas y en número de eventos sanitarios de becerras Holstein con diferentes grados de inclusión del polihierbal, se observó una disminución en el número de días en que se introducía a tratamientos curativos a las becerras, viéndose reflejado de manera positiva en los costos sanitarios de producción de reemplazos siendo una alternativa para disminuir el número de días y cantidad de fármacos utilizados en el tratamiento de enfermedades.

---

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que los grupos de becerras a las cuales se les suministró extracto de cítricos obtuvieron un incremento mayor en la transferencia de inmunidad, no existió diferencia estadística significativa entre tratamientos. Al implementar un sistema para alimentar a las becerras lactantes se debe considerar el aporte de nutrientes de todos los componentes de la ración leche y aditivos que incrementen la eficiencia del desarrollo de los animales. Por lo que se recomienda realizar estudios complementarios para determinar el efecto de los componentes de las plantas de moringa y extractos de cítricos sobre el desarrollo durante la lactancia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azuero, A., Jaramillo-Jaramillo, C., San Martín, D. y D'Armas, H. 2016. Análisis del efecto antimicrobiano de doce plantas medicinales de uso ancestral en Ecuador. Revista Ciencia UNEMI. 9(20):11-18.
- Besser, T. E., Garmedia, A. E., McGuire, T., Cand C. y Gay. C. 1985. Effect of colostral immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. J Dairy Sci. 68:2033-2037.**
- Flodr, H., Wheeler, J., Kruger D., Olazábal, P. y Rosadio, A. 2012. Pruebas de campo para evaluar calidad calostroal en la alpaca. Rev., Investigaciones Veterinarias. Lima, Perú. 23:307-316.
- Godden, S. M., D. J. Smolenski, M. Donahue, J. M. Oakes, R. Bey, S. Wells, S. Sreevatsan, J. Stabel y J. Fetrow. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. J Dairy Sci 95(7): 4029-4040.
- Godden, S. M., D. M. Haines, K. Konkol y J. Peterson. 2009. Improving passive transfer of immunoglobulins in calves. II: Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. J Dairy Sci 92(4): 1758-1764.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Matamoros, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05017.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., y Puls, J. 2013. Potential applications of Moringa oleifera. A critical review. Pastos y Forrajes. 36(2):150-158.
- McGuirk, S. M. y Collins, M. 2004. Managing the production, storage and delivery of colostrum. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 20(3):593-603.**
- McGuirk, S. 2010. Herd-Based Problem Solving: Failure of Passive Transfer. School of Veterinary Medicine, University of Wisconsin-Madison, USA. [http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/fapmtools/8calf/calf\\_herd\\_FPT\\_Troubleshooting.pdf](http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/fapmtools/8calf/calf_herd_FPT_Troubleshooting.pdf) [Accessed 6 April 2019]
- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.

- Ponce, P. O. 2018. Efecto de la adición de una fórmula polihierbal (Immuplus®) sobre los parámetros productivos y de salud en becerras Holstein. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario Amecameca. Amecameca de Juárez, Estado de México. México.
- Quigley, J. D., R. E. Strohbehn, C. J. Kost y M. M. O'Brien. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J Dairy Sci* 84(9): 2059-2065.
- Rivada, N. F. J. 2008. Planta industrial de producción de ácido cítrico a partir de melazas de remolacha. Universidad de Cádiz. Cádiz, España.
- Tyler, J. W., Parish, S. M, Besser, T. E., VanMetre, D. C., Barrington, G. M. y Middleton, J. R. 1999. Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves. *J Vet Intern Med* 13:40-43.
- Vivot, E., Sánchez, C., Cacik, F., y Sequin, C. 2012. Actividad antibacteriana en plantas medicinales de la flora de Entre Ríos (Argentina). *Cienc. Docencia Tecnol.* 45:177-189.

---

## PERDIDAS ECONÓMICAS OCASIONADAS POR ABORTO EN VACAS HOLSTEIN

**Ramiro González Avalos<sup>1</sup>\*, Javier Eduardo Rodríguez Beltrán<sup>1</sup>, Blanca Patricia Peña Revuelta<sup>1</sup>, Juan Leonardo Rocha Valdéz<sup>1</sup>, José González Avalos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. \*e-mail: [jalicorga@gmail.com](mailto:jalicorga@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

### INTRODUCCIÓN

El aborto es por definición, la pérdida del producto de la concepción antes de que sea viable, a partir del periodo fetal (aproximadamente 42 días hasta antes de los 260 días en caso del bovino), este es un factor limitante del desarrollo ganadero por las pérdidas económicas que genera en el sistema productivo (Benavides *et al.*, 2010). En un hato lechero se acepta como normal una incidencia de aproximadamente un 10% pero si sobrepasa este límite se puede estar en presencia de un brote o una tormenta de abortos (Ronda, 2012). Los abortos son más comúnmente observados durante la segunda mitad, la materia de los abortos que ocurren durante la primera mitad no es detectados por el productor y la vaca es clínicamente tratada como repetidora o sub-fértil (Campero, 2003). De manera general se puede establecer que la pérdida de la gestación, independientemente de la etapa en que ocurre, es un fenómeno multi-causal y complejo lo cual dificulta su diagnóstico. En México se estima que permanecen como desconocidas las causas de los abortos en más de un 70% de las veces (Meléndez *et al.*, 2010).

El aborto bovino es un factor limitante en el desarrollo ganadero en todos los países, los casos esporádicos y los brotes epidémicos de abortos en vacas lecheras son un problema de creciente importancia que impacta significativamente la productividad del hato al disminuir su viabilidad y desempeño productivo, al reducir el potencial número de vaquillas de remplazo y la producción de leche, además de incrementar los costos asociados con la inseminación, tratamientos y destete prematuro de animales (Gadicke y Monti, 2008).

El diagnóstico del aborto bovino y de las enfermedades reproductivas es uno de los mayores problemas de la medicina veterinaria. El porcentaje del aborto causado por etiología infecciosa está estimado en el 40-60% de total (Conigliario, 1997). También es importante destacar que más del 50% de los episodios de abortos son de etiología desconocida y solo del 30 al 50% de los abortos reportados tienen un diagnóstico certero y de ellos el 90% son debido a los agentes infecciosos (Amenábar, 2008). Los agentes infecciosos pueden afectar al embrión o al feto en cualquier etapa de su desarrollo ocasionando la muerte (con o sin expulsión), malformaciones congénitas, nacidos muertos, nacimiento de crías débiles o nacimiento de crías persistentemente infectadas (Rivera, 2001). Uno de los aspectos limitantes de la eficiencia de las unidades de producción lechera está representado por la incidencia de enfermedades infecciosas de la reproducción, a

pesar de los esfuerzos realizados para prevenir la diseminación de las mismas en los bovinos, tanto que las ocasionadas por agentes bacterianos, víricos y protozoos, aún continúan siendo un problema, el impacto de las enfermedades infecciosas sobre la eficiencia reproductiva de las unidades de producción va en detrimento de su ya escasa rentabilidad (Campero, 2000). Entre las enfermedades infecciosas de los bovinos cuya manifestación más aparente es el aborto, se encuentran la brucelosis, leptospirosis, leucosis, diarrea viral, rinotraqueitis infecciosa, y la neosporosis (Martínez, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue estimar las pérdidas económicas ocasionadas por abortos en vacas Holstein de primer parto.

### **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó del 14 de enero del 2019 al 30 de mayo del 2019, 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 realizó un registro de los costos que involucran la alimentación, semen y desecho del animal que presentó aborto, en vacas de primer parto del 01 de enero al 30 de diciembre del 2016.

Para el análisis de los registros se utilizó estadística descriptiva.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en el presente estudio en relación a los abortos de acuerdo a la etapa de gestación (Figura 1), la mayor cantidad de los mismos se observó en el segundo tercio. Las pérdidas pueden presentarse en los diferentes estadios del ciclo reproductivo a saber: fallas en la concepción, mortalidad del embrión, abortos y mortalidad en el periparto (Campero, 2000).

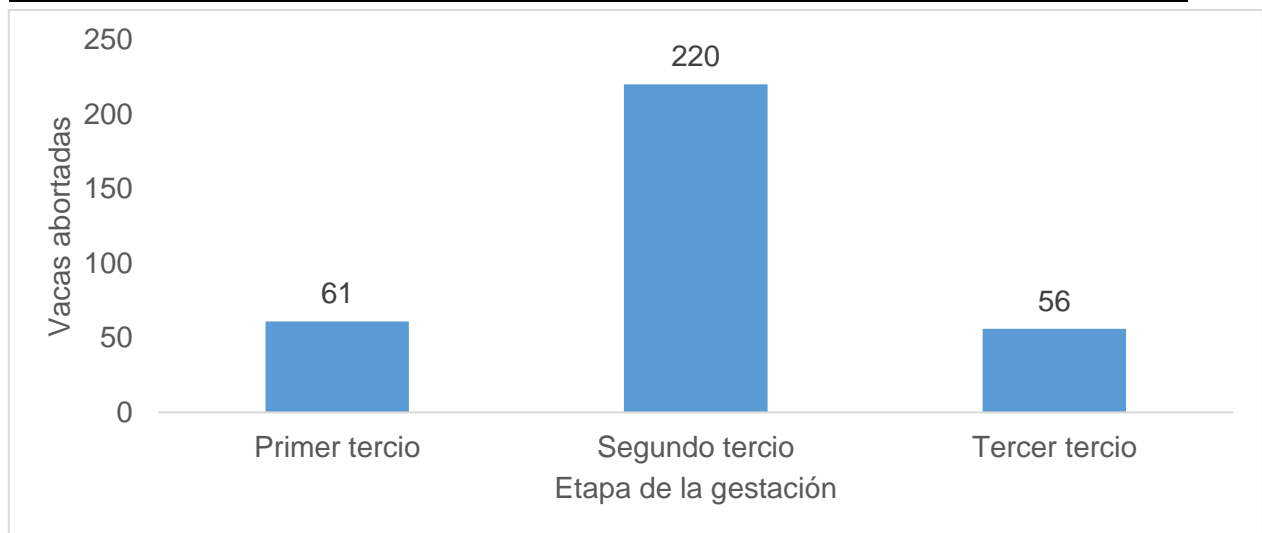


Figura 1. Número de abortos por etapas de gestación.

Las pérdidas gestacionales se pueden producir en distintas etapas: en la de huevo (desde la concepción hasta el reconocimiento materno) embrión (reconocimiento materno hasta el final del periodo de diferenciación) o feto (desde el día 42 al 260) las pérdidas que se generan después del día 260 se consideran partos prematuros, ya que el becerro estaría en condiciones de sobrevivir fuera del útero (Gadicke y Monti, 2008).

Respecto a las pérdidas de producción con relación a la gestación y a los servicios por concepción que requieren las vaquillas para quedar nuevamente gestantes, en el presente estudio se requieren de 3.5 servicios por concepción para que las vacas queden nuevamente gestantes, lo cual involucra un incremento en tiempo (meses) para poder empezar a producir, con esto aumenta los costos ya que los servicios se incrementan, Hidrogo y Hurtado (2014), reportan que los servicios por concepción en vaquillas varían de 1.1 a 1.2.

Los resultados para los costos que involucran el aborto en vacas (Cuadros 1, 2 y 3) varían de acuerdo al período de gestación cuando ocurre el mismo. Se consideró el desecho del animal que abortó.

Este valor es menor al encontrado por Thurmond et al., (1990), que indican una pérdida anual de 640 dólares por aborto. Kirk (2006), señaló que los abortos tardíos (después de los 200 días de gestación) tienen un costo estimado entre 500 a 900 USD\$ por caso, lo que frecuentemente resulta en una eliminación temprana de la vaca, lo que significa una pérdida adicional de más de USD\$ 1.000. El costo de la pérdida de preñez también ha sido estimado en 600 a 800 dólares (Eicker y Fetrow 2003).

Cuadro 1. Costo por abortos ocurridos en el primer tercio de la gestación

Variables	Abortos	Servicios	Costo	Total
Servicios por concepción	61	3.5	\$150 dosis de semen	\$32,025.00
Alimentación	61	Alimentación 3 meses	\$1050 alimentación por mes	\$192,150.00
Desecho o muerte	61	Costo de vaquilla al parto	\$25,000	\$1,525,000.00
Pérdidas económicas				\$1,749,175.00

Cuadro 2. Costo por abortos ocurridos en el segundo tercio de la gestación

Variables	Abortos	Servicio	Costo	Total
Servicios por concepción	220	3.5	\$ 150 dosis de semen	\$ 115,500.00
Alimentación	220	Alimentación 6 meses	\$1,050 alimentación por mes	\$1, 386,000.00
Desecho o muerte	220	Costo de vaquilla al parto	\$25,000	\$5,500,000.00
Pérdidas económicas				\$7,001,500.00



Cuadro 3. Costo de abortos ocurridos en el tercer tercio de la gestación

VARIABLES	Abortos	Servicio	Costo	Total
Servicios por concepción	95	3.5	\$ 150 dosis del semen	\$49,875.00
Alimentación	95	Alimentación 8 meses	\$1050 alimentación por mes	\$798,000.00
Desecho o muerte	95	Costo de vaquilla al parto	\$25,000	\$2,375,000.00
Pérdidas económicas				\$3,222,875.00

### CONCLUSIONES

En relación a los resultados observados en el presente estudio permite concluir que el aborto en vacas de primer parto causa pérdidas económicas altas para el productor y puede llegar a ocasionar el desecho o muerte del animal. Respecto al costo que ocasiona un aborto, éste depende del tercio de gestación de cuando ocurre el evento y oscila desde \$3,675.00 hasta \$8,925.00 pesos respectivamente por animal abortado.

### BIBLIOGRAFÍA

- Amenábar, T. K. 2008. Evaluación productiva y económica del síndrome aborto bovino y estimación de su frecuencia en vacas lecheras de la VIII, XIV y X regiones de Chile. Monografía Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. :4-5.
- Benavides, B. B., Jurado, C., y Cedeño, Q. D. 2010. Factores de riesgo asociados a aborto bovino en la cuenca lechera del departamento de Nariño. Revista MVZ Córdoba. 15(2) 2087-2094.
- Campero, C. M. 2000. Enfermedades reproductivas en los bovinos: ayer y hoy. Academia nacional de agronomía y veterinaria: 88-114.
- Conigliario, S. 1997. Abortos, causas, diagnóstico y profilaxis. [www.cdv.com.ar/wp-content/uploads/2015/07/perdidas-de-gestacion-en-bovinos.pdf](http://www.cdv.com.ar/wp-content/uploads/2015/07/perdidas-de-gestacion-en-bovinos.pdf)
- Eicker S y Fetrow J. 2003. New tools for deciding when to replace use dairy cows. Pages 33-46. In Proc. Kentucky Dairy Conf., Cave City, KY. Univ Kentucky, Lexington
- Gadicke, P., y Monti, G. 2008. Aspectos epidemiológicos y de análisis del síndrome de aborto bovino. Arch Med Vet. 40:223-234.
- Hidrogo, A. M., y Hurtado, D. 2014. Parámetros Reproductivos en vaquillas de raza lechera sometidas a sincronización de celos y aplicación de Ecg al día 14 pos inseminación artificial. Tesis licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano Honduras.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlaxcala Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035.
- Kirk J. 2006. Infectious Abortions in Dairy cows, UC Davis Veterinary Medicine Extension <http://www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-DA/Abortion.html>
- Martínez, G. I. 2018. Problemas reproductivos causados por abortos en vaquillas Holstein Friesian. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila: 4
- Meléndez, S. R., Valdivia, F. A., Rangel, M.E., Díaz, A. E., Segura, C. J., y Guerrero, B. A. 2010. Factores de riesgo asociados a la presencia de aborto y desempeño reproductivo o en ganado lechero de Aguascalientes, México. Rev. Mex. Cienc Pecu. 1(4):391-401.
- Rivera, G. H. 2001. Causas frecuentes de aborto bovino. Rev Inv Vet Perú. 12(2):117-122.

- Ronda, B. P. 2012. Incidencia y factores de riesgo asociados al síndrome aborto bovino en vacas lecheras de la zona central. Monografía licenciatura. Universidad de Chile. Santiago, Chile 2-3.
- Thurmond, M. C y Picanso, J. P. 1990. A surveillance system for bovine abortion. Preventive Veterinary Medicine. 9:41–53.

---

## EFFECTO DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGENICAS EN EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE *Kinosternon durangoense* (Iverson, 1979).

**M.C. Adriana Jaime Rosales<sup>1</sup>, Dr. Ulises Romero Méndez<sup>1</sup>, Dr. Jorge Luis Becerra López<sup>1</sup>, Dr. John Iverson<sup>2</sup>.**

1. 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](mailto:adriz.jaime@gmail.com)

2. Department of Biology, Earlham College, Richmond, Indiana 47374 USA

### INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas empezaron a tomar auge desde inicios del año 1900 en la Comarca Lagunera, la cual se encuentra en una porción del Desierto Chihuahuense (Descroix, 2004; Grünberger, 2004; INEGI, 2015), principalmente la agricultura y la ganadería, las cuales han traído cambios en el uso del suelo y vegetación (López *et al.*, 2015; Orozco *et al.*, 2004; Jacinto-Flores *et al.*, 2017; Barraza, 2015; Calderón, 2018) y por tanto la invasión y alteración en el hábitat de diversas especies animales, viéndose más afectadas las especies de reptiles, esto por ser organismos ectotermos y por presentar baja capacidad de dispersión, así pues, se han presentado disminuciones en algunas de estas poblaciones (Macip-Ríos, 2010; Spinks, 2014; Urbina-Cardona y Castro, 2014; Ballesteros, 2011); un ejemplo palpable es la extinción de la tortuga *Kinosternon hirtipes megacephalum* (Reyes-Velasco, 2013), la cual está registrada ante la UICN desde 1980.

Sin embargo hay especies de Kinosternidos que se han adaptado a áreas altamente antropizadas (Böhm *et al.*, 2012; Morales-Betancourt, 2015). Al ser organismos que están ligados a los cuerpos de agua, es imprescindible la presencia del recurso hídrico durante todo el año, ésta situación se complica en temporadas de sequía y más aún si se distribuyen en áreas de semi-desierto (Buhlmann *et al.*, 2009; Christiansen, 2012). Algunos de dichos cuerpos de agua son artificiales puesto que los ganaderos han implementado infraestructuras llamadas presones, los cuales son estanques artificiales y mantienen el recurso hídrico durante todo el año (Ramírez-Carballo 2016).

Entre estas especies se encuentra *Kinosternon durangoense* la cual es una especie de tortuga de hábitos semiacuáticos, siendo 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, básicamente al área que ocupaba el extinto paleolago Irritila, que existió en el holoceno medio (Czaja *et al.*, 2014) y del cual solo quedan relictos (Descroix 2014) siendo estos en combinación con los cuerpos de agua artificiales el hábitat idóneo para esta especie de tortuga, la cual en la actualidad no se encuentra registrada en la NOM-059-SEMARNAT (2010), y según la UINC (2019-1) no existen datos suficientes para ser catalogada en algún estatus de vulnerabilidad. Por lo tanto, el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la vulnerabilidad de *K. durangoense*, frente a los efectos antrópicos. Para esto, se plantearon los siguientes objetivos: i) determinar la distribución

puntual de la especie, ii) determinar el cambio y uso de suelo y vegetación para el periodo de tiempo 1997 a 2017, iii) estimar la relación cobertura natural y cobertura antrópica (grado de antropización) para los años 1997 a 2017. Esta información proporcionará datos relevantes para los planes de conservación y manejo de la especie.

## MATERIALES Y METODOS

Los datos geográficos de ocurrencia de la tortuga *Kinosternon durangoense* se obtuvieron a partir de la información científica publicada y de la base de datos HerpNet (<http://www.VerNet.org>) ; así mismo se realizaron visitas a campo dentro del área de distribución conocida de la especie, donde los ejemplares fueron identificados con claves taxonómicas (Lemos-Espinal *et. al* 2004) y se registró la coordenada geográfica de cada uno de los individuos encontrados. Dichos registros se depuraron en el programa Google Earth PRO v.7.1.8 (2017).

Para evaluar el cambio de uso de suelo se emplearon capas de Uso del Suelo y Vegetación del Continuo Nacional, de las Series I (1997) y VI (2017) a una escala de 1:250,000 (INEGI, 2017). Debido a que existen diferencias entre algunas categorías de uso del suelo y vegetación no es posible hacer una comparación entre ambos mapas, por tal motivo fue necesario reclasificar los tipos de vegetación basándonos en la clasificación original de INEGI. La homologación de ambas cartas se llevó a cabo con ayuda de la herramienta "Search by Attributes, Name and Description, contenida en el software Global Mapper 19.1

A partir de la base de datos obtenida de dichas series, se determinó el cambio de uso del suelo para el área de distribución de la especie. Para el proceso de transformación se obtuvo la superficie en kilómetros cuadrados. Se obtuvo el cambio neto para cada una de las categorías analizadas, siendo positivo cuando se presentó un proceso de recuperación y negativo cuando el terreno llegó a presentar un proceso de transformación o degradación.

Se utilizó el Modelador de Cambios en el Terreno para la Sostenibilidad Ecológica (LCM) que es un software integrado a TerrSet (Geoespatial Monitoring and Modeling System). Dicho modelador está orientado al constante problema de conversión acelerada del terreno, abordando la simulación prospectiva teniendo en cuenta el potencial de transición entre categorías (Camacho *et al.*, 2010) La cantidad de cambio estimado por LMC es obtenida a partir de un método probabilístico, que calcula las áreas en número de pixeles y las probabilidades de transición entre dos mapas de usos de suelo.

LCM evalúa el cambio entre el momento 1 y el momento 2 en dos mapas de cobertura de uso del suelo, además de que identifica las transiciones de un estado de superficie a otro. Los archivos que genera son gráficos: 1) gráficos de pérdidas y ganancias por categoría; 2) gráficos del cambio neto (a las áreas superficies anteriores le suma las ganancias y al resultado le resta las pérdidas) (Eastman, 2012). se ubicó a cada tipo de uso del suelo y vegetación con una nomenclatura para facilitar su procesamiento con (LCM) quedó de la siguiente forma: ZU (zona urbana), ARA (vegetación arbórea), ABA (vegetación arbustiva), VH (vegetación halófila), SVA (sin vegetación aparente), R (matorral desértico rosetófilo), P (pastizal), MI (matorral desértico micrófilo), MZ (mezquital), MS (matorral submontano),

---

MC (matorral crasicaule), DA (desiertos arenosos), CH (chaparral), CA (cuerpo de agua), B (bosque) y A (agricultura).

Se utilizó la prueba de Mann-Whitney (U) para determinar si el cambio de uso de suelo y vegetación era o no estadísticamente significativo y se utiliza cuando los datos que se están analizando no son normales o no presentan homogeneidad de varianza y se basa en la Distribución  $Ji^2$  (García, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se registraron 15 localidades, las cuales se proyectaron en el área de estudio (Fig. 1), estas coinciden con el área de distribución del extinto paleolago Irritila (Descroix, 2004; Grünberger, 2004; INEGI, 2013; Czaja *et al.*, 2014); así mismo, se proyectaron en esta área los cambios que se han suscitado en los últimos 20 años con respecto a los cuerpos de agua (Fig. 2.), presentándose un incremento en estos, los cuales están estrechamente ligados con la presencia de *Kinosternon durangoense* y a su vez con los presones producto de las actividades antropogénicas (Vázquez *et al.*, 2014; Orozco *et al.*, 2004; Jacinto-Flores *et al.*, 2017).

En la Sierra de la India y la Sierra de Gamón se ha suscitado un cambio significativo en el Uso del Suelo y Vegetación en los últimos 20 años (Barraza, 2015; Calderón, 2018); estas sierras se encuentran dentro del área del presente estudio, en donde se registraron 16 homologaciones de cada una de las categorías de Uso del Suelo y Vegetación y se obtuvieron los mapas correspondientes a la Serie I (Fig.3.) y Serie VI (Fig.4.) donde se observa un cambio en uso del suelo altamente ligado a las actividades antropogénicas; si bien, esta situación podría ser perjudicial para algunas especies de animales, para otras podría ser una opción de hábitat, esta situación ha beneficiado a *K. durangoense*, por el hecho de que se ha sabido adaptar a estos cuerpos de agua altamente antropizados.

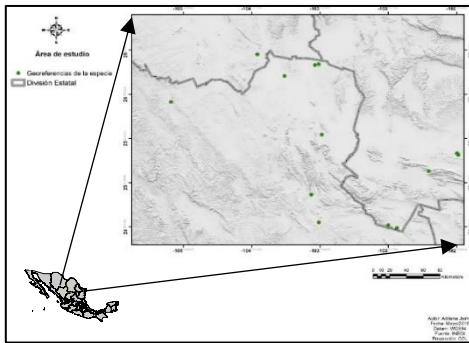


Fig. 1. Mapa de localidades de presencia de la tortuga de pantano *K. durangoense*.

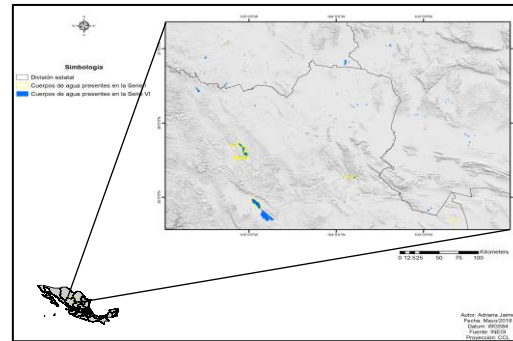


Fig. 2. Cuerpos de agua presentes en el área de estudio.

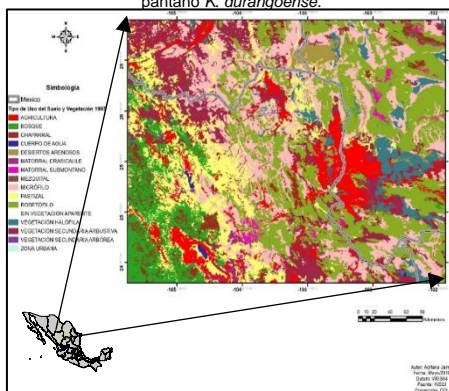


Fig. 3 .Homologación de la carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I 1997 (Continuo Nacional).

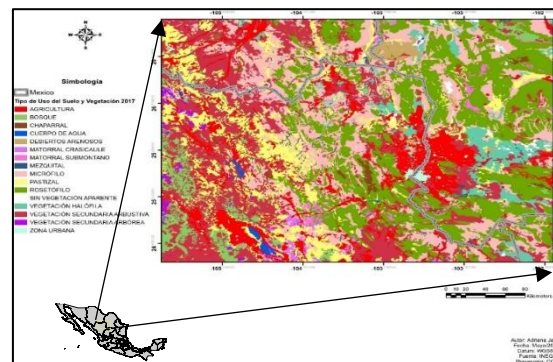


Fig. 4. Homologación de la carta de Uso del suelo y vegetación Serie VI 2017 (Continuo Nacional).

En términos de pérdidas y ganancias entre los años 1997 a 2017 el bosque perdió el 25.86% de su área correspondiente a 2,926.29km<sup>2</sup>, dicho escenario se ha presentado en toda la república mexicana en el mismo periodo de tiempo, este cambio en el Uso del Suelo en el área de bosques se debe a la sobreexplotación para uso maderable y al desmonte para tierras de agricultura (Williams-Linera et al., 2002); en contraparte la vegetación arbórea fue el tipo de vegetación que presentó mayor incremento en su área, ocupando un 3.6% (372.43km<sup>2</sup>) del área ocupada por la Agricultura. Si bien, la Zona Urbana presentó una ganancia de 0.6% (62.07km<sup>2</sup>), de acuerdo a las pruebas estadísticas aplicadas no fue de manera significativa; en lo referente a los Cuerpos de Agua se presentó una pérdida en su área de un 3% (149.58km<sup>2</sup>); de manera, que el incremento que se presenta está directamente relacionado con los cuerpos de agua artificiales o llamados presones, los cuales dependen del mantenimiento en su infraestructura y de la recarga de agua de lluvia, sin estos factores los presones están propensos a desaparecer (Arriaga, 2009; Williams-Linera et al., 2002; Bocco et al., 2000; Rosete et al., 2007).

Los tipos de uso del suelo y vegetación que presentaron más significancias estadística en el área de estudio fueron la agricultura, los cuerpos de agua y los pastizales ( $P < 0.001$ ,  $U = 861670$ ;  $U = 67$  y  $U = 604533$ ) respectivamente (Fig. 5.), estos tipos de uso del suelo están relacionados directamente con las actividades antropogénicas.

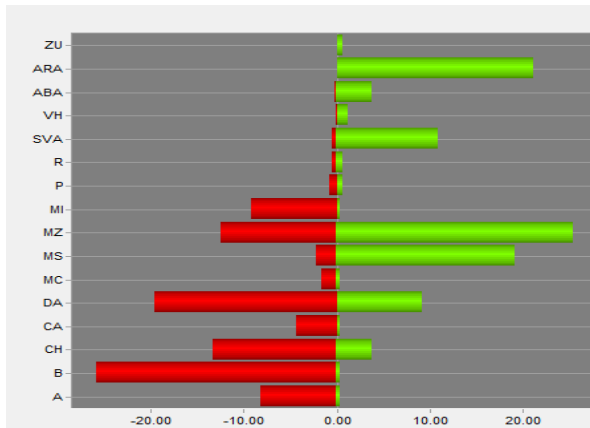


Fig. 5. Ganancias y pérdidas en Uso del Suelo y Vegetación entre 1997 y 2017

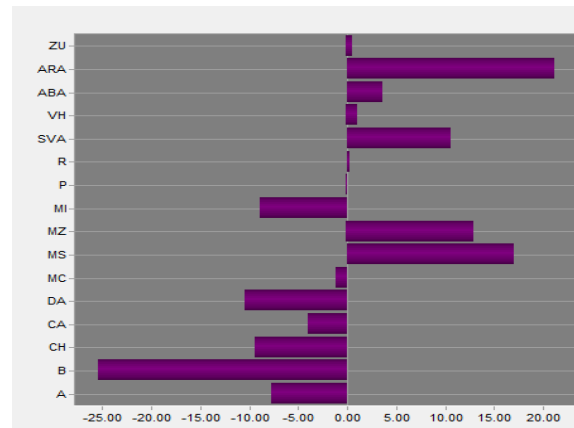


Fig. 6. Cambio Neto en Uso del Suelo y Vegetación entre los años 1997 y 2017.

## CONCLUSIONES

Con fundamento en los resultados podemos inferir que los cuerpos de agua artificiales, producto de la ganadería extensiva y de la agricultura, se han convertido en una alternativa de hábitat para *Kinosternon durangoense*. A pesar de ello, no se garantiza la presencia de la especie en un futuro próximo, debido a que el cambio climático es hacia la aridez y a que los cuerpos de agua en los que habita, son endorreicos; aunado a esto, la especie no se encuentra bajo ningún estatus de protección, por ningún organismo nacional o internacional.

Hablando de efectos antropogénicos en el área de estudio, tenemos que nuestro modelo inicial, en un lapso de 20 años, ha mostrado alteraciones estadísticamente significativas. Se registraron 16 tipos de uso del suelo y vegetación, de los cuales solo 10 coincidieron con los registros geográficos de la especie. A pesar de que las actividades antrópicas brindan efectos positivos en la supervivencia de la especie para hacer frente a los cambios climáticos; es urgente diseñar estrategias de conservación que beneficien a *Kinosternon durangoense*.

Las poblaciones de *K. durangoense* que habitan en ríos y lagunas en la zona alta de la cuenca tienen menos efectos negativos, tanto por cambio climático y por efectos antropogénicos. Sin embargo, las poblaciones de la cuenca baja o zona desértica se encuentran bajo la constante presión de los efectos tanto del cambio climático como antropogénicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ballesteros-Barrera, C., Sánchez, R. G., y Pavón, P. N. 2011 CAMBIO CLIMÁTICO Aproximaciones para el estudio de su efecto sobre la biodiversidad
- Barraza S.P. 2015. Cambio de uso de suelo y vegetación de la Sierra de Gamón, Durango, México. TESIS
- Böhm M., Collen B., Baillie J., Bowles P., Chanson J., Cox N., Hammerson G., Hoffmann M., Livingstones S and Ram M. 2013. The conservation status of the world's reptiles. Biological conservation 157 (2013) 372-385.
- Buhlmann K. A., Akre T. S. B., Iverson J. B., Karapatakis D., Mittermeier A., Georges A., Rhodin A. G. J., VanDijk P. P. and Gibbons J. W. 2009. A Global Analysis of Tortoise and Freshwater

- Turtle Distribution with Identification of Priority Conservation Areas. *Chelonian Conservation and Biology*, 2009, 8(2): 116-149 © 2009 Chelonian Research Foundation.
- Calderón U. 2018. Cambio de uso de suelo y vegetación arbustiva y arbórea en la Sierra de la India, Durango, México. TESIS
- Christiansen J.L., Bernstein N. P., Phillips C.A., Briggler J.T. and Kangas D. 2012. Declining populations of yellow mud turtles (*Kinosternos flavescens*) in Iowa, Illinois, and Missouri. *The Southwestern Naturalist* 57(3): 304-313.
- 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 Irritila in the Comarca Lagunera, Coahuila, Northern México.
- 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.
- Eastman J. 201. IDRISI Selva. Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Clark Labs. Estados Unidos de América.
- García C. 2017. Diplomado: Aplicaciones prácticas de la estadística en las ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas- UJED, Gómez Palacio, Durango, México.
- Grünberger O., Reyes-Gómez V. M. y Janeau Jean-Louis. 2004. Las playas del desierto chihuahuense (parte mexicana). Influencia de las sales en ambientes árido y semiárido. Coedición entre LÍnstitut de Recherche pour le Développement, (IRD) y el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). ISBN 970-709-048-0
- INEGI, 2015. Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V./ Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- México: INEG, c2014 195 p.
- Jacinto-Flores N. E., Sánchez-González L.A. y Almazán-Núñez R.C. 2017. Patrones de distribución y zonas prioritarias para la conservación de la avifauna de la costa del Pacífico de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88 (2017) 960-977.
- López V.V.H., Balderas P.M.A., Chávez M.M.C., Juan P.J.I. y Gutiérrez C.J.G. 2015. Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA ergo-sum*, vol. 22, núm. 2, julio-octubre, 2015, pp. 136-144 Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Macip-Ríos, R. 2010. Esfuerzo reproductor en Kinosternidos. La variación temporal del ambiente como promotor de su evolución. TESIS. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias Biológicas. México, D.F.
- Morales-Betancourt A., Páez V. P. y Lasso C. A. 2015. Conservación de las tortugas continentales de Colombia: evaluación 2012-2013 y propuesta 2015-2020. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015. CDD: 597.92 Ed. 23
- Orozco H.E., Peña M.V., Franco P.R. y Pineda J.N. 2004. Atlas Agrario Ejidal del Estado de México. Cuadernos de Investigación, 34, UAEM, Toluca, México.
- Ramírez-Carballo, H. 2016. Plan de reconversión ganadera del "Proyecto de Reconversión ganadera como estrategia para el manejo integral de especies exóticas invasoras y ferales en la Reserva de la Biosfera de Marismas Nacionales Nayarit". Informe final al Global Environment Facility (GEF) en el marco del Proyecto 00089333 Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI, PNUD-CONANP-CONABIO. Consultoría, Asesoría y Manejo Estratégico S.C. México.
- Reyes-Velasco J., Iverson J. B. and Flores-Villela O. 2013. The Conservation Status of Several Endemic Mexican Kinosternid Turtles. *Chelonian Conservation and Biology*, 12 (1): 203-208. 2013.
- Spinks P.Q., Thomson R.C., Gidis M. and Shafer H.B. 2014. Multilocus phylogeny of the New-World mud turtles (Kinosternidae) supports the traditional classification of the group. *Molecular phylogenetics and evolution* 76(2014) 254-260.
- Urbina-Cardona, J N. y Castro F. 2011. DISTRIBUCIÓN DEL NICHOS ECOLÓGICO ACTUAL Y FUTURO DE ANFIBIOS Y REPTILES EXÓTICOS: INVASIONES POTENCIALES EN LAS CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN COLOMBIA. La restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica.



---

## CALIDAD NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE MAÍZ CON NOPAL FERMENTADO CON *Saccharomyces Cereviseae*

<sup>1</sup>Herrera T.E., <sup>2</sup>González A.A., <sup>2</sup>Murillo O.M., <sup>3</sup>Pámanes C.G., <sup>2</sup>Reveles S.F.O.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana/TecNM, <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED, <sup>3</sup>CONACYT-ISIMA.  
[heto99@yahoo.com.mx](mailto:heto99@yahoo.com.mx)

### INTRODUCCIÓN

Debido a las limitaciones climatológicas existentes en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, en los agostaderos se obtienen bajas producciones de forraje particularmente en la época seca. Durante esta temporada, el ganado se mantiene gracias al suministro de algunos esquilmos agrícolas, así como a prácticas de suplementación mineral, proteica y energética (Murillo *et al.*, 2014). Bajo estas condiciones de escasos de forraje, los productores conservan los cultivos como el maíz y el sorgo forrajero mediante el ensilaje. Esto les permite contar con forraje disponible de buena calidad para mantener la condición corporal de los animales durante periodos de estiaje. Tradicionalmente, para incrementar la calidad nutricional de los ensilados se han utilizado aditivos como la melaza, urea, bacterias lácticas como fuentes de energía, proteína y de microorganismos, respectivamente. Con el empleo de estos aditivos se obtienen ensilados de excelente calidad nutricional. Sin embargo, su uso como mejoradores de la calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados incrementa los costos de producción. En función de su disponibilidad en la mayor parte de las tierras de agostadero, el nopal (*Opuntia spp*), surge como una buena alternativa para la alimentación del ganado (Herrera *et al.*, 2014). El nopal se puede considerar como fuente de carbohidratos digestibles; aunque su contenido de proteína cruda es reducido (González y Díaz 2009). Sin embargo, de algunos estudios se desprende que es posible incrementar su contenido de proteína por medio de fermentación en estado sólido con el uso de levaduras (Herrera *et al.*, 2017). Con las características nutricionales así obtenidas, surge la posibilidad de evaluar el nopal como aditivo en los ensilados. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nutricional del ensilado de maíz con la adición de nopal sin fermentar y fermentado con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. El nopal forrajero variedad AV6 fue colectado de una nopalera cultivada localizada en el km 15 carretera Durango-Mezquital, Dgo., México.

#### Fermentación en estado sólido (FES) y microsilos

Las pencas de nopal se cortaron en trozos pequeños con un cuchillo de acero inoxidable y se colocaron en contenedores de plástico, donde se inocularon con *Sacharomyces*

*cerevisiae* (1%). El proceso de FES se llevó a cabo por 48 h a 25 °C. La formulación de los ensilados se determinó por la adición de nopal como sustituto de la fracción del forraje (Tabla 1). Los microsilos se prepararon en contenedores de plástico (30 cm diámetro x 50 cm alto), a los cuales se les extrajo el aire presionando con un pequeño pistón y finalmente fueron cerrados herméticamente por 30 d.

Tabla 1. Proporción de los ingredientes en los tratamientos experimentales

(%)	T1	T2	T3
Ingredientes			
Maíz forrajero parcialmente seco	100	75	75
Nopal sin fermentar	--	25	--
Nopal fermentado	--	--	25

#### Variables fermentativas

Una vez abiertos los microsilos se evaluó pH (Hanna HI 83142), ácido láctico según Borshchevskaya *et al.* (2016), ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) mediante los procedimientos propuestos por Galyean (2010).

#### Análisis químico

Los ensilados se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C por 72 h, posteriormente se redujo el tamaño de partícula a 1 mm en un molino Wiley mil (Arthur H Thomas, Philadelphia, PA, USA). Para determinar material seca (MS) (método 934.01) y, proteína cruda (PC) (método 920.87; AOAC 1994). El contenido de FDN y FDA fue de acuerdo a los procedimientos de Van Soest *et al.*, (1991).

#### Parámetros de fermentación *In vitro*

Un gramo de muestra fue colocada en una bolsa filtro (F-57 ANKOM), la cual se introdujo en un módulo ANKOM con solución buffer:líquido ruminal en una relación 2:1 de acuerdo con Theodorou *et al.* (1994). El líquido ruminal se obtuvo de dos becerros Brangus (450 kg) alimentados con 70% alfalfa y 30% concentrado. Las muestras se incubaron en los módulos por 24 h a 39°C. Antes de cerrar los módulos estos fueron asperjados con CO<sub>2</sub>. Después de las 24 h los módulos se abrieron y se midió el pH. Las bolsas se sacaron de los módulos, se lavaron con agua destilada y se secaron por 48 h a 65°C. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se calculó por diferencia de peso. Posteriormente, 10 ml del líquido ruminal contenido en los módulos fueron centrifugados a 3,000xg por 5 min; de los cuales se tomaron dos submuestras de 500 µl, una de ellas se acidificó con 150 µl de ácido metafosfórico al 25% para determinar ácidos grasos volátiles y otros 150 µl fueron acidificados con ácido sulfúrico al 50% v/v para determinar N-NH<sub>3</sub> (Galyean, 2010).

#### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando los procedimientos GLM de SAS (2009). Las medias fueron comparadas con la prueba de rango múltiple de Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química

Los contenidos de MS, PC, FDN y FDA fueron diferentes entre tratamientos ( $p < 0.05$ ; Tabla 2). La adición de nopal (T2) disminuyó 12% el contenido de MS en comparación con T1. Esta reducción puede explicarse debido a un aumento en el contenido de agua como parte del proceso de fermentación (Kunkle *et al.*, 2006). Por lo contrario, los valores de MS registrados en T2 y T3 estuvieron dentro del rango propuesto como aceptable para ensilaje de buena calidad (NRC, 2001). Por su parte, Jiménez *et al.* (2016) registraron valores de MS similares a este estudio (34% y 43.4%) en el ensilaje de maíz.

La inclusión de nopal fermentado (T3) aumentó el contenido de PC 11% en comparación con T1. Estos cambios se atribuyen directamente al proceso FES de nopal y la incorporación de la proteína celular de *S. cerevisiae*. Así mismo, López (2012) registró un 6.9% de PC en ensilaje de nopal, mientras que Cürek y Ozen (2004) obtuvieron un 3.5% de PC, que son más bajos que los valores obtenidos en este estudio.

El contenido de FDN fue menor en T2 en comparación con T1 y T3 ( $p < 0.05$ ). La disminución en el contenido de FDN pudo haber ocurrido por la hidrólisis de hemicelulosa que se produce durante la fermentación del ensilaje. En esta etapa, las pentosas se liberan y pueden fermentarse en ácido láctico y ácido acético (McDonald *et al.*, 2002). No existen trabajos que reporten la concentración de FDN, sin embargo, Britos *et al.* (2007) registró concentraciones mayores en ensilados de pasto ensilado de pasto enriquecido con bacterias lácticas. Sin embargo, Mcitaka (2008) registró una menor concentración de FDN en el ensilaje de nopal. Por el contrario, la concentración de la FDA aumentó un 6% en T3 en comparación con T1. A pesar de la variación en los contenidos de FDN y FDA entre los tratamientos experimentales, estos cambios no afectaron la digestibilidad ( $p > 0.05$ ).

Tabla 1. Composición química del ensilaje elaborado con nopal.

	T1	T2	T3	EEM
Materia seca (%)	42.0±0.29 <sup>a</sup>	37.2±0.11 <sup>b</sup>	36.2±0.17 <sup>c</sup>	0.14
Proteína cruda (%)	6.2±0.55 <sup>b</sup>	5.9±0.05 <sup>b</sup>	6.9±0.19 <sup>a</sup>	0.08
Fibra detergente neutra (%)	53.2±2.31 <sup>a</sup>	49.1±1.00 <sup>b</sup>	56.7±0.35 <sup>a</sup>	1.20
Fibra detergente acida (%)	23.6±0.06 <sup>b</sup>	23.7±0.31 <sup>b</sup>	25.3±0.11 <sup>a</sup>	0.16
Digestibilidad de la materia seca (%)	61.8±2.44	63.7±1.63	61.1±1.01	1.46

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ( $P < 0.05$ ). EEM=error estándar de la media, n=3.

### Parámetros de fermentación del proceso de ensilaje

Los valores de pH fueron diferentes entre tratamientos ( $p < 0.05$ , Tabla 3). Los valores de pH fueron 10.8% más bajos en T2 con respecto a T3. Los valores de pH registrados en esta investigación están dentro del rango aceptable (3.5 a 5). Estos valores sugieren que la fermentación y, en consecuencia, los procesos de conservación se llevaron a cabo adecuadamente. Según Ben Salem y Abidi (2009), el proceso de fermentación del nopal se

atribuye a un mayor contenido de azúcares. Además, Gusha *et al.* (2013) obtuvieron valores similares en pH en ensilado de higo chumbo y legumbres.

Por otro lado, la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) fue diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ , Tabla 3). La inclusión de nopal en T2 aumentó 14% la concentración de N-NH<sub>3</sub>. Cürek y Ozen (2004) registraron valores similares a los valores obtenidos en este estudio. Sin embargo, estos resultados fueron inferiores a Mokoboqui *et al.* (2016) en ensilaje de nopal (49.5 g / kg MS. Las proteínas pueden pasar por una desaminación cuando se agrega nopal al ensilaje debido a una reducción en el contenido de FDN. Presumiblemente, los microorganismos pueden favorecer la degradación de las proteínas cuando las fracciones de fibra se reducen al aumentar la adhesión de los microorganismos al sustrato (Berumen *et al.*, 2015).

Tabla 2. Parámetros de fermentación de ensilados de maíz adicionados con nopal y nopal fermentado

	T1	T2	T3	EEM
pH	4.3±0.01 <sup>ab</sup>	4.1±0.01 <sup>b</sup>	4.6±0.09 <sup>a</sup>	0.05
N-NH <sub>3</sub> (g/kg MS)	1.4±0.01 <sup>b</sup>	1.6±0.01 <sup>a</sup>	1.1±0.01 <sup>c</sup>	0.03
Ácido láctico (g/kg MS)	27.5±1.35 <sup>c</sup>	33.7±0.36 <sup>b</sup>	41.9±0.68 <sup>a</sup>	0.73
Ácido acético (% MS)	0.7±0.26 <sup>b</sup>	0.9±0.00 <sup>a</sup>	0.8±0.02 <sup>b</sup>	0.01
Ácido propiónico (%MS)	3.5±0.01 <sup>b</sup>	4.0±0.006 <sup>a</sup>	4.0±0.02 <sup>a</sup>	0.01
Ácido butírico (% MS)	0.01±0.002 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.003 <sup>b</sup>	0.00 1

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias ( $P < 0.05$ ). MS= materia seca, EEM=error estándar de la media. N-NH<sub>3</sub> =nitrógeno amoniacal, n=3.

La concentración de ácido láctico (LA) fue diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ , Tabla 3).

El ácido láctico es el producto más deseable del proceso de fermentación. Se produce principalmente por el catabolismo bacteriano de los carbohidratos. Las bacterias lácticas ofrecen una alta tolerancia a valores de pH bajos y pueden crecer cómodamente con valores que van de 4.0 a 6.8. Los valores reportados en esta investigación están dentro de este rango. Por su parte Mokoboki *et al.* (2016) y Mciteka (2008) registraron 46.5 y 74 g/Kg MS de ácido láctico en ensilajes de nopal, respectivamente, los cuales son mayores a los obtenidos en este estudio.

Los ácidos grasos volátiles (AGV) presentaron diferentes valores entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Esta investigación mostró valores más bajos de ácido acético que los reportados por Isnandar *et al.* (2010) en ensilaje con inóculo de bacterias lácticas. Este resultado sugiere una alta producción de ácido láctico a bajos valores de pH, seguido de un agotamiento constante de la fermentación debido a los clostridios que producen ácido acético y ácido butírico (Hafner *et al.*, 2013). Los ensilajes con nopal y nopal fermentado produjeron más ácido propiónico que el ensilaje de maíz únicamente. Además, los valores obtenidos en este trabajo fueron inferiores a los registrados por Mciteka (2008), pero superiores a los resultados presentados por Vendramini *et al.* (2010). Además, todos los

tratamientos presentaron valores más bajos de ácido butírico, lo que sugiere una fermentación adecuada. Por su parte, Cüreğ y Özen (2004) obtuvieron concentraciones más altas de ácido butírico. Cabe destacar que los resultados obtenidos en esta investigación indican una buena calidad en los ensilajes experimentales, ya que ofrecen mayor contenido de ácido láctico y valores reducidos de ácido butírico.

### CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que la inclusión de nopal fermentado en ensilados de maíz mejora su calidad nutricional, por lo tanto, pueden considerarse como un alimento alternativo en la alimentación del ganado.

### BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1994 Official Methods of Analysis. Vol. II 16th Edition association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland. Chapter 32:24-32.
- Ben Salem, H. and Abidi, S. 2009. Recent advances of the potential use of *Opuntia* spp. In livestock feeding. *ISHS Acta Horticulturae*. 811:317-326.
- Berumen, H.L., Páez, J., Soto, N.O., Murillo, M., Herrera, E. and Muro, A. 2015. Chemical composition, in vitro gas production and energy value of prickly pear fermented with and without *Kluyveromyces marxianus*. *J. Bio Sci. Biotechnol.* 4:3:359-364
- Borshchevskaya, L.N., Gordeeva, T.L., Kalinina, A.N., and Sineokii, S.P. 2016. Spectrophotometric Determination of Lactic Acid. *Journal of Analytical Chemistry*. 71:755-758.
- Britos, A., Repetto, J., Garcíarena, D. and Cajarville, C. 2007. Efecto del suero de queso como aditivo de ensilajes de pastura sobre la conservación, los azúcares solubles y la producción de gas in vitro. *Agrociencia XI*: 2:72-77.
- Cüreğ, M. and Özen, N. 2004. Feed Value of cactus and cactus silage. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 28:633-638.
- Galyean, M.L. 2010. Laboratory Procedures for Animal Nutrition Research, 14th edn. Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University, Lubbock, Texas. Available at: [https://www.dpts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab\\_man.pdf](https://www.dpts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab_man.pdf).
- González, C.P., Díaz, F.M. 2009. Fermentación alcohólica del lactosuero por *Kluyveromyces marxianus* y solventes orgánicos como extractantes. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 29: 110-116.
- Gusha, J., Katsande, S., Zvinorova, P.I. and Ncube, S. 2013. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus-indica*) legume mixed silage. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 3:2:116-120.
- Hafner, S.D., Howard, C., Muck, R.E., Franco, R.B., Montes, F., Green, P.G., Mitlohner, F., Trabue, S.L. and Rotz, A.C. 2013. Emission of volatile organic compounds from silage: Compounds, sources, and implications. *Atmospheric Environment*, 77 827-839.
- Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Soto-Cruz, N.O. and Páez-Lerma, J.B. 2017. Protein Enrichment of *Opuntia Ficus-indica* using *Kluyveromyces marxianus* in solid-state fermentation. *Ciencia e Investigación Agraria*. 44:113-120.
- Herrera, T.E., Murillo, O.M., Berumen, L., Páez, J. y Villarreal, G. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y *Kluyveromices marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, UJED. Durango, Dgo, México.*

- 
- Isnandar, Utomo, R., Chuzaemi, S., Sutariningsih. and Yusiati, L.M. 2010. The role of lactic acid bacteria on silage duration process and rumen content silage quality. The 5th International Seminar on Tropical Animal Production Community Empowerment and Tropical Animal Industry, Yogyakarta, Indonesia. 19-22
- Jiménez, L.D., Romo, R.J., Flores, A.L., Ortiz, L.B. y Barajas, C.R. 2016. Edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco asgrow-7573. *Abanico Veterinario*. 6:3:13-23. ISSN 2448-6132.
- Kunkle, W.E., Chambliss, C.G., Adesogan, A.T. and Adjei, M.B. 2006. Silage Harvesting, Storage, and feeding. Florida forage handbook. Univ of Florida.
- López, H.P. 2012. Suplementación con ensilado de nopal (*Opuntia* spp.) en caprinos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencia Animal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- McDonald, P., Edwards, R.A. and Greenhalgh, J.F. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Edition. Longman, London and New York. 543 p.
- Mciteka, H. 2008. Fermentation characteristics and nutritional value of *Opuntia ficus-indica* var. *fuscalis* cladode silage. Thesis Magister scientiae agriculturae.
- Mokoboki, K., Sebola, N. and Matlabe, G. 2016. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. *J. of Anim. and Plant Sci.*3:4488-4495.
- Murillo, O.M., Herrera, E., Reyes, O. and Carrete, F. 2014. Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahuahua desert rangeland. *Livestock Science*. 165:61-65.
- NRC. Nutrient Requirements of dairy cattle. 2001. The National Academic Press. Washington, D.C. 284:13-21 ISBN 0-30906997-1.
- SAS 2009. SAS Users Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S. and McAllan, A.B. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 48, 185-197
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal Dairy Science*. 74:35-83.
- Vendramini, J.M.B., Desogan, A.A., Silveira, M.L.A., Sollenberger, L.E., Queiroz, O.C.M. and Anderson, W.F. 2010. Nutritive value and fermentation parameters of warm season grass silage. *The Professional animal scientist*. 26:193-200.

---

## COMPLEMENTACIÓN PRE Y POST PARTO PARA INCREMENTAR PESO Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS LOCALES, COMO ENSAYO PREVIO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CABRITOS.

Jorge Alonso Maldonado-Jáquez<sup>1\*</sup>, Lorenzo Danilo Granados-Rivera<sup>2</sup>, Pablo Alfredo Domínguez-Martínez<sup>3</sup>, Jonathan Raúl Garay-Martínez<sup>4</sup>, Enrique Hernandez-Leal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México. C.P. 27440. <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400. <sup>3</sup>Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Durango, México. C.P. 34170. <sup>4</sup>Campo Experimental Las Huastecas, Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. C.P. 89610.

\*autor de correspondencia: [maldonado.jorge@inifap.gob.mx](mailto:maldonado.jorge@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

La producción caprina en el norte de México, se realiza principalmente bajo pastoreo extensivo, pues involucra una reducción en los costos de producción, sobre todo en la alimentación, ya que el agostadero provee la fuente de forraje más económica (Escareño *et al.*, 2011; Melgoza *et al.*, 2016). Sin embargo, bajo este esquema de producción, las cabras pueden ver limitada la expresión de su habilidad materna debido a una subnutrición prolongada (Contreras-Villareal *et al.*, 2015a), aun y cuando estos animales pueden mantener una moderada producción con relativamente bajos requerimientos (webb y Mamabolo, 2004). Este fenómeno se observa principalmente, cuando las pasturas pierden su valor nutricional al momento de alcanzar su madurez y comienzan a secarse, en consecuencia, el pastoreo no cubre las necesidades nutricionales de la cabra (Morand-Fehr *et al.*, 2007; Teckle y Gebru, 2018). Esto a su vez, ocasiona que la producción de leche y el crecimiento de los cabritos se vean reducidos, lo que conlleva a una alta mortalidad y retraso en el crecimiento de los mismos. Sin embargo, esta subnutrición no solo genera crías con bajo peso, también compromete el desarrollo de la ubre y en consecuencia la calidad y cantidad de calostro y leche (Contreras-Villareal *et al.*, 2015b). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la complementación previa y posterior al parto sobre el peso y producción de leche en cabras locales, como una primera aproximación hacia futuros ensayos en los que se evaluará el efecto de la complementación en el crecimiento de los cabritos previo y posterior al parto, la producción de leche y la viabilidad económica de utilizar estas tecnologías de alimentación bajo condiciones de pastoreo extensivo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región lagunera, en una unidad de producción caprina ubicada en el Ejido Nuevo Reynosa, Viesca, Coahuila, perteneciente a la Comarca Lagunera. Dicha región se ubica entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' Latitud

Norte y 102° 22' y 104° 47' Longitud Oeste a 1100 msnm. El clima, según la clasificación de Köppen, corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semi-cálido con invierno fresco. La precipitación media anual es de 240 mm y la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C.

El manejo de los animales fue el típico para el sistema extensivo, donde el manejo sanitario se limita tradicionalmente a la vacunación de campaña contra brucelosis y un manejo contra parásitos externos. Los animales pastorearon en el día y por la tarde-noche regresaron a corrales de descanso, en donde tuvieron acceso a agua y bloques de sales minerales. La dieta principal del ganado consiste en especies vegetales nativas de la región como algunos 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.*).

Para el experimento se utilizaron 33 cabras locales mismas que fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos, bajo un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos fueron; grupo control (testigo) (n=11), con peso vivo (PV) promedio de 54.5±7.28 kg, 1.8±0.57 CC, 3.5±1.13 partos/cabra y producción promedio de leche de 952.4±245.10 g d<sup>-1</sup>, este grupo se alimentó exclusivamente con lo recolectado por el animal en la ruta de pastoreo y no se le ofreció ningún tipo de complementación alimenticia; el segundo grupo (preparto)(n=11), con PV de 56.5±5.55 kg, 1.9± 0.57 CC, 3.5±0.69 partos/cabra y 950.9±218.73 g d<sup>-1</sup> producción de leche promedio, se le ofrecieron 500 g de concentrado comercial únicamente 30 días antes del parto y la complementación terminó el día de parto de las cabras y finalmente el grupo 3 (postparto) (n=11), con PV de 53.3±5.94 kg, 1.6±0.26 CC, 3.4±1.21 partos/cabra y 947.9±195.71 gr d<sup>-1</sup> de producción promedio de leche, se les ofreció 500 g de concentrado comercial 30 días a partir de la fecha de parto.

Se utilizó un concentrado comercial a base de maíz rolo, semilla de algodón, pasta de soya, harinolina y sales minerales (Alimentos balanceado Simon Bolivar-Gomez Palacio). El complemento se ofreció en horario de 7:00 a 8:00 h. La variable PV se midió durante 14 semanas y se cuantificó en una báscula electrónica tipo jaula con capacidad de 100 kg±100g. La producción de leche se midió individualmente cada semana a partir de la fecha de parto durante 8 semanas, mediante ordeño manual y se expresó en gramos (g) utilizando una báscula electrónica comercial con capacidad de 10 kg±1g.

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS v9.4 (SAS, 2008). Se aplicó un modelo de medidas repetidas, con el procedimiento MIXED para obtener mejores soluciones para los efectos fijos.



## RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se muestra el consumo de concentrado en los grupos preparto y postparto, los cuales no mostraron diferencias ( $p>0.05$ ). Se encontraron diferencias ( $p<0.05$ ) en PV en el grupo preparto desde la cuarta semana de ofrecer el complemento y hasta el momento del parto, además, a partir del parto, el peso se igualó en todos los grupos, con pérdidas de peso hasta el final (Figura 1), lo cual es indicativo de un mayor peso en los cabritos que nacieron en madres que se complementaron previo al parto (datos no presentados). Estos resultados coinciden con el reporte de Contreras-Villarreal *et al.* (2015b), en donde señala un mayor peso en los cabritos de los grupos que fueron complementados 15 y 35 días previos al parto.

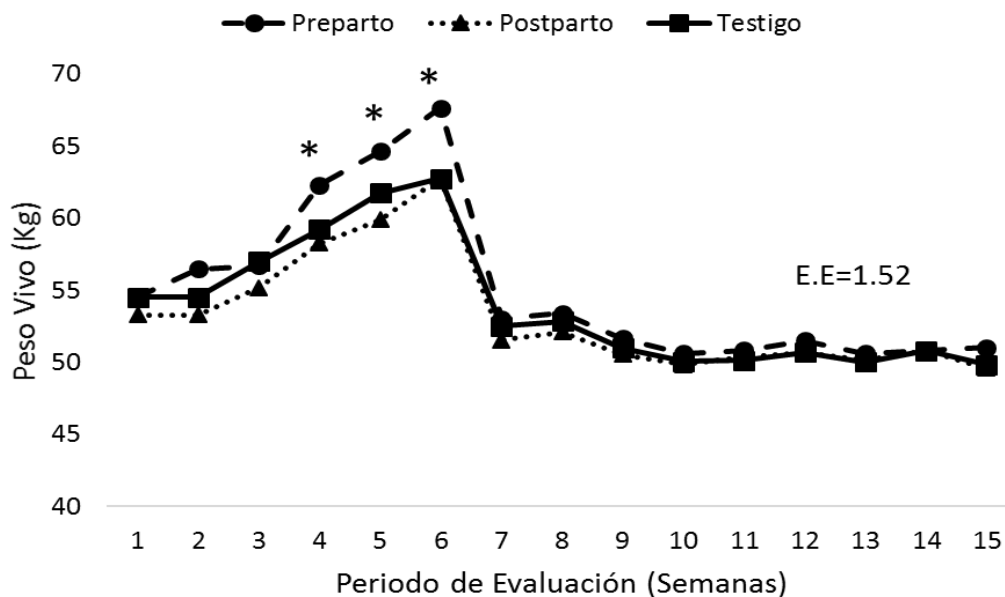
**Cuadro 1.** Consumo de complemento, peso vivo y producción de cabras locales complementadas pre y post parto.

Variable	Preparto± E.E	Postparto±E.E	Testigo±EE	Valor de P
Consumo complemento (g d <sup>-1</sup> )	345.36±7.37	342.89±6.55	-	0.729
Peso Vivo (PV kg <sup>-1</sup> )	54.96±1.52 <sup>a</sup>	53.21±1.52 <sup>b</sup>	53.74±1.51 <sup>b</sup>	0.0009
Producción de leche (g d <sup>-1</sup> )	1596.12±122.2	1686.06±120.2	1502.29±124.2	0.5740

E.E.= Error estándar; <sup>ab</sup>diferentes literales indican diferencia  $p<0.05$ .

No se encontraron diferencias en producción de leche. El mayor nivel de producción de leche se observó en el grupo postparto con niveles de 1686.06±120.2 g d<sup>-1</sup>. Resultados similares fueron encontrados en el ensayo de Chagra *et al.* (2007), y donde no encontró diferencias entre los tratamientos de complementación estudiados, sin embargo, el nivel de producción fue mayor en las cabras locales de la Comarca Lagunera de México.

Por otra parte, los resultados encontrados, difieren del reporte de Contreras-Villarreal *et al.* (2015b), y donde señalan que la complementación 15 días preparto incrementa la producción de leche, lo cual pudiera tener un efecto positivo sobre la supervivencia y el crecimiento de cabritos.



**Figura 1.** Comportamiento del PV en los grupos experimentales. Evaluación: preparto (semanas 1-6), postparto (7-15). \* Diferencia  $p < 0.05$ .

## CONCLUSIONES

La complementación 45 días previos al parto modifica el peso de las cabras locales sin cambios después del parto y sin cambios en la producción de leche, lo cual indica un incremento del peso de los cabritos cuando se ofrece un complemento previo al parto. Sin embargo, al no encontrarse un incremento en la producción de leche, deberán evaluarse estas estrategias detenidamente con la finalidad de mejorar la supervivencia, peso al nacimiento y crecimiento en cabritos.

## BIBLIOGRAFIA

- Chagra-Dib, E.P., Leguiza, H.D., Vera, T.D., Alarcón, J. (2007). Utilización de uvas de descarte y escobajo como suplemento invernal en cabras criollas en lactancia. V° Congreso de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos. Mendoza, Argentina.
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C.A., Paleta-Ochoa, A., García-Martínez, A., Wurzinger, M., Veliz-Deras, F.G. (2015a). Efecto de la suplementación nutricional previa al parto sobre el comportamiento madre-cría de cabras en pastoreo. XI Congreso Iberoamericano de Razas Criollas y Autóctonas. Zaragoza, España. 19 al 21 de marzo. Pp. 271-274.
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C.A., Paleta-Ochoa, A., García-Martínez, A., Wurzinger, M., Veliz-Deras, F.G. (2015b). Efecto de la suplementación nutricional previa al parto sobre el peso de los cabritos y la producción láctea de cabras en pastoreo. XI Congreso Iberoamericano de Razas Criollas y Autóctonas. Zaragoza, España. 19 al 21 de marzo. Pp. 275-277.
- Escareño, L., Wurzinger, M., Pastor, F., Salinas, H., Solkner, 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.

- Melgoza, C.A., Morales-Nieto, C.R., Sierra-Tristán, J.S., Royo-Márquez, M., Quintana-Martínez, G., Lebgue-Keleng, T. (2016). Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua. Tercera Edición. Chihuahua, Chih.
- Mohrand-Fer, P., Fedele, V., Decandia, M., Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68:20-34.
- Statistical Analysis System (SAS). (2008). *SAS/STAT User's Guide*, Software version 9.0. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Teckle, D. y Gebru, G. (2018). The effect of haulms of groundnut and cowpea supplementations on growth performance of Abergelle goats. *Livestock Research for Rural Development*. 30(3): Article # 50. Retrieved July 27, 2018, from <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/dest30050.html>
- Webb, E.C. y Mamabolo, M.J. (2004). Production and reproduction characteristics of South African indigenous goats in communal farming systems. *South African Journal of Animal Science*. 34(1):236-239.

---

## TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD EN BECERRAS SUPLEMENTADAS CON *Bacillus subtilis* PB6

Blanca Patricia Peña Revuelta<sup>1\*</sup>, Janeth Hernandez<sup>1</sup>, Ramiro González Avalos<sup>1</sup>, Juan Leonardo Rocha Valdéz<sup>1</sup>, José González Avalos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. \*e-mail: [jalisorga@gmail.com](mailto:jalisorga@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

### INTRODUCCIÓN

La protección inmunológica del neonato, durante las primeras semanas, depende de la ingestión oportuna de calostro de buena calidad, así como de la eficiente permeabilidad intestinal durante las primeras horas de vida, desafortunadamente la producción de calostro con altos niveles de anticuerpos, así como la adecuada ingestión por parte de la cría no siempre son las esperadas, desencadenándose la denominada falla de transferencia pasiva (Flodr *et al.*, 2012).

La transferencia de inmunidad pasiva, a través del calostro materno, es primordial para la salud y supervivencia de las becerras en las primeras semanas de vida. Elizondo-Salazar y Heinrichs (2009), mencionan que la alimentación con calostro es un paso crítico para elevar la salud de las becerras debido a la fisiología y metabolismo de la especie bovina.

El uso de agentes de exclusión competitiva (CE) y aditivos alimentarios probióticos en la industria ganadera está atrayendo una mayor atención como una alternativa rentable para controlar las enfermedades animales y mejorar el rendimiento de las aves (Reuter, 2001). Los probióticos son preparaciones seleccionadas de microbios beneficiosos, principalmente especies de *Lactobacilos*, *Streptococos* y *Bacilos*. Aunque los modos de acción no son del todo claros, se cree que los probióticos influyen en la flora intestinal por CE y en la actividad antagónica de las bacterias patógenas para el huésped (Jin *et al.*, 1997), pero para usar correctamente estos aditivos, necesitamos saber mejor el medio ambiente del intestino y, con precisión, la microbiota intestinal. Mejorar el conocimiento sobre el microbioma es realmente importante; porque parece que una ligera modificación del equilibrio entre las diferentes bacterias y otros microorganismos del intestino puede ser la fuente de problemas de salud intestinal que causan pérdidas económicas (Melegy *et al.*, 2011).

La mucosa intestinal es un sistema complejo y dinámico que funciona como una barrera semipermeable que permite la absorción de nutrientes y macromoléculas necesarias para el crecimiento y desarrollo al tiempo que protege al torrente sanguíneo de microorganismos potencialmente invasivos (Newburg *et al.*, 2007). Varias bacterias, tales como las especies de los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* o *Faecalibacterium prausnitzii*, han demostrado efectos beneficiosos para la salud de los humanos y los animales;

posiblemente pueden utilizarse como biomarcadores de la salud intestinal (Heinritz *et al.*, 2016).

Según Oropeza *et al.* (1998) refiere el uso de bacterias lactoacidofilas cultivadas en forma pura y que se establecen en el aparato digestivo de los becerros; éstas bacterias acidófilas son microorganismos viables liofilizados de los géneros: *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus cremoris*, *Streptococcus diacetilis*, *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, así como hongos *Aspergillus oryzae*.

Se ha informado de que *Bacillus subtilis* tiene la capacidad favorable de mantener el equilibrio de la microflora en el tracto gastrointestinal y el aumento del rendimiento animal cuando se administra por vía oral en cantidades adecuadas (Sun *et al.*, 2010). Estudios *in vivo*, administrando *L. acidophilus* a becerros, fueron capaces de incrementar el número total de lactobacilos en el yeyuno de los animales de 13 a 39 % y por otro lado, cepas de *L. plantarum* y *Lactococcus acidilactici* presentaron mejor crecimiento con condiciones de pH 4.0 y 0.3g de (Landa-Salgado *et al.*, 2019).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad en becerros suplementados con *Bacillus subtilis* PB6.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó del 10 de noviembre del 2018 al 25 de febrero del 2019, en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; 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 evaluar la transferencia de inmunidad en becerros Holstein suplementados con *Bacillus subtilis* PB6 se seleccionaron 60 becerros de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1=testigo, T2= 10 g/becerro/día. La primera toma se administró a los 20 min posteriores al nacimiento, T3= 10 g/becerro/día. La primera toma fue administrada entre las 12 y 24 h posteriores al nacimiento. En todos los tratamientos se suministraron 432 L de leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente, durante 60 días, la adición del *Bacillus subtilis* PB6 se realizó en la tina de la leche al momento de la alimentación de las mismas. La primera toma de calostro (2 L•toma) se suministró dentro de las 2 h después del nacimiento, posteriormente se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera. Se 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.

Entre las 24 a 48 y entre 96 y 120 h de vida, se obtuvieron muestras de sangre de la vena yugular, 6.0•mL de cada becerro en tubos Vacutainer ® la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc. ®) del suero (g•dL<sup>-1</sup> de proteína sérica) se empleó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva hacia las becerros. Se consideró >5.5 g•dL<sup>-1</sup>, una

transferencia exitosa de inmunidad pasiva; 5.0 a 5.4 g•dL<sup>-1</sup>, una transferencia medianamente exitosa y <5.0 g•dL<sup>-1</sup>, una transferencia incompleta de inmunidad pasiva (Quigley, 2001). Cada tratamiento constó de 30 repeticiones considerando a cada becerra como una unidad experimental.

El análisis estadístico para estimar la transferencia de inmunidad 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 de transferencia de inmunidad pasiva (Figuras 1 y 2) en becerras suplementadas con extractos de plantas medicinales no muestran diferencia estadística  $P < 0.05$ ; además, los mismos se observan dentro del rango de una transferencia exitosa de inmunidad (Quigley, 2001).

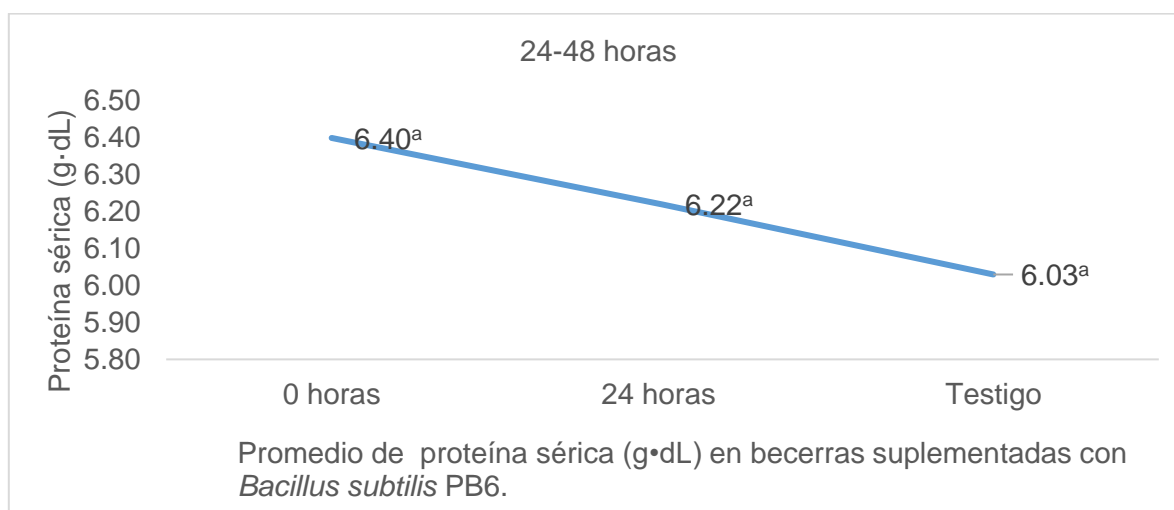


Figura 1. Transferencia de inmunidad pasiva entre 24 y 48 h pos-nacimiento en becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

McGuirk y Collins (2004) sugieren que una meta debe  $\geq 80\%$  de las becerras sometidas a la prueba con el refractómetro alcancen o superen el punto de referencia (5.5 g•dL) de proteína sérica. El principal factor que afecta la eficiencia de absorción de Ig es la edad de la cría al momento de la alimentación. La eficiencia de transferencia de Ig a través del epitelio intestinal es óptima en las primeras cuatro h después del parto, pero después de seis h se produce un descenso progresivo de la eficiencia de absorción de Ig con el tiempo (Besser *et al.*, 1985).

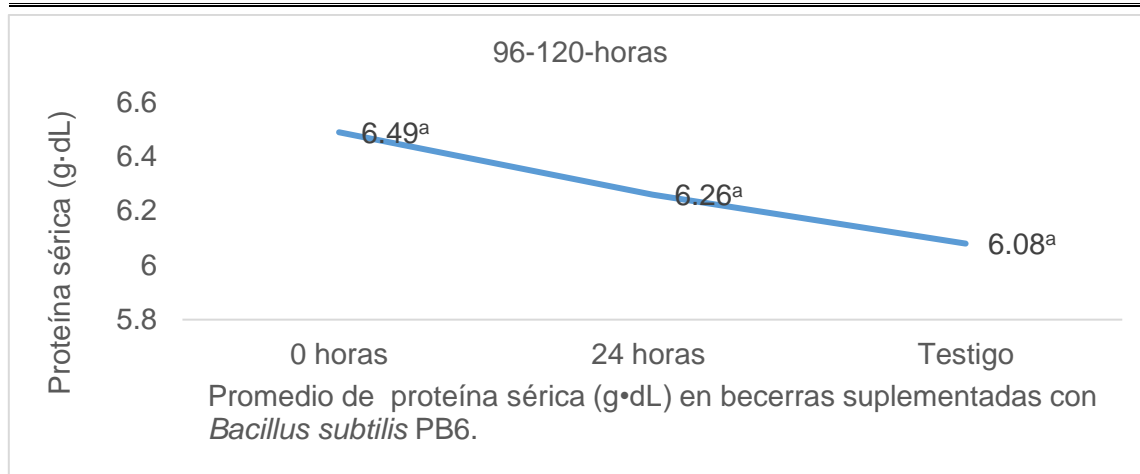


Figura 2. Transferencia de inmunidad pasiva entre 96 y 120 h pos-nacimiento en beceras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

Se reporta que las beceras con falla grave (concentración sérica de proteínas totales <4.5 g dL) tienen alrededor de 10 veces más probabilidades de morir en los primeros 100 días de vida que los animales con concentración sérica de proteínas totales >5.5 g·dL o ≤6 g·dL (Tyler *et al.*, 1999).

El fracaso de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas en hatos lecheros incrementa el riesgo de desarrollar diversas enfermedades. Incluso los animales clínicamente sanos, en los que se observó el fracaso de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas, pueden arrojar un mayor número de patógenos (McGuirk, 2010).

La adición de *Bacillus subtilis* PB6 al calostro puede ayudar a disminuir la reproducción de bacterias presentes en el mismo, lo que permite una mayor transferencia de Ig al recién nacido. Comúnmente se supone que los probióticos influyen en el sistema inmune, presumiblemente por interacción con células inmunorreguladoras que están presentes en la lámina propia del intestino, la capa epitelial de la mucosa y en el tejido linfóide asociado al intestino (Jones, 2017). Mas sin embargo los efectos inmunes de los probióticos no se limitan a solamente al intestino (Harbige *et al.*, 2016). Desde hace varios años se ha realizado investigación de la actividad probiótica a nivel celular, y el impacto de esta en el sistema inmunológico. Actualmente, se incluyen en el tratamiento y prevención de muchos tipos de diarrea, incluyendo post-antibiótica y la diarrea infecciosa, síndrome del intestino irritable, tratamiento de intolerancia a la lactosa, la prevención y el tratamiento de alergias e incluso la prevención del cáncer (Zukiewicz-Sobczak y Wroblewska, 2014). De ahí la importancia de conocer el efecto de la administración oral de estos organismos en el sistema inmune (Perdigon y De Macias, 1986).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir que los grupos de beceras a las cuales se les suministró *Bacillus subtilis* PB6 obtuvieron un

incremento mayor en la transferencia de inmunidad, no existió diferencia estadística significativa entre tratamientos. Se recomienda realizar estudios complementarios para determinar el efecto de *Bacillus subtilis* PB6 sobre el desarrollo de las becerras durante la lactancia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Besser, T. E., Garmedia, A. E., McGuire, T., Cand C. y Gay. C. 1985. Effect of colostral immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *J Dairy Sci.* 68:2033-2037.
- Elizondo-Salazar, J. A. y A. J. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92:3265-3273
- Flodr, H., Wheeler, J., Kruger D., Olazábal, P. y Rosadio, A. 2012. Pruebas de campo para evaluar calidad calostroal en la alpaca. *Rev., Investigaciones Veterinarias.* Lima, Perú. 23:307-316.
- Harbige, L. S., Pinto, E., Allgrove, J., y Thomas, L.V. 2016. Immune response of healthy adults to the ingested probiotic *Lactobacillus casei* Shirota. *Scand J Immunol.* 84(6):353-364.
- Heinritz, S. N., Weiss, E., Eklund, M., Aumiller, T., Louis, S., Rings, A., Messner, Sabine., Camarinha-Silva, A., Seifert, J., Bischoff, S. C y Mosenthin, R. 2016. Intestinal Microbiota and Microbial Metabolites Are Changed in a Pig Model Fed a High-Fat/Low-Fiber or a Low-Fat/High-Fiber Diet. *PLoS One.* 1-21.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Matamoros, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05017.
- Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N., Alt, A. M. y Jalaludin, S. 1997. Effect of adherent *Lactobacillus* cultures on growth, weight of organs and intestinal microflora and VFAs in broilers. *Animal Feed Sci. and Technology.* (30):290-293.
- Jones, R. 2017. The Use of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus paracasei* in Clinical Trials for the Improvement of Human Health The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology. Pp. 99-108.
- Landa-Salgado, P., Caballero, C.Y., Ramírez, B.E., Hernández A. A. M., Ramírez, H. L. M., Espinoza, V. D., y Hernández, S. D. 2019. Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico para becerros del altiplano mexicano. *Rev. Mex. Ciencia Pecuaria.* 10(1):68-83.
- McGuirk, S. M. y Collins, M. 2004. *Managing the production, storage and delivery of colostrum.* *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20(3):593-603.
- McGuirk, S. 2010. Herd-Based Problem Solving: Failure of Passive Transfer. School of Veterinary Medicine, University of Wisconsin-Madison, USA. [http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/fapmtools/8calf/calf\\_herd\\_FPT\\_Troubleshooting.pdf](http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/fapmtools/8calf/calf_herd_FPT_Troubleshooting.pdf) Accessed 6 April 2019]
- Melegy, T., Khaled, N. F., El-Bana, R., y Abdellatif, H. 2011. Effect of Dietary Supplementation of *Bacillus subtilis* PB6 (CLOSTAT™) on Performance, Immunity, Gut Health and Carcass Traits in Broilers. *Journal of American Science.* 7(12):891-898.
- Newburg, D. S. y Walker, W. A. 2007. Protection of the neonate by the innate immune system of developing gut and of human milk. *Pediatr Res.* 2007. Pp. 2-8.
- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., Mexico.
- Oropeza, A.M.I., Posadas, M.E., Cervantes, S.J.M., Ortíz, N.O. 1998. Prevención de afecciones gastrointestinales mediante el uso de probióticos en becerros Holstein lactantes. *Vet. Mex.* 29 (2).
- Perdigón, G., De Macias, M., Álvarez, S., Oliver, G., y de Ruiz Holgado, A. 1986. Effect of perorally administered lactobacilli on macrophage activation in mice. *Infection and immunity,* 53(2), 404-410.



- Quigley, J. D., R. E. Strohbehn, C. J. Kost y M. M. O'Brien. 2001. Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J Dairy Sci* 84(9): 2059-2065.
- Reuter, G. 2001. Probiotics: possibilities and limitations of their application in food, animal feed, and in pharmaceutical preparations for men and animals. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 114: 410–419
- Sun, P., Wang, J. Q. y Zhang, H. T. 2010. Effects of *Bacillus Subtilis* natto on performance and immune function of preweaning calves. *J. Dairy Sci.* 93:5851-5855.
- Tyler, J. W., Parish, S. M, Besser, T. E., VanMetre, D. C., Barrington, G. M. y Middleton, J. R. 1999. Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves. *J Vet Intern Med* 13:40-43.
- Zukiewicz-Sobczak, W., Wroblewska, P., Adamczuk, P., y Silny, W. 2014. Probiotic lactic acid bacteria and their potential in the prevention and treatment of allergic diseases. *Cent Eur J Immunol.* 39(1):104-108.

---

## **EFECTO DEL CLOPROSTENOL SOBRE EL TAMAÑO DE CUERPOS LUTEOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE PROGESTERONA EN CABRAS ALPINAS CICLICAS**

**Raymundo Rivas-Muñoz<sup>1</sup>, Jesús Antonio Beltrán Legaspi<sup>1</sup>, Evaristo Carrillo Castellanos<sup>1</sup>, Julio Cesar Castruita Mejía<sup>1</sup>, Francisco Gerardo Véliz Deras<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México,

<sup>2</sup>Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. raymundorivasmuoz@yahoo.com.mx

### **INTRODUCCIÓN**

Los tratamientos de prostaglandinas utilizados tienen la finalidad de lisar el cuerpo lúteo existente y sincronizar el momento del estro, aunque se menciona que no todos los estados del ciclo estral son similarmente receptivos a los tratamientos (Wildevus, 2000). En los animales cíclicos como los bovinos (Weems et al., 2006), porcinos (De Rensis et al., 2012) y los ovinos en época reproductiva (Fierro et al., 2013), el uso de tratamientos exógenos de Prostaglandinas F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) para la sincronización de estros han sido ampliamente estudiados. Se ha reportado que es posible sincronizar de una manera económica la actividad estral mediante la aplicación de protocolos de prostaglandinas exógenas, los cuales finalizan la fase lútea al provocar la regresión del cuerpo lúteo (Wildevus, 2000). La mayoría de los protocolos efectivos de sincronización de estros con prostaglandinas exógenas aplicados en cabras, consisten en la inyección de 2 dosis con intervalos que van desde los 10, 11 y 14 días (Whitley and Jackson, 2004). En un estudio realizado por Kusina et al. (2001), mencionan que al aplicar un tratamiento con 100 µg de Cloprostenol (Prostaglandinas) por animal con un intervalo de 11 días en cabras múltiparas de la raza Mashona, el 100% de las hembras presentó actividad estral a las 120 h después de la segunda inyección con una tasa de gestación del 100%. Además, cuando se aplican 2 dosis de PGF<sub>2α</sub> a razón de 0.5 ml (125 µg de Cloprostenol) en un intervalo de 10 días en las cabras Dwarf, se genera la regresión del cuerpo lúteo dentro de las siguientes 48-56 h y los signos del estro se presentan de 56 a 72 h después de la segunda inyección en 19 de 20 animales tratados, con un 100% de hembras preñadas (Khanum et al., 2006). Existen investigaciones de tratamientos hormonales exógenos de corta duración (5 y 7 días) realizados para demostrar la eficacia de la actividad reproductiva en cabras y ovejas con la finalidad de disminuir los costos, el manejo y evitar las enfermedades en el tracto reproductivo (Martemucci y D'Alessandro, 2010; Martemucci y D'Alessandro 2011; Al Yacoub et al., 2011; Olivera-Muzante et al., 2011), como se presenta en hembras donde se aplican tratamientos de progestágenos (esponjas vaginales) y prostaglandinas y la combinación de ambos. Finalmente, se ha reportado que en ovejas Corriedale, donde se les aplicó una dosis de prostaglandinas a los 5 días después de la ovulación, el 100% de las hembras presentó actividad estral y su latencia al estro fue en promedio de 48 h (Rubianes et al., 2003). Esto se explica de manera fisiológica, porque inmediatamente

después de la aplicación de prostaglandinas, se inhibe la producción de progesterona de las células luteales esteroideogénicas, además de su efecto sobre la reducción del flujo sanguíneo al cuerpo lúteo. Después de que el CL ceso la producción de progesterona, este decrece en tamaño, experimenta una pérdida de integridad celular, y entonces se forma el cuerpo albicans como un resultado de la apoptosis de las células luteales (Jerome and Srivastava, 2012); provocando entonces el surgimiento de un nuevo folículo ovulatorio y consecuentemente la presencia del comportamiento de celo (Rubianes et al., 2003). Por ello, el objetivo de este trabajo fue aplicar un protocolo de corta duración de 2 dosis de Cloprostenol (Prostaglandinas F2 $\alpha$ ) a un intervalo de 5 días y evaluar su efecto sobre el tamaño de cuerpos lúteos y su relación con los niveles plasmáticos de progesterona en cabras Alpino-Francés de la Comarca Lagunera durante la época de reproducción y compararlo con un protocolo de prostaglandinas de duración normal (10 d).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Torreón durante los meses de octubre y noviembre (época reproductiva) del año 2018, ubicado en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. Se utilizaron 20 cabras cíclicas la raza Alpino-Francés con una edad de entre 1 y 3 años. Las hembras fueron divididas en dos grupos homogéneos (Grupo T5, n = 10 y Grupo T10, n = 10) de acuerdo a su peso corporal ( $P > 0.05$ .  $45.9 \pm 1.9$  y  $46.8 \pm 1.7$ , respectivamente) y condición corporal ( $P > 0.05$ .  $2.4 \pm 0.2$  y  $2.5 \pm 0.1$ , respectivamente). Ambos grupos fueron alojados en corrales de 6 X 6 m, con una separación entre sí de 100 m. Las cabras fueron alimentadas con el 100% de sus necesidades de mantenimiento en base a materia seca, con heno de alfalfa (17% PC y  $1.9 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ) y concentrado comercial (100 g por cabra) durante todo el estudio (14% PC y  $2.5 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ). El agua y las sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso. **Protocolos hormonales.** La aplicación de la primera dosis de prostaglandinas (0.2 ml; 160  $\mu\text{g}$  de cloprostenol) fue realizada en los 2 grupos el 27 de Octubre. El GT5 recibió la segunda dosis 5 días después (1 de noviembre); mientras que el GT10 se le aplicó 10 días después (6 de noviembre) en relación a la fecha de la primera aplicación. **Actividad estral.** 24 horas después de cada aplicación de las prostaglandinas, se detectó el celo a las 0800 y 1700 h, utilizando un macho por corral provisto de un mandil durante 15 min para determinar a las hembras que presentaron celo. Después de la segunda aplicación de prostaglandinas, las hembras detectadas en celo fueron montadas por el macho (al menos 2 veces) y retiradas del grupo. **Actividad ovárica.** La actividad ovárica fue registrada diariamente durante 22 días en ambos grupos, iniciando dos días antes (Día -2) de la primera aplicación de prostaglandinas (Día 0) hasta 20 días después. Mediante ultrasonografía transrectal (Aloka SSD500) se registró el crecimiento folicular, la ovulación, crecimiento y/o la destrucción del cuerpo lúteo; mientras que la gestación fue registrada a los 45 días después de la monta dirigida para cada hembra. **Análisis de Progesterona.** Se realizaron 20 muestreos de sangre de todas las hembras a partir del día de la primera aplicación de prostaglandinas (día 0). Los niveles plasmáticos de progesterona se determinaron recuperando el plasma sanguíneo y fueron realizados por radioinmunoensayo en fase sólida (Coat-A-Count, Siemens®, Los Angeles, CA, USA, 2012). **Análisis estadísticos.** Para las variables de categorías como el porcentaje de hembras en estro, gestación se utilizó a una prueba de  $X^2$  con el procedimiento de FREQ.

Las correlaciones entre el tamaño de cuerpos lúteos y los ng/ml de progesterona plasmática fueron analizadas bajo el procedimiento PROC CORR del paquete estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la respuesta estral y ovárica de las cabras en los grupos T5 y T10 después de la aplicación de la primera y segunda dosis de prostaglandinas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Respuesta estral, ovárica (Cuerpos Lúteos) y gestación de las cabras Alpinas.

Variables	Primera Dosis			Segunda Dosis		
	T5	T10	P	T5	T10	P
Estro (%)	80 (8/10)	90 (9/10)	<b>0.53</b>	60 (6/10)	60 (6/10)	<b>1</b>
Ovulaciones (%)	100 (10/10)	100 (10/10)	<b>1</b>	80 (8/10)	60 (6/10)	<b>0.33</b>
Preñez (%)	-----	-----		100 (6/6)	33.3 (2/6)	<b>0.26</b>
Cuerpos Lúteos	1.1 ± 0.1 (9)	1.0 ± 0.0 (6)	<b>0.4</b>	1.0 ± 0.0 (6)	1.3 ± 0.3 (5)	<b>0.29</b>

A pesar de que en el porcentaje de hembras preñadas entre ambos grupos no existió diferencia estadística, éste fue 66.7% menor en el grupo T10 con respecto del grupo T5. Para la actividad ovárica no se detectó diferencia estadística en el número de cuerpos lúteos, siendo muy similares después de ambas aplicaciones de prostaglandinas. Por otra parte, las hembras del GT5 que presentaron celo después de las dos aplicaciones de prostaglandinas, los niveles plasmáticos de progesterona registraron una correlación media ( $r = 0.61$ ;  $P = 0.001$ ) con respecto al tamaño de los cuerpos lúteos registrados (Figura 1). Este nivel de correlación tal vez se deba a que los niveles plasmáticos de progesterona bajaron inmediatamente después de un día de la aplicación de la primera dosis de prostaglandinas, mientras que la regresión de los cuerpos lúteos se dio de manera más lenta; es decir que el tamaño del cuerpo lúteo se retrasa, tardando hasta 4 días para llegar a su nivel más bajo (0.2 cm).

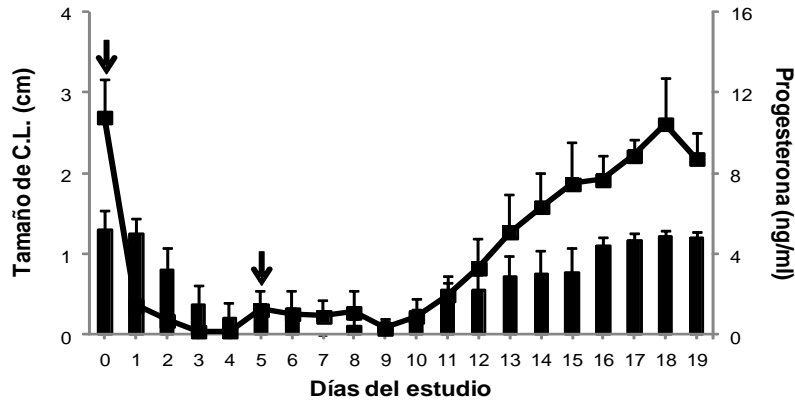


Figura 1. Correlación del tamaño de CL (Barras) y las concentraciones plasmáticas de progesterona (línea) de las hembras del GT5 que respondieron (n = 4) después de la aplicación de ambas dosis de prostaglandinas. Las flechas indican los días de la aplicación de la primera y segunda dosis. Los valores son expresados en promedio ± sem.

Para el grupo T10, en las hembras que presentaron celo después de las dos aplicaciones de prostaglandinas con un tratamiento normal de 10 días, los niveles plasmáticos de progesterona registraron una correlación aún más baja ( $r = 0.48$ ;  $P = 0.001$ ) con respecto al tamaño de los cuerpos lúteos, en comparación con la del grupo T5 (Figura 2). Al igual que en el grupo T5 los niveles plasmáticos de progesterona bajaron inmediatamente después de la primera aplicación de prostaglandinas, pero el promedio del tamaño de los cuerpos lúteos en este grupo fueron menores (de 0.88 a 0.28 cm) a los registrados en el grupo T5 durante los primeros 4 días después de la primera aplicación de la  $PgF2\alpha$ .

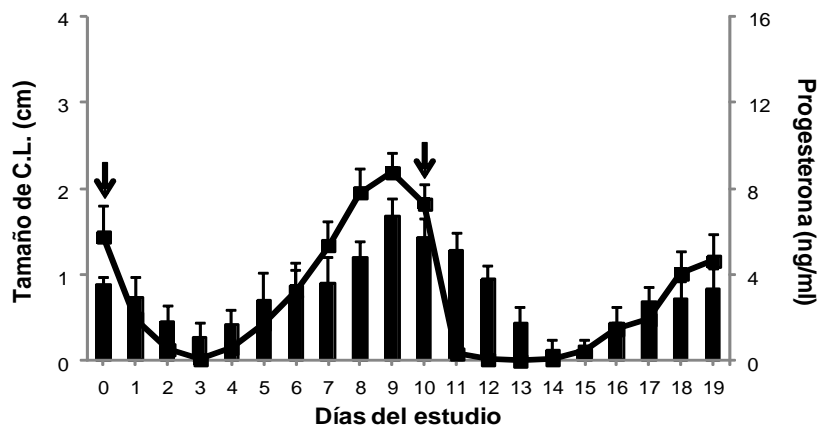


Figura 2. Correlación del tamaño de CL (barras) y las concentraciones de progesterona (línea) de las hembras del GT10 después de la aplicación de ambas dosis de prostaglandinas a un intervalo de 10 días. Las flechas indican los días de la aplicación de la primera y segunda dosis. Los valores son expresados en promedio ± eem.

La proporción de hembras en estro después de la segunda aplicación de Cloprostenol para el GT10 fue menor (60%) a lo reportado por Khanum et al. (2006), donde mencionan que

con la aplicación de 2 dosis de Pgf2 $\alpha$  a razón de 0.5 ml (125  $\mu$ g de Cloprostenol) en un intervalo de 10 días en las cabras Dwarf, se presentó del 95 al 100% de hembras en estro; mientras que Kusina et al. (2001), reportaron que con un tratamiento de prostaglandinas a un intervalo de 11 días en cabras de la raza Mashona, el 100% de las hembras presentó actividad estral. Cabe mencionar que en el grupo GT5 (tratamiento de 5 días) se registró también un 60% de hembras en estro; lo que puede considerarse bueno si se toma en cuenta lo reportado por Martemucci y D'Alessandro (2011), donde mencionan que con un tratamiento de 5 días utilizando la combinación de progestágenos y prostaglandinas en cabras de la raza Ionica durante la época reproductiva, el 78% de las hembras presentó actividad estral; mientras que en ovejas de la raza Altamurana bajo un tratamiento de 5 días donde utilizaron GnRH más prostaglandinas solo se registró el 48% de hembras en estro (Martemucci y D'Alessandro, 2010). Además, el porcentaje de hembras en estro en nuestro trabajo fue menor al reportado en ovejas de la raza West African donde aplicaron la prostaglandinas en el día 5 después de la ovulación y registraron un 87.5% de hembras que presentaron celo (Contreras-Solís et al., 2009). Finalmente, el porcentaje de hembras que presentaron estro en ambos grupos (60%, respectivamente) es coincidente con los resultados de otra investigación, donde reportan que en ovejas al aplicar una dosis de prostaglandinas en el día 4 y 5 después del inicio del celo, solo del 40 al 60% de las hembras tratadas respondieron nuevamente con comportamiento de estro, lo que indica que en las ovejas, el cuerpo lúteo en crecimiento puede ser sensible al efecto de las prostaglandinas exógenas a partir del día 4 después del inicio del estro (Pope y Cárdenas, 2004). La proporción de las hembras que ovularon fue superior para el grupo T5 con respecto del grupo T10 (80 vs 60%, respectivamente), encontrándose similitud con los resultados reportados por Martemucci y D'Alessandro (2011), donde mencionan que de las hembras sometidas a un tratamiento de sincronización corto (5 días), donde combinaron progestágenos y prostaglandinas solo el 80% (8/10) ovuló, coincidiendo plenamente con nuestro trabajo. Es posible que en nuestras hembras las ovulaciones no hayan estado asociadas al comportamiento de celo, debido a que el tiempo y los niveles de secreción de progesterona antes de la segunda aplicación de las prostaglandinas no fueron tan grandes como se menciona son necesarios en el caso de las ovejas para generar una completa expresión del comportamiento de estro (Goodman, 1994). Por el contrario, en los trabajos donde se aplicó la prostaglandina a los 3 y 5 días después del registro de la ovulación, se observó que después de la luteolisis todas las hembras presentaron actividad estral, confirmando después la ovulación en un ciclo estral de duración normal (Rubianes et al., 2003). En efecto, en nuestro trabajo esto puede ser explicado por qué en las hembras del grupo T5 que respondieron y ovularon, solamente por un día los niveles plasmáticos de progesterona fueron superiores a 1 ng/ml, lo cual es indicativo de que las hembras ovularon (Al-Merestani et al., 2003) y ese mismo día fue aplicada la segunda dosis de prostaglandinas y consecuentemente presentaron celo y ovularon. Por otro lado, el grupo T10 solo alcanzó un 60% de ovulaciones después de la segunda aplicación de prostaglandinas, considerándose este valor bajo con respecto a tratamientos similares donde reportan porcentajes de ovulaciones que van del 90 al 100% (Al Yacoub et al., 2011). Probablemente, el bajo porcentaje de hembras que presentó celo y ovuló en el T10, sea debido a que en cabras tratadas con Cloprostenol existen deficiencias en el crecimiento y

funcionalidad del tejido luteal, provocando que alrededor de un 30% de las hembras tratadas presentan ciclos cortos; registrándose un mayor tamaño de cuerpos lúteos, pero que presentan una menor secreción de progesterona y un efecto de debilitamiento de los folículos en crecimiento durante la fase media lútea, en comparación con las cabras que se encuentran en un ciclo estral de duración normal (Vázquez et al., 2010). Probablemente la baja dosis de cloprostenol suministrada en nuestro trabajo, en comparación con otros trabajos donde utilizan una mayor dosis de prostaglandinas fue un factor que restringió la respuesta de éstas hembras después de la segunda aplicación. En efecto, quizá la acción farmacológica de la PgF<sub>2α</sub> en dosis pequeñas aplicada en el inicio del ciclo estral es menos efectiva que con dosis más altas (Pope y Cárdenas, 2004).

La proporción de hembras preñadas (20%) registrado en el T10 fue mucho menor a lo reportado por Kusina et al. (2001), donde obtuvieron del 60 al 100% de gestaciones en un trabajo utilizando prostaglandinas a un intervalo de 11 días; pero coincide con la proporción de hembras preñadas para el T5 (60%). Este último dato, también coincide con lo reportado por otros investigadores, donde al aplicar 5 mg de cloprostenol entre los días 6 y 13 del ciclo estral, cuando los niveles plasmáticos de progesterona excedían los 5 ng/ml, obtuvieron un 95% de hembras que ovularon y de ellas solo el 60% quedaron preñadas con inseminación artificial a tiempo fijo (Al Yacoub et al. (2011). En efecto, los tratamientos a base de prostaglandinas aplicados durante la fase media luteal provoca la regresión del cuerpo lúteo en hembras cíclicas y el pico de LH ocurre de las 62 a las 64 h después de la inyección, lo que indica la ovulación, pero no todas las fases del ciclo estral son receptivas al tratamiento (Nuti et al., 1992; Romano, 1998). Aunque, los resultados de la proporción de hembras gestantes de nuestro estudio fueron menores a los reportados en otros trabajos (100%) con la aplicación de un tratamiento con 0.5 ml (125 µg de Cloprostenol) de Prostaglandinas con un intervalo de 10 días en cabras de la raza Dwarf (Khanum et al., 2006); al menos en el T5 los consideramos aceptables si se toma cuenta que la dosis utilizada en ambos grupos (0.2 ml; 160 µg de cloprostenol) fue menor a la utilizada en la mayoría de los trabajos en caprinos, donde se han utilizado 0.3, 0.5 ó más ml de cloprostenol; lo que equivale a una mayor cantidad de mg de prostaglandinas).

Como se mencionó anteriormente, los niveles plasmáticos de progesterona son un indicativo de la actividad luteal, y dentro de ésta se refiere al área luteal y/o tamaño de cuerpo lúteo y tanto en cabras como en otros mamíferos, durante los primeros días después de la ovulación, estos niveles tienen una importante función sobre el desarrollo embrionario y por lo tanto, son responsables del mantenimiento de la gestación en las cabras (Vázquez et al., 2010). Esto se corrobora en las hembras de nuestro trabajo que presentaron celo, ovularon y posteriormente quedaron gestantes, ya que se menciona que cuando los niveles plasmáticos de progesterona fueron menores a 1 ng/ml y aumentan de manera sostenida hasta niveles mayores de 1 ng/ml se considera que las hembras ovularon (Figuras 1 y 2; Titi et al., 2010). Los resultados del tamaño de los cuerpos lúteos y su correlación con los niveles plasmáticos de progesterona de nuestro estudio, corroboran lo anterior y son similares a los reportados por otros investigadores, donde obtuvieron una correlación

positiva similar y consecuentemente es un índice de la eficiencia del cuerpo lúteo para la secreción de la misma (Vázquez et al., 2010).

### CONCLUSIÓN

La aplicación de Cloprostenol a un intervalo de 5 días en cabras cíclicas de la raza Alpina, genera una respuesta aceptable en la proporción de las hembras que presentaron actividad estral, en los niveles plasmáticos de progesterona y su correlación con el tamaño de los cuerpos lúteos y consecuentemente en la proporción de hembras preñadas.

### BIBLIOGRAFIA

- Al-Merestani, M.R.; Zarkawi, M.; Wardeh, M.F. 2003. Improving the Reproductive Efficiency, Pregnancy Diagnosis and Monitoring the Resumption of Luteal Activity in Indigenous Damascus Goats. *Reprod. Dom. Anim.* 38, 36–40.
- Al Yacoub, A.N.; Gauly, M.; Sohnrey, B.; Holtz, W. 2011. Fixed-time deep uterine insemination in PGF<sub>2α</sub>-synchronized goats. *Theriogenology*. 76, 1730–1735.
- Chemineau, P.; Daveau, A.; Maurice, F.; Delgadillo, J. A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research* 8: 299-312. doi:10.1016/0921-4488(92)90211-L.
- 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.
- De Rensis, F.; Saleri, R.; Tummaruk, P.; Techakumphu, M.; Kirkwood, R.N. 2012. Prostaglandin F<sub>2α</sub> and control of reproduction in female swine. A review. *Theriogenology*. 77, I-II.
- Fierro, S.; Gil, J.; Viñoles, C.; Olivera-Muzante, J. 2013. The use of prostaglandins controlling estrous cycle of the ewe. A review. *Theriogenology*. 79, 399-408.
- Goodman, R.L. 1994. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. In: Knobil, E., Neill, J.D. (Eds.), *The Physiology of Reproduction*. Raven Press, New York, pp. 659–709.
- Jerome, A.; Srivastava, N. 2012. Prostaglandins vis-à-vis bovine embryonic mortality: a review. *Asian Pacific Journal of Reproduction*; 1(3): 238-246.
- 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.
- Martemucci, G.; D’Alessandro, A.G. 2010. Estrous and fertility responses of dairy ewes synchronized with combined short term GnRH, PGF<sub>2α</sub> and estradiol benzoate treatments. *Small Rumin. Res.* 93:41-47.
- Martemucci, G.; D’Alessandro, A.G. 2011. Induction/ synchronization of oestrus and ovulation in dairy goats with different short term treatments and fixed time intrauterine or exocervical insemination system. *Anim. Reprod. Sci.* 126, 187-194.
- Nuti, L. C., K. N. Bretzlaff, R. G. Elmore, S. A. Meyers, J. N. Rugila, S. P. Brinsko, T. L. Blanchard, and P. G. Weston. 1992. Synchronization of estrus in dairy goats treated with prostaglandin F<sub>2α</sub> at various stages of the estrous cycle. *Am. J. Vet. Res.* 53:935-937.
- Olivera-Muzante, J.; Fierro, S.; López, V.; Gil, J. 2011. Comparison of prostaglandin- and progesterone-based protocols for time artificial insemination in sheep. *Theriogenology* 75, 1232–1238.
- Pope, W.F. Cárdenas, H. 2004. Sensitivity of sheep to exogenous prostaglandin F<sub>2α</sub> early in the estrous cycle. *Small Ruminant Research* 55, 245–248.
- 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.
- Titi, H.H. Kridli, R.T. Alnimer, M.A. 2010. Estrus Synchronization in Sheep and Goats Using Combinations of GnRH, Progestagen and Prostaglandin F<sub>2α</sub>. *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.



- Weems, C.W.; Weems, Y.S.; Randel, R.D. 2006. Prostaglandin and reproduction in female farm animals. *The Veterinary Journal* 171, 206–228.
- 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.

---

## CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LECHE CAPRINA SIN PASTEURIZACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA Y ZARAGOZA, COAHUILA

**María Genoveva Alvarez Ojeda<sup>1\*</sup>, Granados Rivera L. Danilo<sup>2</sup>, Pedro Hernández Rojas<sup>3</sup>, Isidro Humberto Almeyda León<sup>2</sup>, Ana Belén Hernández Hernández<sup>4</sup>.**

INIFAP. <sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo. Carr. Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tam., C.P. 88900, <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán. Carretera Montemorelos-China, km 31 Exhacienda Las Anacuas, C.P 67400, General Terán, N. L., <sup>3</sup>Campo Experimental Saltillo, Carretera Saltillo-Zacatecas km. 342+119 # 9515 Hacienda de Buena Vista C.P. 25315. <sup>4</sup>UAT. Unidad Académica Multidisciplinaria Rodhe, San Fernando, cruce con Canal Lateral, Arcoíris, C.P. 88779 Reynosa, Tam.

\*alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

La leche de cabra es sana y nutritiva, se considera una alternativa válida como sustituto de la leche humana pues sus valores nutritivos y composición son en gran medida aproximados. La leche de cabra es un producto que poco a poco se hace más popular en los mercados mundiales, más allá de nuestras fronteras, en países como India y la Unión Europea, donde actualmente ya es uno de los componentes principales de la dieta de millones de personas. No obstante, para producir una leche de buena calidad, se deben tener en cuenta algunos principios básicos para una explotación pecuaria eficiente, es decir: animales de buena calidad, seleccionando genotipos lecheros, que tengan una alimentación adecuada, buen manejo y sanidad. Los dos primeros influyen directamente en la calidad nutricional o composición de la leche; los otros dos en la calidad higiénica (Bidot-Fernández A. 2017).

La calidad bacteriológica de la leche de cabra puede verse afectada desde su origen. En el caso de una glándula mamaria sana las primeras secreciones de leche contienen microorganismos debido a que estos colonizan el canal del pezón; condicionando su posterior manejo, a lo cual debe sumarse la contaminación que puede ocurrir durante el ordeño, transporte y procesamiento (Magariños, 2000). Estas deficiencias se encuentran asociadas fundamentalmente, a los incumplimientos en los requisitos de buenas prácticas en las instalaciones, la rutina de ordeño, la limpieza y la desinfección de utensilios, así como la conservación y al acopio de la leche desde el momento de la obtención hasta que llega a su consumo (Martínez *et al.*, 2014). Debido a estos antecedentes, el objetivo fundamental de este estudio fue evaluar la calidad microbiológica de la leche de cabra sin pasteurizar en la región de Coahuila.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron al azar 30 productores de leche de cabra de la región norte del país y se colectaron 31 muestras en diversos hatos caprinos de la Comarca Lagunera (Gómez Palacio, Durango y Torreón, Coahuila) y 25 en el Municipio de Zaragoza, Coahuila, dando un total de 56 muestras, las cuales, se recolectaron bajo condiciones asépticas, eliminando los primeros chorros de leche, la cantidad aproximada de leche colectada por muestra fue

de 50 ml y se depositaron en frascos esterilizados con tapón de rosca. El transporte de las muestras se realizó a temperatura de refrigeración para su posterior análisis. Una vez que llegaron las muestras al laboratorio se procedió a realizar la extracción de ADN a partir de la parte superior de la leche (grasa). Se tomaron aproximadamente 400  $\mu$ l de leche sin homogenizar y se depositaron en tubos Eppendorf de 1.5 ml de capacidad, se le adicionó 400  $\mu$ l de TE 1X pH 8.0 (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA) y se inactivaron a 95 °C por 20 minutos. La extracción se realizó por medio de un kit comercial (Invitrogen), siguiendo las instrucciones del fabricante y posteriormente se realizó la prueba de PCR para la detección de *Brucella* spp y *Salmonella* spp. Los oligonucleótidos empleados para *Brucella*, reconocen una región interna de la secuencia del gen *BCSP31* (GenBank, número de acceso M20404), y amplifican un fragmento de 223 pb y para el género *Salmonella* se eligieron los propuestos por Rahn *et al.* (1992) que amplifican un fragmento de 227 pb del gen de invasión *InvA*.

Para el aislamiento microbiológico de muestras de leche fueron homogenizadas, y bajo condiciones de esterilización se tomaba una asada y se sembraba en placas con medio CHROMAGAR™ *Staph aureus* para el aislamiento de *Staphylococcus aureus*, MacConkhey, agar *Shigella-Salmonella* (SS). Las placas se incubaron a 37 °C de 24 a 48 h. Posteriormente, las colonias sugestivas de algún patógeno de importancia alimentaria, fueron seleccionadas y resembradas en Agar sangre, Agar Soya Trypticasa (AST), a partir de este cultivo AST se realizaron las pruebas preliminares como son tinción de gram, prueba de catalasa, coagulasa, fermentación del manitol, nitritos, oxidasa, termonucleasa, termoresistencia a 45 °C y movilidad. Para su identificación final se les realizaron pruebas bioquímicas usando el kit (API 20 E Biomériux), siguiendo las instrucciones del fabricante. Además, para la cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias se utilizaron placas de petrifilm 3M, realizando diluciones seriadas hasta  $1 \times 10^{-7}$  de acuerdo con lo establecido por las NOM-092-SSA1-1994 (SSA, 1994a), NOM-110-SSAI- 1994 (SSA, 1994b). Cada una de las diluciones fueron sembrada en agar para cuenta total en placa (Petrifilm 3M), este mismo procedimiento se realizó para coliformes fecales, hongos y levaduras. A la información obtenida se le aplicó un análisis de frecuencia, reportando la distribución porcentual según el género identificado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las reacciones de PCR donde se utilizó ADN genómico extraído directamente de las muestras de leche sin el aislamiento microbiológico, se amplificó el fragmento esperado de 287 pb para el género *Brucella*, pero además se observaba un barrido. Por lo tanto, fue necesario realizar diluciones 1:10 del ADN genómico y de ahí se tomo la muestra para la detección de los patógenos mediante la técnica de PCR. Se amplificó el fragmento esperado para ambos microorganismos y sin la presencia de barridos, detectándose un 7.1 % (4/56) para el género *Salmonella* y 3.5 % (2/56) para el género *Brucella*. En el cuadro 1, indica el porcentaje de muestras que fueron positivas mediante PCR por lugar de muestreo. La PCR facilita y agiliza la detección de los microorganismos patógenos, pero su eficiencia tiende a disminuir si se aplica en muestras de alimentos directamente como en este caso (Meiri-2002). Para aumentar la eficiencia del ensayo es recomendable realizar un paso de preenriquecimiento, que garantice la revitalización de los microorganismos y permita que

las células bacterianas comiencen el proceso de multiplicación normal y disminuyan o eliminen las sustancias inhibitoras de la PCR, provenientes del alimento (Pachon C. 2009). Este paso posibilita aplicar el método de PCR en diferentes matrices.

Con respecto a la detección de *Brucella* por PCR en muestras de leche el resultado debe ser tomado con cautela, ya que las muestras pueden no tener la concentración bacteriana para lograr el aislamiento bacteriológico; sin embargo, el potencial de infección que es de 100 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) si pudo estar presente en la muestra, lo cual representa un serio problema para el consumidor y para el productor y sus trabajadores. Respecto a las muestras de leche que dieron positivo en *Salmonella* es un patógeno de importancia en salud pública y puede sobrevivir entre 7 °C y 49 °C, por lo que se recomienda el hervido de la leche para su eliminación.

Cuadro 1. Porcentaje de muestras positivas mediante PCR para el género *Salmonella* y *Brucella*, analizadas directamente en leche de cabra, de acuerdo a la zona muestreada.

Sitio de muestreo	Total Muestras	PCR <i>Brucella</i>		PCR <i>Salmonella</i>	
		Positivas	(%)	Positivas	(%)
La Comarca Lagunera	31	0	0 %	1	3.2 %
Zaragoza Coahuila	25	2	8.0 %	3	12.0 %
<b>Totales</b>	<b>56</b>	<b>2</b>	<b>3.6 %</b>	<b>4</b>	<b>7.1 %</b>

En cuanto al aislamiento microbiológico de los patógenos a partir de la leche por sitios de muestreos, en el municipio de Zaragoza, Coahuila de las 25 muestras procesadas se obtuvo el 100 % en todos los medios de cultivo utilizados, mientras que de las muestras colectadas en la Comarca Lagunera solo fue posible aislar a las bacterias en un 67.7 % de las muestras, este resultado puede atribuirse a que los hatos ganaderos donde se colectó el 32.3 % restante cuentan con buenas prácticas de manejo en el proceso de producción de la leche.

Los resultados obtenidos mediante el aislamiento de cepas, confirmó la presencia de *Staphylococcus aureus* en el medio de cultivo CHROMAGAR™ Staph aureus, donde se observaron colonias pequeñas de color rosa pálido, se colectaron dichas colonias y se sembraron en AST y posteriormente se cultivaron en Agar sangre desfibrinada obteniéndose colonias β-hemolíticas, los cultivos fueron sometidos a las pruebas de coagulasa con plasma de conejo, catalasa y observación al microscopio donde se vieron cocos gram positivos y la prueba de term nucleasa, donde se observó el color típico rosa brillante en agar DNAsa con un halo de inhibición. Con el uso de estas pruebas se logró confirmar la presencia de *S. aureus* en un 20 % (5 /25) de los cultivos aislados, de las muestras de Zaragoza, Coahuila. En las de la Comarca Lagunera no se detectaron colonias con estas características bioquímicas. En un estudio realizado por Figueroa *et al.* (2008), analizaron 118 muestras de leche de cabras ordeñadas de forma mecánica, donde 64.5 % (76 muestras) resultaron positivas a mastitis subclínica; de estas 76 muestras el 81.5 % resultaron negativas y el 18.5 % resultaron positivas aislando únicamente a *Staphylococcus* spp. Estos últimos datos concuerdan con lo encontrado en este trabajo. Por lo que el género

*Staphylococcus* también es el principal género involucrado en mastitis en cabras en nuestro país.

Cuando se analizaron las pruebas de catalasa, coagulasa termonucleasa y DNAsa negativas, así como observación al microscopio, se determinó la incidencia de *Streptococcus* spp. en un 12 % (3/25). Al detectar la presencia de estas bacterias en leche se evidencia que en los hatos donde se encontraron estos patógenos presentan problemas de mastitis subclínica, lo cual representa un riesgo en la población, pues el hecho de no contar con estas medidas de higiene, puede dar la pauta a la disminución de leche, además, la bacteria puede pasar desapercibida por el productor, solamente puede ser perceptible por la medición de conteo de células somáticas en leche. Por esta razón, este tipo de mastitis son las que producen mayores pérdidas económicas. *Streptococcus* es un microorganismo oportunista que se encuentra en el ambiente, puede infectar la ubre y transmitirse a la piel del pezón de otras hembras por la máquina de ordeña, las manos del ordeñador, los paños de lavado y cualquier material que pueda actuar como vehículo inerte (Bazan *et al.*, 2009).

En este estudio también fue posible aislar las cepas de *Salmonella* spp, las cuales, fueron detectadas previamente mediante la prueba de PCR. De acuerdo al perfil bioquímico se identificaron las siguientes bacterias: *Pseudomonas* spp., se ha reportado como indicadora de contaminación con flora competitiva, y que son antagónicas al género *Brucella*, lo que podría explicar la falta de éxito en su aislamiento y que coincide con lo demostrado por González *et al.* (2007) en un estudio en lácteos y quesos donde no aislaron *Brucella* spp. pero si *Pseudomonas* spp.

Otros resultados obtenidos en este estudio fue el aislamiento de enterobacterias como *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenus*, *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*, así como levaduras y bacterias lácticas las cuales no fueron identificadas, pues no era el objetivo principal del trabajo. Cuando se determinó la cantidad de mesofílicos aerobios en placa, se detectó  $17 \times 10^{-7}$  UFC/ml de leche, mientras que al observar los resultados de coliformes se detectó en una escala menor de 100,000 UFC/ml, lo cual es un indicativo de un mal manejo en la ordeña y procesamiento de la leche. Los resultados obtenidos en el conteo de bacterias mesofílicas y coliformes, tanto en muestras de leche de la Comarca lagunera como en Zaragoza, Coahuila; exceden los límites máximos permitidos por la NOM-243-SSA1-2010 "Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos", que indica que no deberán contener más de 100 UFC/g de microorganismos no patógenos y 0 UFC/g de organismos patógenos, como *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y, además, contener menos de 3 NMP/g por ml de producto.

Es necesario contar con medidas adecuadas de higiene para reducir el riesgo de contaminación de leche en las unidades de producción primaria.

### CONCLUSIONES

Las muestras recolectadas presentaron índices de contaminación por la bacteria *Brucella* spp., *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenus*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas* spp. El conteo microbiológico para mesofílicos y coliformes es bajo en la leche sin pasteurizar; sin embargo, aun está por

encima de los límites permitidos en la NOM-243-SSA1-2010 (c) para su consumo. Los resultados obtenidos indican que no se cumple con las especificaciones microbiológicas de las normas oficiales mexicanas, lo que pone en riesgo la salud de la población al adquirir leche contaminada con bacterias causantes de enfermedades zoonóticas, como brucelosis, entre otras. Para mantener la calidad de leche en buenas condiciones es necesario contar con un programa sanitario e higiénico, así como establecer medidas estrictas en cada punto crítico de control para salvaguardar a los consumidores de enfermedades causadas por bacterias patógenas y aumentar la producción en los establecimientos lecheros.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bazán, Roberto; Cervantes, Enrique; Salas, Guillermo; Segura-Correa, José C. 2009. Prevalencia de mastitis en cabras lecheras en Michoacán, México. Rev. Científica Vol. XIX, No. 4, 334-338.
- Bidot Fernández Adela. 2017. Composición cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. Rev.Prod.Anim., 29(2): 32-41.
- Figuerola MLG. 2008. Cuenta de células somáticas en leche de cabra mediante las pruebas diagnósticas: Prueba de California, Wisconsin, cuenta microscópica y contador infrarrojo [tesis licenciatura] México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- González M. D., Garza F. H., Sánchez-Yañez J. M. 2007. Contaminación de productos lácteos por *brucella* spp y otras bacterias en el municipio de Higuera, Nuevo León, México. (En Línea) citado julio 2019. Disponible en URL:<http://www.monografías.com/trabajos33/brucellosis/brucellosis.shtml>
- Martínez A., Villoch A., Ribot A., Ponce P. 2014. Diagnostico de Buenas Practicas Lecheras en una cooperativa de producción. Rev Salud Anim. 36(1): 22-26.
- Magariños H. 2000 Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Guatemala: producción y Servicios Incorporados S. A. Mixco; 5-10.
- Meiri-Bendek I., Lipkin E., Friedmann A., Leither G., Saran A., Friedman S and Y Kashi. 2002. A PCR-Bases Method for the detection of *Streptococcus agalactiae* in milk. J. Dairy Sci. 85 (7): 1717-1723.
- Pachon CDA. 2009. Aislamiento, identificación y serotipificación de Enterobacterias del género *Salmonella*. Tesis de grado en Microbiología agrícola y veterinario. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Rahn, K., De Grandis, S., Clarke, R., McEwen, S., Galan, J., Ginocchio, C., Gyles, C. (1992). Amplification of an *invA* gene sequence of *Salmonella typhimurium* by polymerase chain reaction as a specific method of detection of *Salmonella*. Molecular and cellular probes, 6(4), 271-279.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (a). Norma Oficial Mexicana NOM- 092-SSA1-1994.Método para la cuenta de bacterias en placa.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (b). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSAI- 1994. Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico. México (DF): SSA, 1995.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (C). Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos.

---

## Efecto de la suplementación alimenticia preparto sobre la calidad del calostro de cabras multirraciales en sistema semi-extensivo en el norte de México

Machado-Ramos MG<sup>1</sup>, Guillén-Muñoz JM<sup>1</sup>, Vélez-Monroy LI<sup>2</sup>, Véliz-Deras, FG<sup>1</sup>, De Santiago-Miramontes MA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Postgrado de producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup> INIFAP, Matamoros Coah., México.

e-mail [mariagmachadoramos@gmail.com](mailto:mariagmachadoramos@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Las pérdidas por abortos representan la principal falla reproductiva en los sistemas caprinos extensivos, con frecuente restricción alimenticia durante la gestación. Los abortos en estas condiciones suelen presentarse en más de la mitad de las cabras gestantes. El alto número de abortos en cabras en condiciones de escasez de forraje obedece a la particular estrategia reproductiva de la cabra, la cual “responde” al estímulo del macho cabrío, aun con bajas reservas corporales de energía, y una vez gestante, la cabra continúa o suspende la preñez, según la disponibilidad de nutrientes (Mellado y Pastor, 2006). En el norte de México el sistema de producción caprino que prevalece es semi-extensivo, en el cual los animales son pastoreados en la flora nativa del agostadero disponible, misma que durante el año presenta fluctuaciones en su calidad bromatológica (Mellado *et al.*, 1991), y ocasionalmente en esquilmos de los cultivos locales (Mellado, 2008) como maíz y sorgo forrajeros, alfalfa, algodón, entre otros, y en los canales de riego de dichos cultivos. El objetivo de este estudio fue evaluar el posible efecto de una suplementación alimenticia (noviembre-diciembre) sobre la calidad de calostro de 43 cabras multíparas multirraciales, en sistema de producción semi-extensivo (México 25°N) con 130 días de gestación.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Ejido Seis de enero, perteneciente al municipio de Lerdo, Durango, en el área perteneciente a La Comarca Lagunera ubicada en el norte de México (25 ° 51' N y longitud 103 ° 60 'O, 1150 msnm), temperatura media promedio es de 23.5 ° C (rango: -2 a 43 ° C), mientras que la humedad relativa anual oscila entre 28% y 81% La precipitación anual es de 230 mm, y la duración del día es 13 h: 41 min en el solsticio de verano (21 de junio) y 10 h, 9 min en el solsticio de invierno (21 de diciembre). La fase experimental se realizó en noviembre-diciembre, utilizando 43 hembras multirraciales en sistema de producción semi-extensivo con 130 días de gestación (monta natural, en estación reproductiva junio-julio), asignadas aleatoriamente en dos grupos homogéneos en peso corporal (PV, Kg) y condición corporal (CC; unidades, rango: 1-5; 1=emaciado, 5=obeso): GS (grupo con suplementación alimenticia; n=22; 48.45 ± 0.6 Kg; CC 2.6 ±0.03) y GC (grupo control; n=21; 47.7 ± 1.07 Kg; CC 2.5 ±0.05).

#### Alimentación de las hembras

Todas las cabras de este estudio permanecieron en su habitual sistema de producción semi-extensivo, alimentándose de flora nativa regional en pastoreo desde las 10:30 a las 17:00 h, a su regreso, por la noche, fueron confinadas en corrales de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, provistos de agua limpia a libre acceso, expuestos a temperatura y fotoperiodo natural. únicamente el grupo (GS) recibió suplementación alimenticia, adicional al consumo alimenticio en pastoreo, que consistió en 500g /animal/ día de una ración energética

totalmente mezclada compuesta de: pollinaza (40%), salvado (27%), sorgo escobero (27%), melaza (4%), sal (2%); total 500 g; 18% CP, 2.7 Mcal/kg EM/Kg de MS, diariamente (por la mañana 08:30 – 10:30 h) durante 22 días antes y hasta 7 días después del parto.

VARIABLES REGISTRADAS. Hembras: peso corporal (PV, Kg) y condición corporal (CC; unidades, rango: 1-5; 1=emaciado, 5=obeso) al día 130 de la gestación y al parto. Los porcentajes de grasa y lactosa del calostro recolectado durante las primeras 24 h postparto fueron conservadas a 5 °C hasta su análisis (Milkotester, Model: Master Eco, Bulgaria).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Los datos fueron analizados mediante ANOVA, usando el programa estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000), para las diferencias de medias se utilizó una prueba de t-student, nivel de significancia  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mala nutrición materna se puede definir como un exceso o restricción de nutrientes generales específicos en la dieta de la madre durante la gestación (Hoffman, *et al.*, 2017), esto afecta directamente los procesos metabólicos, de desarrollo y crecimiento, repercutiendo en la salud y productividad de su progenie. Durante el período de transición, comprendido entre las tres semanas finales de la gestación y las tres semanas iniciales de la lactancia, aumenta la demanda metabólica para el crecimiento fetal y la producción de leche y concomitantemente, se registra descenso en el consumo de materia seca. Esta situación genera un balance energético negativo, afectando el desempeño en la lactación y aumentando la susceptibilidad a disturbios metabólicos relacionados con el metabolismo de la energía y la proteína (Eknæs *et al.*, 2006; Posada *et al.*, 2012), en esta situación se genera energía a partir de las reservas corporales del animal.

La síntesis del calostro está determinada por la nutrición durante el período preparto entre sus componentes están los de importancia nutricional como grasas, proteínas, lactosa, minerales, vitaminas y otros como inmunoglobulinas, hormonas, enzimas y otros péptidos; pero la transferencia de inmunoglobulinas de la sangre a la secreción mamaria, no depende de una influencia nutricional, sino que inicia varias semanas preparto (Castro *et al.*, 2011). En ruminantes la placenta, impide la transferencia de inmunoglobulina de la madre al feto, en consecuencia, el consumo de calostro por parte de la progenie tiene un papel fundamental en la adquisición de inmunidad pasiva (Argüello *et al.*, 2004). La suplementación nutricional periparto debe considerarse una estrategia de inversión clave en lugar de una carga económica, particularmente bajo sistemas de producción marginal, puesto que mejora, al nacimiento, la habilidad de las crías para la búsqueda y reconocimiento de sus progenitoras (Luna-Orozco *et al.*, 2015), esta habilidad asegura la ingesta de calostro. El grupo GS tuvo un mayor porcentaje de lactosa respecto al GC ( $7.57 \pm 0.25$  y  $6.33 \pm 0.17$ ;  $P < 0.05$ , respectivamente), en concordancia con nuestros resultados, Banchemo y colaboradores (2004) señalaron que, en ovejas, una suplementación energética (88% MS, 9.6% CP y 3.2 Mcal ME por kg MS: maíz quebrado 700g animal por día) durante la última semana de preñez, afectó positivamente la síntesis de lactosa en el calostro.

El peso de las cabras y su condición corporal son indicadores útiles del estatus nutricional de los animales, y de la fertilidad de éstas después del parto, es importante señalar que una condición corporal inferior a 2 durante la gestación disminuye el potencial reproductivo de las cabras (Mellado, 2008), nuestros resultados indican que el peso corporal y condición corporal de ambos grupos antes de iniciar la suplementación y el obtenido después del parto, no presentaron diferencias  $P > 0.05$ , sin embargo, la condición corporal postparto fue mayor en GS respecto al GC ( $2.7 \pm 0.05$  y  $1.6 \pm 0.03$ ;  $P < 0.05$ , respectivamente).



---

### CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, la suplementación nutricional preparto mejoró la condición corporal postparto y el porcentaje de lactosa del calostro en cabras manejadas en condiciones de pastizales semiáridos-subtropicales en el norte de México (26 ° NL), para estudios posteriores se considera necesario evaluar las relación de estos resultados para la supervivencia de las crías.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por el fondo sectorial (Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícolas, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER): 2017-4-291691 titulado "Aumento de la productividad, competitividad y sustentabilidad de la cadena de carne y leche de cabras en condiciones extensivas del norte de México".

### BIBLIOGRAFIA

- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Tyler, J. W., Holloway, N. M., (2004). Effect of colostrum administration practices on serum IgG in goat kids. *Livestock Production Science*, 90(2-3), 235-239.
- Banchero, G. E., Quintans, G., Martin, G. B., Lindsay, D. R., Milton, J. T. B., (2004). Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(6), 633-643.
- Castro, N., Capote, J., Bruckmaier, R. M., Argüello, A., (2011). Management effects on colostrogenesis in small ruminants: a review. *Journal of Applied Animal Research*, 39(2), 85-93.
- Eknæs, M., Kolstad, K., Volden, H., Hove, K., (2006). Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 63(1-2), 1-11.
- Hoffman, M. L., Reed, S. A., Pillai, S. M., Jones, A. K., McFadden, K. K., Zinn, S. A., Govoni, K. E., (2017). Physiology and Endocrinology Symposium: The effects of poor maternal nutrition during gestation on offspring postnatal growth and metabolism. *Journal of animal science*, 95(5), 2222-2232.
- Luna-Orozco, J. R., Meza-Herrera, C. A., Contreras-Villarreal, V., Hernández-Macías, N., Angel-García, O., Carrillo, E., Mellado, M., Veliz-Deras, F. G., (2015). Effects of supplementation during late gestation on goat performance and behavior under rangeland conditions. *Journal of animal science*, 93(8), 4153-4160.
- Mellado, M., Foote, R. H., Rodríguez, A., Zarate, P., (1991). Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Ruminant Research*, 6, 141-150.
- Mellado, M., Pastor, F. J., (2006). Aborto no infeccioso en caprinos. *Ciência Animal Brasileira*, 7(2), 167-175.
- Mellado, M., (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9, 47-63.
- Posada, S., Noguera, R., Bedoya, O., (2012). Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development*, 24(10).

---

## **DETERMINACIÓN DE INHIBIDORES BACTERIANOS EN LECHE Y QUESO ELABORADOS EN EL MUNICIPIO DE DURANGO**

**Esteban Méndez Maricela<sup>1\*</sup>, Calzada Contreras Petra L<sup>1.</sup>, Camacho Luis Abelardo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II Durango Dgo. México.

\*Becario COFAA. <sup>2</sup>Facultad de Medicina y Nutrición. Universidad Juárez del estado de Durango. mestebanmendez@hotmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

Los inhibidores presentes en la leche se definen como toda sustancia química o biológica administrada o consumida por el animal, que se elimina o permanece como metabolito en la leche, con efectos nocivos para el consumidor (Máttar et al., 2009; Fernández, 2012). Los residuos de inhibidores se encuentran en los alimentos en muy baja concentración, por lo que la ingestión regular de pequeñas cantidades se puede acumular y presentar manifestaciones tóxicas a largo plazo. Los antibióticos son los inhibidores artificiales más comunes presentes en la leche de vaca, con un impacto negativo sobre la salud humana, procesamiento y calidad de la leche. (Llanos, 2002; Fejzić et al., 2014). Los efectos directos de los antibióticos en la leche se manifiestan como toxicidad renal, hepática y sanguínea, problemas medulares, efectos teratogénicos, carcinogénicos y alergias. Los efectos indirectos están asociados a resistencia bacteriana y a reacciones alérgicas retardadas. Además, los antibióticos presentes en la leche pueden inducir la alteración de la flora intestinal, desarrollo de microorganismos patógenos y reducción de la síntesis de vitaminas (Parra et al., 2003; Máttar et al., 2009). Otros efectos se presentan en la elaboración de productos derivados de la leche como el queso y el yogurt, se reduce la producción de acidez y aroma, durante la fabricación de la mantequilla se retrasan procesos como la acidificación, el cuajado y la maduración del queso y se puede inhibir completamente la fermentación en algunos casos o disminuir la retención de agua, lo que produce una textura blanda y sabor amargo en el producto (Crosby, 1997; Fernández, 2012).

La normatividad mexicana establece que la leche que se comercialice para su consumo humano o que se emplee como materia prima para la elaboración de productos lácteos debe ser negativa para la presencia de inhibidores bacterianos, por lo que en este trabajo se evaluó la presencia de inhibidores bacterianos en muestras de leche y queso que se producen en el municipio de Durango, esto debido a la importancia que tiene para los consumidores y para el sector productor de lácteos.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se obtuvieron 8 muestras de queso fabricado de forma artesanal y 1 industrial, expuestos para su venta, se colocaron en bolsas ziploc, que se identificaron de la siguiente manera N1, N2, D2, D3, D4, D5I, D6, L1, LA, las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta su procesamiento. De cada una de las muestras se tomó 1g de queso, se mezcló con 9 mL de SS (solución salina) estéril. Se homogenizó la muestra y se dejó reposar durante 10 min. Se conservaron en tubos de polipropileno a 4°C en la oscuridad para su uso posterior.

También se procesaron 5 muestras de leche que se comercializa en el municipio de Durango. La determinación de inhibidores de antibióticos betalactámicos se realizó por pruebas microbiológicas utilizando la cepa de *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 10149. Las sustancias inhibidoras del crecimiento bacteriano presentes en la leche, se ponen de manifiesto por halos de inhibición medibles, que se forman cuando se impregnan discos de papel filtro con la muestra y se depositan sobre la superficie de una placa de agar inoculado con esporas de *G. stearothermophilus*. La prueba se basa en la inhibición del crecimiento del bacilo que esta inoculado en un agar, con un indicador de pH. El cambio de color de púrpura a amarillo se considera una muestra negativa, debido al crecimiento del microorganismo y cuando el medio no cambio de color se debe a que hay sustancias inhibitorias para el crecimiento del microorganismo (SSA., 2010).

### RESULTADOS Y DISCUSION

El límite máximo de residuos (LMR) se define como la concentración máxima de residuo de una sustancia farmacológicamente activa que puede permitirse en los alimentos de origen animal. Este límite se establece para carne, leche, huevos y es específica para cada especie animal (Botsoglou y Fletouris, 2001; Fernández, 2012). La norma oficial mexicana de la secretaria de salud 243 establece que la leche deben estar libre de inhibidores es decir no presentar residuos de antibióticos (SSA 2010), en este trabajo se realizó la prueba presuntiva en la que se determinó que las muestras presentaban residuos de antibióticos (Tabla 1), al realizar la pruebas confirmatorias no se detectó la presencia de residuos por lo que las muestras de leche analizadas son negativas para residuos de antibióticos (Figura 1). En el caso específico de la leche, los resultados obtenidos por Zorraquino et al. 2017 muestran que la pasteurización (60°C/ 30 min) produce una leve inactivación sobre los betalactámicos (6-20%), es por lo que obtuvimos resultados negativos ya que la muestras son pasteurizadas, además de que el método no es sensible para detectar cantidades pequeñas de residuos de antibióticos.

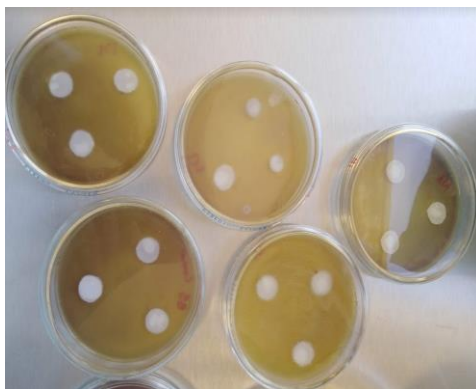


Figura 1. Prueba presuntiva para muestras de queso, no se observa los halos de inhibición, se considera negativa la prueba.

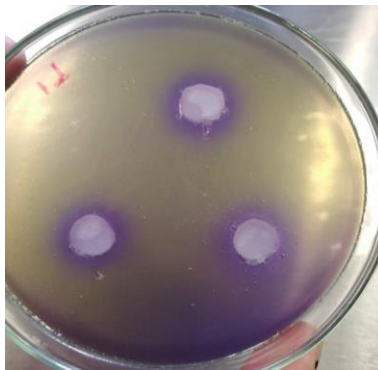


Figura 2. Prueba confirmatoria de la muestra de queso L<sub>1</sub>; se observa los halos de inhibición, se considera la muestra positiva.

Con respecto a las muestras de queso, dos mostraron la presencia de residuos de antibióticos; la norma oficial mexicana establece que diámetros de inhibición menores a 14 mm son considerados positivos a residuos betalactámicos y otros inhibidores. La muestra L<sub>1</sub> presenta sustancias inhibidoras diferentes a betalactámicos ya que se obtuvieron halos mayores a 14 mm. En la figura 2 claramente se observaron los halos de inhibición de la muestra de queso L<sub>1</sub>, lo que confirma un resultado positivo a los residuos de antibióticos. Para la muestra de queso LA se obtuvo un valor de 11 mm de diámetro por lo que es importante realizar un análisis cuantitativo para determinar las cantidades exactas de estos residuos de antibióticos.

Tabla1. Determinación de Inhibidores de antibiótico en muestras de leche y queso

Muestra	Clave	Prueba presuntiva halo de inhibición (mm)	Prueba confirmatoria halo de inhibición (mm)
Leche	LA	15 ± 0	0
	LQ	14.33 ± 0.57	0
	LG	15.66 ± 0.57	0
	LSM	16 ± 0	0
	LSC	15.33 ± 0.57	0
	Queso	N <sub>1</sub>	0
N <sub>2</sub>		0	
D <sub>2</sub>		0	
D <sub>3</sub>		0	
D <sub>4</sub>		0	
D <sub>51</sub>		0	
D <sub>6</sub>		0	
L <sub>1</sub>		15.66 ± 0.57	18 ± 0
LA		13.33 ± 0.57	11.33 ± 0.57
control positivo		17.33± 0.57	18 ± 0

---

Controles	control negativo	0	0
-----------	------------------	---	---

---

### CONCLUSIONES

En este trabajo, se determinó que en las muestras de leche no se detectaron la presencia de antibióticos, aunque esta prueba es cualitativa, se sugiere realizar pruebas cuantitativas que permitan confirmar estos resultados, para las muestras de queso también, es importante realizar pruebas cuantitativas para conocer las cantidades de residuos de antibióticos. Los resultados muestran cumplimiento de la norma en la muestras de leche, pero no en la muestra de queso por lo que se realizarán un análisis cuantitativo para determinar la naturaleza de los antibioticos y la cantidad de este en la muestra.

### BIBLIOGRAFÍA

- Botsoglou N.A., Fletouris D.J. 2001. Drug residues in foods. Pharmacology, food safety, and analysis. New York: Marcel Dekker, Inc. 1211 p.
- Crosby N.T. 1997. Determination of veterinary residues in food. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 234 p.
- Fejzić N., Begagić M., Šerić-Haračić S., Smajlović M. 2014. Beta lactam antibiotics residues in cow's milk: comparison of efficacy of three screening test used in Bosnia and Herzegovina. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences* 14(3): 155-159.
- Fernández D. 2012. Evaluación de los métodos de unión a receptores proteicos para la detección de antibióticos en la leche cruda de cabra. Tesis de Master. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 60 p.
- Llanos G.A. 2002. Determinación de residuos de antibióticos en la leche fresca que consume la población de Cajamarca. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria* 2(2): 35-43.
- Máttar S., Calderón A., Sotelo D., Sierra M., Tordecilla G. 2009. Detección de antibióticos en leches: un problema de salud pública. *Rev. Salud pública* 11(4): 579-590.
- Parra M.H, Peláez L., Londoño J.E., Pérez N., Rengifo G. 2003. Los residuos de medicamentos en la leche. Problemática y estrategias para su control. Neiva: CORPOICA. 80 p.
- SSA 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y Servicios. Leche, Formula Láctea, Producto Lácteo Combinado y Derivados Lácteos. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias. Métodos de prueba.
- Zorraquino M.A., Roca M., Fernández N., Molina M.P., Althaus R. 2008. Heat inactivation of beta-lactam antibiotics in milk. *Journal of Food Protection.*;71 (6):1193-8.

---

## ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AISLADAS DE QUESO

Esteban Méndez Maricela<sup>1\*</sup>, González Valdez Laura S<sup>1\*</sup>., Camacho Luis Abelardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II Durango Dgo. México.

\*Becario COFAA. <sup>2</sup>Facultad de Medicina y Nutrición. Universidad Juárez del estado de Durango. mestebanmendez@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El uso de microorganismos y sus productos naturales ha sido una práctica común para la biopreservación de alimentos (Galvez, 2007). La Biopreservación se refiere a la extensión de la vida de anaquel y mejora la seguridad de alimentos usando microorganismos y sus metabolitos (Settani and Corsetti, 2008). Uno de los principales productores de metabolitos con actividad antimicrobiana son las bacterias ácido lácticas (BAL) las cuales se encuentran de manera natural en la leche cruda o en cultivos lácticos utilizados en la elaboración de alimentos fermentados.

La pasteurización de la leche antes del consumo humano tiene como objetivo reducir el riesgo de infecciones de origen alimentario, sin embargo algunos alimentos lácteos como el queso aún son preparados con leche cruda el cual presenta una carga microbiana de 10<sup>8</sup> UFC/mL de BAL o en su defecto microorganismos patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.* *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* que están principalmente involucrados en enfermedades infecciosas de transmisión alimentaria.

Las BAL producen ácido láctico, peróxido de hidrogeno y bacteriocinas, estas sustancias presentan actividad bactericida por lo que actúan en la biopreservación, es una estrategia que permite disminuir la contaminación de patógenos los cuales son un problema serio de salud (Favaro et al., 2015; Ganzorig et al., 2016). Por lo que el objetivo de este trabajo fue asilar e identificar bacterias a partir de muestras de queso y determinar su actividad antimicrobiana sobre microorganismos patógenos de alimentos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron dos marcas de queso menonita producido de manera artesanal en el municipio de Durango. Para el aislamiento de BAL a partir de las muestra, se realizaron diluciones decimales seriadas en solución reguladora de fosfatos pH 7.0, se sembró 1mL de cada dilución en agar MRS a pH 6.0 para la determinación de lactobacilos, se incubaron a 30 ° C durante 24 a 48 h en atmosfera de CO<sub>2</sub> y para la determinación de lactococos se sembró 1mL de cada dilución en agar M17 pH 6.9, se incubó a 35° C durante 24-48 horas. Las bacterias aisladas fueron purificadas con varios subcultivos en el mismo agar de donde se aislaron. La identificación a nivel de género se realizó mediante morfología colonial (color, tamaño y forma de la colonia), tinción de Gram para observar la morfología de la célula, su modo de agrupación y la coloración adquirida, también se realizó; la prueba de catalasa, crecimiento a temperaturas de 10, 15 °C, producción de CO<sub>2</sub>, crecimiento a 2,4, 6.5 % de NaCl, (Bissonnette et al., 2000; González et al., 2007 y Azadnia et al., 2011).

La actividad antibacteriana se realizó por el método de difusión en pozo. Se utilizaron placas de Petri conteniendo  $10^6$  UFC/mL de las cepas de *E. coli*, *S. aureus*, *S. typhimurium* y *L. monocytogenes* en agar soya tripticaseína. Se hicieron pozos de 5 mm de diámetro, en cada pozo se colocaron 50 µL del sobrenadante del cultivo de la cepa BAL en caldo MRS. Se incubaron las cajas a 35° C durante 24 h, se midieron los halos de inhibición alrededor de los pozos y se reportaron en cm, esta prueba se realizó por triplicado.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación de las BAL aisladas en las muestras de queso tipo Chihuahua o menonita se realizó mediante características fenotípicas; son bacterias Gram positivas, de forma cocoide o bacilar, anaerobias facultativas, son catalasa negativa. Los bacilos pueden producir CO<sub>2</sub> a partir de glucosa y los cocos del género *Leuconostoc* producen CO<sub>2</sub> a partir de glucosa, el género *Enterococcus* crecen a 45 ° C e hidrolizan la arginina, los *Lactococcus* crecen a 10°C pero no a 45 ° C (Lahis et al., 2015).

Los principales géneros de BAL son *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pedicoccus* y *Leuconostoc* (Hall et al., 2001; Silva et al., 2010). En la actualidad existen más de 15 géneros (Jay, 2005; Landgraf, 2008; Silva et al., 2010).

En este trabajo se identificaron un total de 43 colonias en las dos muestras (Figura No.1) de los cuales 19 son del género *Lactobacillus*, homefermentativos o heterofermentativos, 14 son *Lactococcus*, 3 pertenecen al género *Leuconostoc*, 2 son *Enterococcus*, 3 *Streptococcus* y 3 levaduras. En estudios realizados en queso Chihuahua se encontraron estos mismos géneros (Renyé et al., 2011) en nuestro trabajo se reportan las cantidades de cada género, encontrando que el género más abundante son los lactobacilos, estos microorganismos tiene como función principal proporcionar las características organolépticas como el olor y sabor al queso (Swearingen et al., 2001).

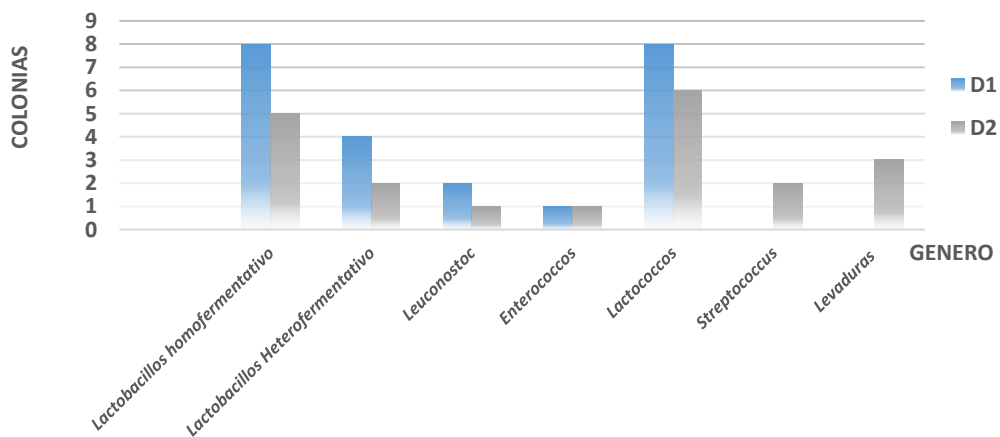


Figura 1. Bacterias ácido lácticas Identificadas en muestras de queso chihuahua

Con relación a la actividad antimicrobiana se probaron las 43 cepas identificadas dentro del grupo de BAL. Las cepas patógenas utilizadas fueron *Salmonella sp*, *S. aureus*, *E. coli*, y *L. monocitogenes*, estos microorganismos han sido detectados en muestras de queso como contaminantes (Guzmán et al., 2016). En la tabla No. 1 se presentan 11 cepas (25%) pertenecen al género *Lactobacillus* que mostraron actividad antibacteriana, mostrando halos de inhibición contra alguna o todas las cepas patógenas; se pueden considerar que presentan actividad antimicrobiana ya que inhibieron el crecimiento de la bacteria patógena (Figura 2). La cepa que mayor actividad presentó fue *Lactobacillus* homofermentativo con clave D24320 sobre todas las cepas patógenas probadas, la mayor inhibición fue sobre *L. monocytogenes* con un halo de  $2.16 \pm 0.11$  cm y la menor inhibición es para *S. aureus* con un halo de 1.1 cm, esta actividad puede ser debida en parte a los productos de bajo peso molecular como el peróxido de hidrogeno, dióxido de carbono, diacetilo y compuestos de masa molecular alta como ácidos orgánicos, bacteriocinas que actúan reduciendo el pH; esta acidificación inhibe el crecimiento de bacterias Gram positivas y Gram negativas (Favaro et al., 2015; Ganzorig et al., 2016).



Figura 2. Actividad antimicrobiana de BAL sobre *S. typhimurium*

Tabla 1. Bacterias ácido lácticas con actividad antimicrobiana

Clave de la Cepa	Identificación	<i>S. typhimurium</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
		Diámetro de inhibición en cm			
D17623	<i>Lactobacillus</i> Heterofermentativo	$1.06 \pm 0.05$	$1 \pm 0.1$	$1.56 \pm 0.15$	$1.16 \pm 0.057$
D131134	<i>Lactobacillus</i> Homofermentativo	$0.86 \pm 0.05$	$1.26 \pm 0.05$	$1.1 \pm 0$	$1.1 \pm 0$
D1293	<i>Lactobacillus</i> Heterofermentativo	$1.23 \pm 0.057$	$1.46 \pm 0.11$	$0.96 \pm 0.05$	$1.63 \pm 0.15$



D251529	<i>Streptococcus spp</i>	1.46 ± 0.20	1.3 ± 0.1	1 ± 0	1.5 ± 0.17
D161235	<i>Lactobacillus Homofermentativo</i>	1.33 ± 0.20	1.1 ± 0.17	1.06 ± 0.05	1.2 ± 0.2
D282017	<i>Lactobacillus Homofermentativo</i>	1.23 ± 0.05	1.23 ± 0.05	1 ± 0.1	1.3 ± 0.15
D24320	<i>Lactobacillus Homofermentativo</i>	1.73 ± 0.28	1.76 ± 0.28	1.1 ± 0	2.16 ± 0.11
D11556	<i>Lactobacillus Heterofermentativo</i>	1.0 ± 0	1.03 ± 0.05	1.0 ± 0	1.06 ± 0.11
D15416	<i>Lactobacillus Homofermentativo</i>	0.93 ± 0.15	1.0 ± 0	1.03 ± 0.57	1.03 ± 0.11
D1131134	<i>Lactobacillus Homofermentativo</i>	1.23 ± 0.11	1.4 ± 0.1	09 ± 0.1	1.36 ± 0.15

### CONCLUSIONES

En este estudio se determinó que el género *Lactobacillus* es el que predomina en las muestras analizadas y presenta actividad antibacteriana contra patógenos que están relacionados en enfermedades de transmisión alimentaria. Esta actividad puede ser una alternativa para disminuir la contaminación de los alimentos de manera natural, por lo que se evitaría el uso de conservadores químicos, por otra parte se aumenta la vida de anaquel de los alimentos en este caso del queso.

### BIBLIOGRAFÍA

- Azadnia, P., Zamani, M.H., Shah Ahmad Ghasemi, Khalegh Babaki, A., Karimi Jashni, M., and Taarof, N. (2011). Isolation and Identification of Thermophilic Lactobacilli from Traditional Yoghurts of Tribes of Kazerun. *J. Anim. Vet. Adv.*, 10, 774-776.
- Bissonnette, F., Labrie, S., Deveau, H., Lamoureux, M., and Moineau, S. (2000). Characterization of mesophilic mixed starter cultures used for the manufacture of aged Cheddar cheese. *J. Dairy. Sci.*, 83, 620-627.
- Favaroa, L., Lúcia, A., Penna, B., and Todorov, S.D. (2015). Bacteriocinogenic LAB from cheeses-Application in biopreservation? *Trends. Food Sci. Tech.*, 41, 37-48.
- Favaroa, L., Lúcia, A., Penna, B., and Todorov, S.D. (2015). Bacteriocinogenic LAB from cheeses Application in biopreservation? *Trends. Food Sci. Tech.*, 41, 37-48.
- Galvez, A., Abriouel, H., Lucas López, R. and Ben Omar, N. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology* 120: 51-70.
- Ganzorig, O., Sumisa, F., Batdorj, B., and Yoshida, T. (2016). Isolation and Identification of new Lactic Acid Bacteria with Potent Biological Activity and Yeasts in Airag, a Traditional Mongolian Fermented Beverage. *Food Sci. Technol. Res.*, 22, 575-582.
- Ganzorig, O., Sumisa, F., Batdorj, B., and Yoshida, T. (2016). Isolation and Identification of new Lactic Acid Bacteria with Potent Biological Activity and Yeasts in Airag, a Traditional Mongolian Fermented Beverage. *Food Sci. Technol. Res.*, 22, 575-582.
- González, L., Sandoval, H., Sacristán, N., Castro, J.M., Fresno, J.M., Tornadijo, and M.E. (2007). Identification of lactic acid bacteria isolated from Genestoso cheese throughout ripening and study of their antimicrobial activity. *Food Control.*, 18, 716-722.
- Guzmán H. R., Contreras R. A, Hernández V. R., Pérez M. I, López M. A., Zaidi M.B., Estrada G. 2016. Mexican unpasteurized fresh cheeses are contaminated with *Salmonella* spp., non-

- O157 Shiga toxin producing *Escherichia coli* and potential uropathogenic *E. coli* strains: A public health risk. *Int. J. Food Microbiol.* 237: 10-16.
- Hall PA, Ledenbach L, Flowers RS (2001) Acid-producing Microorganisms. In: Downes FP, Ito K (eds). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. American Public Health Association, Washington, pp 201- 207.
- Jay JM (2005) *Microbiologia de Alimentos*. Artmed, Porto Alegre. Kilcher S, Loessner MJ, Klumpp J (2010) *Brochothrix thermosphacta* bacteriophages features heterogeneous and highly mosaic genomes and utilize unique prophage insertion sites. *J Bacteriol* 192:5441-5453.
- Lahis K. D., Womer R., Mattana A., Pereira S.C.M., Colla L.M., Colla E. (2015). Characterization of the spoilage lactic acid bacteria in “sliced vacuum-packed cooked ham” *Brazilian Journal of Microbiology* 46, 1, 173-181.
- Landgraf M (2008) Alterações químicas causadas por microrganismos. In: Franco BDGM, Landgraf M (eds). *Microbiologia dos Alimentos*. Atheneu, São Paulo, pp 83-92.
- Renye J. A., Somkuti G. A., Van Hekken D. L., y Guerrero Prieto V. M. (2011). Short communication: Characterization of microflora in Mexican Chihuahua cheese. *J. Dairy Sci.* 94 :3311–3315
- Settanni, L. and Corsetti, A. 2008. Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology* 121: 123–138.
- Silva N., Junqueira V.C.A., Silveira N.F.A, Taniwaki M.H, Santos R.F.S, Gomes R.A.R., Okazaki M.M (2010). *Manual de Métodos de Análises Microbiológica de Alimentos e Água*. Varela, São Paulo.
- Swearingen, P. A., D. J. O’Sullivan, and J. J. Warthesen. 2001. Isolation, characterization and influence of native, non-starter lactic acid bacteria on Cheddar cheese quality. *J. Dairy Sci.* 84:50–59.

---

## DETECCIÓN DE AEC, *Brucella abortus* Y *Clamydophila abortus* EN HATOS CAPRINOS DE MENDÉZ TAMAULIPAS

Ana Belén Hernández Hernández<sup>1</sup> María Genoveva Álvarez Ojeda<sup>2</sup>, Isidro Humberto Almeyda de León<sup>3</sup>, Hipólito Castillo Tovar<sup>2</sup>, Eleazar López Pecina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental General Terán

Autor para correspondencia: (alvarez.genoveva@inifap.gob.mx).

### INTRODUCCION

El municipio de Méndez es uno de los principales productores de ganado caprino en el Estado de Tamaulipas, tiene una ventaja en el comercio de carne por la ubicación cercana a su Estado vecino Nuevo León. La producción caprina juega un papel importante en la economía local y nacional, sin embargo esto se ve afectado por la presencia de enfermedades que afectan al ganado caprino y que además pueden afectar la salud humana como la brucelosis y clamidiosis (Spickler *et al.*, 2011). La artritis encefalitis caprina (AEC) es una enfermedad que se caracteriza por una inflamación multisistémica ocasionada por un *Lentivirus* que perjudica al ganado caprino, infectando de forma crónica la línea celular de monocitos- macrófago. El contagio ocurre principalmente durante los primeros meses de vida a través de la ingestión de virus en la leche o el calostro de cabras (Callado *et al.*, 2001).

El diagnóstico de estas enfermedades puede efectuarse mediante técnicas clásicas como histopatología a partir de aislamientos de muestras vaginales, tejidos, muestras de sangre, suero, leche o heces. En la actualidad los más utilizados y recomendados para la detección de anticuerpos son las pruebas inmunoenzimáticas (ELISA, por sus siglas en ingles) y para la detección de fragmentos genómicos se emplean técnicas moleculares como es la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en ingles).

El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y seroprevalencia de AEC y *Brucella*, y de *Clamydophila abortus* en hatos caprinos mediante las técnicas moleculares e inmunizimáticas.

### MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio descriptivo del tipo transversal, se eligieron 18 Unidades de Producción (UP), se muestrearon 85 machos y tres hembras, dando un total de 88 muestras de sangre y suero caprino, con un promedio entre 6 meses a 3 años de edad de las razas Alpina, Catadin, Boer, Sannen, Dorpe y Nubia, provenientes del municipio de Méndez Tamaulipas. Después de ser recolectadas, las muestras fueron colocadas en una hielera para su transporte y conservación, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Biotecnología del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo.

Para las muestras de sangre se eliminó la hemoglobina mediante sucesivos lavados con amortiguador TE (pH 8.0) y centrifugación a 5000 rpm por 5 min. Después se realizó la extracción de ADN a partir de los leucocitos por el método CTAB con enzimas y detergentes descrito por Doyle y Doyle (1987). Para confirmar la extracción del ADN, se realizó una electroforesis en gel de agarosa al 0.8% (p/v) adicionado con colorante Gel-red y amortiguador TAE 1X, se sometió a 100 V por 5 min y después fue visualizado en un trasluminador (BioRad). Posteriormente el ADN, se utilizó como templado para la amplificación de una región conservada del gen *gag* de AEC con la técnica de PCR nested con las condiciones previamente reportadas por Lima-Feitosa *et al.* (2010). El juego de iniciadores para la primera reacción fueron: (sentido) GEX5 y GEX3, para la segunda reacción (antisentido) fueron GIN5 y GIN3. Al finalizar la reacción de PCR anidada se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 1.5 % teñidos con Gel-red en amortiguador TAE 1X con un tiempo aproximado de 1 h con 30 min. A 100 V y finalmente el fragmento amplificado fue observado en un transiluminador (Bio-Rad).

El mismo ADN se utilizó para la amplificación de una región interna de la secuencia del gen *BCSP31* del género *Brucella spp.* Las condiciones de la PCR empleadas con algunas modificaciones, fueron descritas previamente por Baily *et al.* (1995). Para observar el fragmento amplificado de 223 pb, se realizó el mismo procedimiento y condiciones que las usadas para AEC.

Para determinar la presencia de anticuerpos contra *Cp. abortus*. El diagnóstico se realizó con el estuche comercial ELISA ID Screen® *Chamidophila abortus* Indirect Multi-species kit (de la compañía ID. vet Innovative Diagnostics, Francia), el cual utiliza un antígeno recombinante y permite detectar la proteína principal en la membrana externa (MOMP por sus siglas en inglés) de *Cp. abortus*. La metodología se siguió de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Las muestras se analizaron a una dilución de 1/100 y se leyó en un espectrofotómetro de lectura de placas (EIA multi-well reader, SIGMA Diagnostic), a una densidad óptica (DO) de 450 nm. La interpretación de los resultados se realizó de acuerdo al promedio de los controles positivos (PC) debiendo mostrar una densidad óptica (DO) mayor de 0.35 y la diferencia de los promedios de la DO de los controles positivos y negativos debió ser > 3. Para cada muestra se calculó el porcentaje S/P por medio de la siguiente fórmula:  $S/P = DO_{\text{muestra}} / DO_{\text{pc}} \times 100$ . Mientras que con un valor  $S/P \geq$  al 60 % se consideran positivos a *Cp. abortus*, muestras con un valor  $S/P \leq$  50 % se consideran negativos, y las que quedan en un rango de 50-60 % son sospechosas, en este último caso se repite la prueba o se vuelve a tomar muestra del caprino.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La detección del virus AEC en muestras de sangre periférica por medio de la técnica molecular PCR anidada demostró ser una técnica altamente sensible y específica. En este trabajo se utilizaron iniciadores diseñados sobre la base de la secuencia reportada en el banco de genes (GenBank) por Saltarelli *et al.*, 1996 que es considerado el prototipo de lentivirus caprino, amplificando un fragmento de 187 pb de la región *gag* el cual se sabe es una de la regiones más conservadas del genoma. Estas secuencias fueron capaces de detectar al virus en las muestras colectadas en el municipio de Méndez, Tamaulipas en un 10.22 % (9/88) las cuales hablan de la homología que existe entre las distintas secuencias

reportadas en el GenBank) regiones más conservada del genoma. Los resultados indicaron que el virus se distribuye en los hatos y existe la probabilidad de que otros animales se encuentren positivos, en razón de la cantidad de muestras analizadas. En la figura 1, se observa algunas muestras donde se logró amplificar el fragmento de 187 pb de las muestras analizadas en Méndez, Tam.

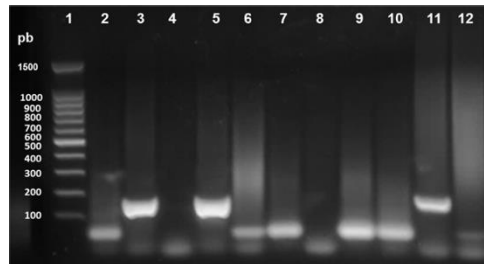


Figura 1. Gel de agarosa al 1.5 % de los productos amplificados por PCR-nested. Carril 1: Marcador de peso molecular; carril 2, 4, 6, 7, 8, 9 y 10: muestras negativas; carril 3 y 5: muestras positivas a AEC; carril 11 control positivo; carril 12: control negativo.

La seroprevalencia estimada para *Chlamidophila abortus* fue de 7.9 % (7/88), estos datos están por debajo de lo reportado por Mora Díaz, *et al.*, en el 2015, ellos aislaron la bacteria *Cp abortus* en cabras lecheras de rebaños con problemas de abortos en el estado de Guanajuato, México, y desarrollaron pruebas diagnósticas adecuadas para su detección. Tomaron muestras de suero e hisopos vaginales de seis rebaños caprinos. La prueba ELISA mostró 9.6 % de animales seropositivos a *Cp. abortus*. El PCR a partir de moco vaginal dio como resultado 30 animales positivos de 126 (23.8), además se aisló *Chlamydomphila spp.*, en 34 de 126 animales muestreados (26.98 %). *Chlamydomphilia* se considera una enfermedad exótica en México, aún no existen pruebas validadas y aprobadas que puedan usar los laboratorios para el diagnóstico rutinario, hecho que hace la identificación oportuna más complicada. Es importante contar con pruebas estandarizadas que se apliquen de forma rápida y oportuna cuando se sospeche de la presencia de esta enfermedad, con el fin de reducir los riesgos de propagación entre los animales y el contagio al personal expuesto.

En el diagnóstico de brucelosis por PCR no se encontraron resultados positivos a la prevalencia brucelosis, lo cual indicó que los hatos se encuentran libres de *Brucella*, esto pudo deberse al tamaño de muestreo o que se ha logrado el objetivo de la campaña nacional para el control y erradicación de la brucelosis. Cuya Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, y tiene por objeto establecer los procedimientos, actividades, criterios, estrategias y técnicas para el control erradicación de la brucelosis en especies susceptibles (Cantú *et al.*, 2016).

La incidencia de la brucelosis en la población humana de México es oscilatoria, con una variación temporal y dependiente de la entidad. Los estados de Nuevo León, Queretaro, Coahuila, Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, San Luis Potosí y Chihuahua ocupan el primer lugar, con una incidencia de 1.2 a 25 casos por cada 100,000 habitantes. En México la seroprevalencia se ubica en valores que van de 0.7 a 40 % (Sistema Único de Información Epidemiológica, 2011).

De acuerdo con los resultados encontrados, no se observaron diferencias entre raza, sexo o edad, todos los animales pueden estar expuestos al contagio. En los hatos con animales infectados con uno o más positivos que se detectaron, se recomendaron medidas de manejo sanitario para el control y prevención de las enfermedades.

### CONCLUSIONES

En este estudio se determinó la prevalencia de AEC en un 10.22 % en 88 UP del municipio de Méndez, Tamaulipas. Sin embargo, es importante realizar el estudio en todos los animales del con el fin de establecer medidas que ayuden a los productores a erradicar, la presencia del virus AEC.

La seroprevalencia de *Chlamydophila abortus* fue de un 7.9 % en 88 unidades de producción del municipio de Méndez, Tam.

No se encontraron positivos a la bacteria *Brucella* en el estudio, sin embargo se recomienda seguir realizando este tipo de estudios con el fin de establecer medidas de control y erradicación de esta enfermedad en el país.

La PCR puede ser una prueba complementaria en el diagnóstico de brucelosis al detectar el patógeno en sangre.

### BIBLIOGRAFÍA

- Baily G, Krahn J, Drasar B, Stoker No. (1995). Detection of *Brucella melitensis* and *Brucella abortus* by DNA amplification. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 95: 271-275.
- Callado, A. K. C., de Castro, R. S., & da Silva, M. F. (2001). Lentivirus de pequeños ruminantes (C entivirus de pequenos ruminantes (C entivirus de pequenos ruminantes (CAEV e Maedi-visna): AEV e Maedi-visna): revisão e perspectivas1. *Pesq. Vet. Bras*, 21(3), 87-97.
- Cantú Covarrubias Antonio, Alvarez Ojeda Genoveva y Zapata Campos C. Carmela. 2016. Cap. 3. Sección: Sanidad. Situación Epidemiológica de las Enfermedades en cabras. UAT. 55-75.
- Doyle, J. J. & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical bulletin*, 19: 11-15.
- Lima-Feitosa, A. L. V., da Silvia-Teixeira, M. F., Rizado-Pinheiro, R., Silva da Cunha, R. M., Santos-Lima, J. P. M., Andrioli, A., Medeiros, D. T. V., Pessoa de Melo, V. S. & Nunes Pinheiro, D. C. S. (2010). Phylogenetic analysis of small ruminant lentiviruses from Northern Brazil. *Small Ruminant Research*, 94, 205-209.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-ZOO-045) Campaña contra la brucelosis de los animales.
- Saltarelli M., Quetat G., Konings DAM., Vigne R., Clements J.E. 1996. Nucleotide sequence and Transcriptional analysis of molecular clones of CAEV which generate infectious virus. *J. Virology*. 179: 347-364.
- Spickler, A. R., Roth, J. A., Galyon, J., Lofstedt, J., & Lenardón, M. V. 2011. Enfermedades emergentes y exóticas de los animales. CFSPH Iowa State University.
- Sistema Único de información Epidemiológica DGE/SS, 2011.

---

## **IMPACTO DEL USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA PRODUCCION DE LECHE EN LA REGION LAGUNERA.**

Ruiz-Ortega, Francisco Javier<sup>1\*</sup>; Palomares-Adame, Alma Verónica<sup>2</sup>; Rodríguez-Martínez Dora Ofelia<sup>1</sup>; Hernández-Antúnez, Aleida<sup>1</sup>; Martínez-Guereca, José Luis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Torreón. Carr. Torreón San Pedro Km 7.5 Ejido Anna, Torreón Coah. <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de El Salto. Calle Tecnológico 101 Col. La Forestal, El Salto, P.N., Dgo. <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de La Laguna. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Torreón, Coahuila México. \*Autor para correspondencia: ruiz6812@hotmail.com Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México CP 27170; Tel 8711042066.

### **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, la producción y consumo de energías renovables a nivel internacional ha adquirido un mayor auge como resultado del encarecimiento de los combustibles fósiles y sus derivados, los altos índices de emisiones contaminantes, así como la necesidad de impulsar el compromiso con el desarrollo sostenible (Iglesias-Ferrer y Morales-Salas, 2013). Es fundamental que el progreso general de la humanidad sea armónico con un desarrollo positivo y sostenible, entendiéndose como aquel que satisface las necesidades del presente, sin crear problemas y sin comprometer las demandas de las futuras generaciones (Lamela, 2005). Por otra parte, las necesidades de proteína animal han provocado que el ser humano consuma carne y leche en sus diferentes presentaciones. Por ello el sector de producción láctea se ha globalizado, con intercambios tecnológicos e insumos incluidos los alimentarios (FAO, 2010; Huerta et al, 1989; Wattiaux et al, 2012) y el uso de energéticos para la realización de las actividades productivas.

En años recientes el impacto ambiental ocasionado por la producción ganadera ha alcanzado una especial significancia, sobre todo en la generación de gases con efecto invernadero provenientes de las vacas, como son el metano y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hace poco una nota científica de la FAO, mencionaba que “una vaca contamina más que un auto” está revolucionando la forma de ver a las vacas y muchas personas que desean cuidar el medio ambiente piensan en eliminar las vacas para bajar los niveles de contaminación, pero ellos no desean dejar sus autos, en México se estima que existe el doble de vacas que de autos (31 millones de vacas contra 15 millones de autos), actualmente se estima que se produce el 37 por ciento del metano que llega a la atmosfera por parte de las vacas (Díaz F. 2007).

En el año 2007 el sector pecuario emitió 1,969 millones toneladas CO<sub>2</sub>-eq ( $\pm 26$  por ciento) de estos 1,328 millones se atribuyen a la producción láctea, 151 a la obtención de carne de animales sacrificados y 490 de terneros en engorda (FAO, 2010). El sector lácteo de manera global contribuye con un 4% del total de las emisiones antropogénicas (FAO, 2010). De acuerdo a las estimaciones del banco mundial en México el total de emisiones de CO<sub>2</sub>-eq fueron 4,3 toneladas per cápita, el porcentaje de estas emisiones de energía eléctrica es de un 88,9% originada por uso de combustibles fósiles. De acuerdo con Alonso et al, 2011 del Instituto nacional de investigaciones nucleares de México las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes fueron para el 2008 de 0,466 ton de CO<sub>2</sub>/MWh para el 2015 paso a 0,458 ton CO<sub>2</sub>-e/MWh (Rodríguez A.A, 2017), lo que significa que cada día utilizamos técnicas de generación de energía eléctrica más contaminantes. De acuerdo a las estimaciones del Banco Mundial en México, el total de emisiones de CO<sub>2</sub>-e equivalente fue de 4,3 ton per cápita, entre el periodo de 2004-2014, se incrementó el consumo nacional de energía eléctrica a una tasa promedio de 2.9% anual. Con la entrada en vigor de la reforma energética se impulsó de manera importante la adquisición de paneles solares para la autogeneración de energía eléctrica; este impulso contribuyó con un granito de arena a reducir la demanda.

En nuestro país existen cuatro sistemas de producción lechera; especializado, semi especializado, doble propósito y familiar o de traspatio, (Meléndez et al 2008, Rodríguez 1998; SAGARPA, 2011). En este último se combinan actividades agrícola y pecuaria (Espinosa, 2008; Martínez 2002), se sitúa en una pequeña extensión de terreno donde se ubican las viviendas del propietario; pueden ser de tipo estabulado o semi estabulado con animales encastados de Holstein (SAGARPA, 2011). Cuentan con tierras de riego, aprovechan los residuos de cosechas que son complementados con concentrado, además predomina la pequeña unidad productiva que utiliza su propia mano de obra, que les permite subsistir a pesar de los costos de la alimentación (Martínez et al 2002).

En México desde 1990 el número de cabezas de ganado a aumentado hasta los 2.45 millones en el 2015 (SIAP 2017) y la producción de leche ha aumentado año con año desde esas fechas a razón del 2.83% anual en promedio; ésta se ha dado por el aumento en el número de animales y productividad; Muchos productores se han declarado en quiebra en los últimos años y tan solo entre 2003 y 2008 han dejado esta actividad cerca de 250 mil ganaderos (Meléndez et al 2007), sin embargo en el mismo periodo de tiempo el inventario



---

nacional de ganado lechero paso de 2'169,669 animales en el 2003 a 2'398,639 para el 2012 tomado de SIAP 2013; esto indicaría que se está concentrado la producción cada día en los grandes y desaparecen lentamente las explotaciones pequeñas. La industria pecuaria se encuentra en plena expansión y con ella las emisiones de gases de efecto invernadero. Estimando que la producción promedio por día oscila entre 6 a 12 litros y proveen el 7,98% de la producción nacional de leche (Espinosa et al 2008).

La ONU estima que la población mundial llegará a los 9 mil millones para el año 2050, esto significa que el consumo de carne y productos lácteos también aumentarán, de hecho la FAO calcula que de estos productos duplicara su consumo (Díaz, 2007); y este aumento de la población bovina contribuirá aún más con emisiones de gases de efecto invernadero por lo que es necesario eficientar el consumo de electricidad en las instalaciones pecuarias para producir la mayor cantidad de leche por kWh consumido.

En el mercado de los paneles solares se cuenta con cuatro tipos principales módulos fotovoltaicos de silicio multicristalinos, de películas delgadas, módulos multicristalinos anticipados, y módulos de películas delgadas previas; los módulos tienden a ser eficientes en el mismo orden, los menos eficientes son los primeros hasta llegar a los más eficientes al final de la lista. (Alsema 2000) revisó los análisis previos de energía, sus mejores estimados de electricidad usados para hacer un futuro cercano, fotovoltaicos sin marco fueron de 600 kWh/m<sup>2</sup> por módulos individuales de cristal de silicio y 420 kWh/m<sup>2</sup> por silicio multicristalino.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en la Región Lagunera, zona que se caracteriza por ser la principal productora de leche de bovino del país con una aportación de dos millones 507 mil 511 miles de litros en 2018, lo que representa el 20.6 por ciento del total nacional, según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. La Comarca Lagunera o Región Lagunera es el nombre dado a una zona localizada en el Bolsón de Mapimí, donde anteriormente se encontraban 13 lagunas, entre las cuales las más importantes fueron las lagunas de Mayrán y la de Viesca. No debe confundirse con la Zona metropolitana de La Laguna. Está conformada por 5 municipios del estado de Coahuila y 14 del estado de Durango. Dentro de ella se encuentra la novena zona metropolitana más

poblada de México, considerada una de las conurbaciones más jóvenes y de mayor ritmo de crecimiento. Es una zona que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos y por su clima seco muy caluroso en verano alcanzando hasta 44.8° grados Centígrados y frío en invierno, con temperaturas que oscilan entre los 8° y 0°, llegando incluso a los -7° grados Centígrados.

Esta región, que se localiza en la zona norcentral de México, en el Desierto de Chihuahua en la confluencia de los estados de Coahuila y Durango donde se encuentran montes de baja altura de clima árido a muy árido, zonas selváticas-boscosas denominadas "Islas del Cielo" y enclaves de alta elevación en el bosque de robles y pinos de Sierra Madre Oriental. (Wikipedia, 2019).

El estudio se desarrolló en un periodo de un año desde junio del 2018, en el cual se realizaron visitas y entrevistas con los productores en sus unidades de producción, se revisaron documentos oficiales, encuestas y se aplicaron cuestionarios en una muestra aleatoria de productores. La producción total anual fue contabilizada lo mismo que el consumo de energía eléctrica en kWh tanto para productores que tenían instalados paneles solares o no, el nivel tecnológico, costo de producción, promedio de vacas en producción por establo, así como tecnología usada en el proceso de ordeña; los productores que instalaron paneles solares durante el proceso se contabilizó todo lo anterior antes y después de la instalación de los mismos.

El cálculo de los costos se utilizó la metodología de costos de producción por insumos (Huerta et al 1989, Meléndez et al 2004), considerando para el precio promedio de venta por litro de leche, la producción total (litros) y costo total de energía eléctrica en el establo.

Se consideró el precio de venta de leche fría del año 2017 que estuvo entre 5,30 a 6,00 pesos/L; y estos varían dependiendo de factores como el lugar de venta de la leche, la grasa, crioscopia, enzima reductasa, sólidos totales o sedimentos presentes. Existen incluso compradores que consideran en el precio final el tipo de ordeñadora que utiliza el productor (ordeñadoras en línea) y se premia dependiendo el tipo de piso en la sala de ordeña (cemento o tierra). Los precios que fueron considerados en el presente estudio fueron de 5.80 pesos por litro de leche fría recogida fría en las instalaciones del rancho, ya que fue el precio más común encontrado en el estudio.

Los precios de venta de la energía eléctrica son variables de acuerdo a las tarifas establecidas por la CFE en México, estos van desde los 0.29 hasta los 13.878 pesos por kwh consumidos, las tarifas se clasifican en 8 regiones y la zona de estudio pertenece a la región norte, además los consumidores se clasifican en doméstica, comercial, servicios, agrícola, mediana industria y gran industria; el tipo de tarifa para los consumidores pecuarios es la tarifa 9, 9m, 9cu, para esta el rango básico es de 1 a 75kwh y es de 0.789, en el rango intermedio el precio de 76- 140 kwh es de 0.951 y los excedentes en el consumo varían de 2.90 a los 13.878 según el consumo.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los consumos de energía eléctrica varían dependiendo el tipo de sistema de bombeo dentro del cual se analizan las siguientes variables para determinar los kwh: HP nominal, y en base a esto se calcula el consumo de energía eléctrica en kwh/mes. Tabla 1.

Tabla 1.- promedio de costos por Kwh/mm<sup>3</sup> en sistemas de bombeo.

HP	Rangos de Consumo (Kwh/mes)	Promedio kwh/mes	Pago/mes Tarifa 2018	Pago/mes Tarifa 2019
30	9,000 - 19,152	14,076	\$8,445.60	\$8,727.12
100	31,032 - 50,256	40,644	\$24,386.40	\$25,199.28
200	57,816 - 94,320	76,068	\$45,640.80	\$47,162.16
300	104,400 - 158,976	131,688	\$79,012.80	\$81,646.56
400	136,800 - 205,920	171,360	\$102,816.00	\$106,243.20
500	123,624 - 212,760	168,192	\$100,915.20	\$104,279.04

En cuando a la cantidad de cabezas de ganado bovino lechero se estima ya existen en La Laguna alrededor de 400 mil cabezas para el 2017, las que producen un promedio anual del 21.7% de la producción nacional, cabe destacar que la producción de leche no es constante ya que en los primeros meses del año (Dic-Ene-Jun) baja la producción aumentando en los meses de Jul-Nov. (Canilec, Marzo, 2018).

Por ejemplo, con una instalación de 56 paneles solares se alcanzan a producir 26,572 kwh al año, con esta producción se dejarían de emitir 9,19 toneladas de CO<sub>2</sub> al ambiente. De acuerdo a los últimos registros el proceso de producción de energía eléctrica en México produce 0.458 t/MWh de CO<sub>2</sub> al medio ambiente (Rodríguez A.A, 2017), debido principalmente a que se queman combustibles fósiles para su producción.

## **CONCLUSIONES**

Concluyendo que de acuerdo a los datos de producción de los paneles solares estudiados en la región lagunera se encontró que tienen una producción promedio de 0.9095 kwh/día  $\pm$  0.2850, lo que representarían 331.9675  $\pm$  104.025 anuales; considerando la literatura la producción debe ser de 1.15 kwh día, pero de acuerdo a las estimaciones de (Alsema 2000), un metro cuadrado del tipo de paneles utilizados en la región debe producir anualmente 420 kWh/m<sup>2</sup>, claramente no se alcanzan las estimaciones ofertadas por los vendedores y de lo citado en la literatura, esto se debe en primer lugar al tipo de paneles instalados, ya que de los cuatro tipos principales que se ofertan en el mundo, en esta zona se venden preferentemente los paneles más económicos y por tanto menos eficientes, esto se debe en primer término a la poca información que se tiene de parte de los consumidores sobre la calidad de los diferentes materiales, seguido de falta de mantenimiento de los mismos por parte de los propietarios, la mala orientación y acomodo de los paneles que muchas veces son colocados en las estructuras ya existentes en la explotación y que no siempre corresponden a las recomendaciones técnicas y finalmente por el ambiente de trabajo de los establos lecheros los que por cuestiones de sanidad evitan al máximo la humedad y casi siempre proporcionan alimento en polvo y seco, esto provoca polvo tanto del piso del establo como del alimento que ensucia los paneles y baja en forma indirecta la radiación que llega a los mismos.

El costo de los paneles solares es de alrededor de 5,000 pesos por unidad, pero esto es solamente el panel, una vez que se agrega la estructura, instalación, accesorios necesarios, convertidores, cableado etc. el costo total se duplica, rondando los 10,000 pesos por panel y dependiendo de una serie de factores.

En estudios hechos por la Universidad de Wisconsin en el año 2012, reportan que el costo de la electricidad en sistemas familiares es de un 3,35% y para los sistemas especializados del 2,68%, esto puede llegar a representar ahorros del 1.5 al 2.0%. Por otra parte, se puede notar que conforme aumenta en número de animales en las explotaciones lecheras el consumo de energía aumenta, pero se vuelve más eficiente su uso, los costos de la energía

electrica siguen el mismo comportamiento, y el pago por litro de leche mejora en esa misma proporción. Si el futuro de las explotaciones lecheras dependiera de la eficiencia energética los sistemas que tienen mayor probabilidad de éxito serían los grandes establos esto provocaría que los pequeños productores desaparecieran, dando paso a las grandes ordeñas.

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso G., et al. 2011. Nuclear Energy in Mexico as an alternative to reduce CO2 emissions. Rev. Int. Contam. Ambient. 27(3):271-272.
- Alsema 2000, Energy pay-back time and CO2 emissions of PV systems. Progress in fotovoltaics. Vol. 8, Issue 1. P. 17-25
- Anónimo, 2012. Región 03 altos sur. <http://www.ceajalisco.gob.mx/reg03.html>
- Canilec, 2018. Estadística del sector lácteo 2010-2017. <http://www.canilec.org.mx/922irefox922922cas%20lacteos%202019.pdf>
- Comisión Federal de electricidad Tarifa 9 Cargo Único. <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Tarifas/AgricolaCargoUnico.aspx>
- Díaz Favela V. 2007. No es broma. Una vaca contaminan más que un auto. Día siete No. 383 Consultado el día 24 enero 2014. [www.diasiete.com/xml/pdf/383/11VACAS.pdf](http://www.diasiete.com/xml/pdf/383/11VACAS.pdf)  
DOI: 10.1002/(SICI)1099-159X(200001/02)8:1<17::AID-PIP295>3.0.CO;2-C
- Espinosa O.V., et al. 2008. Sustentabilidad económica en la lechería familiar. PANVET. Congreso Panamericano de Veterinaria. Pág. 1907-1917.
- FAO. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, A Life Cycle Assessment. [www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf](http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf). Consultado el día 24 enero 2012.
- Huerta R.E., et al. 1989. Economía zootécnica. Segunda edición. Ed. Limusa. México DF. INEGI. 1974. Cartas de Cetenal. Tepatitlán F-13-D-57
- Martínez B.E. y Salas Q.H. 2002. Globalización y integración regional en la producción y desarrollo tecnológico de la lechería Mexicana. Instituto de Investigaciones Sociales. UNAM. Miguel Ángel Porrúa Grupo Editorial. México.
- Meléndez G.J.R., et al. 2008. Rentabilidad comparativa en cuatro establos familiares del Estado de Tlaxcala. Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias PANVET. Pág. 1906.
- Meléndez G.R. y Loza A.C. 2004. Control. Administración Pecuaría Bovinos. Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. FMV-UNAM. México DF Pág. 137-180.
- Meléndez, G.J.R. y Alonso-Pesado A. 2012. Costo de producción en tres niveles de producción láctea en establos del altiplano mexicano. Departamento de economía, administración y desarrollo Rural, FMVZ-UNAM. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgz00g021.pdf>. Consultado el 28 junio 2012.
- Rodríguez A.A 2017. Implementación del vector del mínimo arrepentimiento para la toma de decisiones en planeación energética. UNAM. México D.F. Pág. 33. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1n2Z1IzbucAJ:www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12966/tesis.pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=922irefox-b#37> Consultado el 5 de junio 2017
- Rodríguez G.G. y Chombo M.P. 1998. Los rejuegos de poder: globalización y cadenas agroindustriales de la leche en el Occidente de México. Centro Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 1999-2000. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de ganado bovino en México. <http://www.sagarpa.gob.mx>. Consultado el 10 de noviembre 2009.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Información de las delegaciones de la SAGARPA.

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=330](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330).  
Consultado el 21 de junio 2017.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Información de las delegaciones de la SAGARPA. [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet\\_Leche\\_octdic\\_2016.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet_Leche_octdic_2016.pdf)

Vellinga, Th. V., Blonk H., Marinussen M., Van Zeist W. J., De Boer I. J. M. and Stamans D. 2013. Wageningen UR Livestock Research. Report 674. ISSN 1570 – 8616.

Wattiaux M., Blazek J. and JJ Olmos Colmeneros. 2012. Bird’s eye view of the Mexican dairy industry and on the ground assessment of production systems in the highlands (los altos) of Jalisco, México. Babcock Institute Discussion. Paper No. 2012-2. University of WisconsinMadison.

Wikipedia 2019. Comarca Lagunera. [https://es.wikipedia.org/wiki/Comarca\\_Lagunera](https://es.wikipedia.org/wiki/Comarca_Lagunera)

---

## SISTEMA AUTOMATIZADO DE INCUBACION DE HUEVO DE POLLO CON ARDUINO (SAIHP)

Rodríguez-Torres, María Estela<sup>1\*</sup>; Hernández-Antúnez, Aleida<sup>1</sup>; Soto-Álvarez, Claudia Elena<sup>1</sup>; Esquivel-Murillo, Karina<sup>1</sup>; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Torreón. Carr. Torreón San Pedro Km 7.5 Ejido Anna, Torreón Coah.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de La Laguna. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Torreón, Coahuila México.

\*Autor para correspondencia: e\_rodriguez1977@hotmail.com. Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México CP 27170; Tel 8711349463.

### INTRODUCCION

La incubadora son aparatos con la función común de crear un ambiente con la humedad y temperatura adecuadas para el crecimiento o reproducción de seres vivos. Aunque existen varios tipos de incubadoras, como las llamadas neonatales y las microbiológicas en donde las incubadoras automatizadas de huevo utilizadas para la producción comercial de alimentos, especialmente huevos y cría de pollo. Actualmente las incubadoras automatizadas están dotadas de un control automatizado y continuo de temperatura y humedad ambiental, que permiten una producción alta de pollos (Castañeda, 2016).

Hoy en día el hombre se vale de muchas herramientas para lograr sus objetivos, Uno de ellos es la producción de pollos por medio de la incubación automatizada, la cual ha desarrollado muchas ventajas sobre la incubación natural, en donde automatizar significa controlar y regular los procesos sin intervención de agentes externos incluido el factor humano (Gallistel, 1980).

**Incubación.** Se define como el conjunto de factores físicos presentes en el medio ambiente que rodea al huevo. Los factores que lo integran son: temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos (Avícola et al., 2008), parámetros mostrados por día en la Tabla 1. Registro de incubación. De todos ellos la temperatura es el factor de mayor importancia, ya que, pequeñas variaciones en sus valores pueden resultar letales para muchos embriones.

El presente proyecto Sistema automatizado de incubación de huevo de pollo en Arduino (SAIHP) radica en sustituir el proceso tradicional de nacimiento del pollo, por medio de un sistema automatizado, construyendo una incubadora de pollos, manejado como herramienta principal Arduino Uno, la cual es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, trabajando en tiempo real para poder monitorear el proceso de incubación, en donde se mide los siguientes parámetros: días transcurridos, temperatura, humedad y rotación de los huevos.

Tabla 1. Registro de Incubación (Blanco (2014)).

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
					Día 1 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 2 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo
Día 3 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 4 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 5 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 6 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 7 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 8 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 9 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo
Día 10 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 11 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 12 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 13 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 14 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 15 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 16 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo
Día 17 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 18 T: 37.5-38° H: 55-60% Volteo	Día 19 T: 35-36° H: 70-80% <b>Sin Volteo</b>	Día 20 T: 35-36° H: 70-80% <b>Sin Volteo</b>	Día 21 T: 35-36° H: 70-80% <b>Sin Volteo</b>		

## MATERIALES Y METODOS

SAIHP está desarrollado para ayudar al productor avícola a facilitar la producción de pollo, obteniendo varias ventajas como son el monitoreo de la información en pantalla, controlando diferentes parámetros que son necesarios para la incubación de huevo.

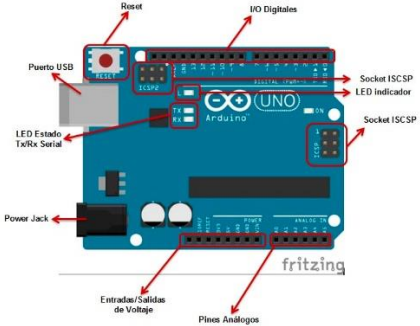
Es un producto que se desarrolló con diferentes ideas y ramas profesionales, Tecnológicas, administrativas y biológicas, Innovando en la industria avícola, aplicando las tecnologías de la Informática y electrónica como principales herramientas para su desarrollo, permitiendo sustituir el proceso natural de la incubación.



**Diseño y construcción de la incubadora**

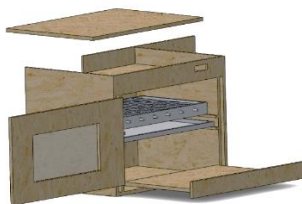
La incubadora está basada en un cubo para el almacenamiento de los huevos de aves, esta cuenta con un sistema automatizado controlado por la placa Arduino Uno, siendo éste un microcontrolador versátil según sus características mostradas en la Tabla 2, el cual gestiona diferentes parámetros para la incubación de huevo de aves.

Tabla 2. Arduino Uno y sus características (Herranz. (2015))

Arduino Uno y sus partes	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Microcontrolador:</b> ATmega328</li> <li>• <b>Voltaje Operativo:</b> 5v</li> <li>• <b>Voltaje de Entrada (Recomendado):</b> 7 – 12 v</li> <li>• <b>Pines de Entradas/Salidas Digital:</b> 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)</li> <li>• <b>Pines de Entradas Análogas:</b> 6</li> <li>• <b>Memoria Flash:</b> 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.</li> <li>• <b>SRAM:</b> 2 KB (ATmega328)</li> <li>• <b>EEPROM:</b> 1 KB (ATmega328)</li> <li>• <b>Velocidad del Reloj:</b> 16 MHZ.</li> </ul>

La incubadora fue construida con madera mdf, por su fácil manejo, resistencia y bajo costo además de no ser pesado, a su vez fue forrada con cinta industrial de aluminio en su interior, así como en su exterior, ya que esto lo hace resistente a la humedad y mantiene el calor en ella, se muestra en la Figura 1. Diseño de incubadora completa. La base de las hueveras es para colocar 36 huevos, elaboradas del mismo material, considerando un tamaño estándar en donde pueda colocarse huevos de diferentes dimensiones, son movibles, esto es por si se requiere cambiar para otro tipo de huevo como es la codorniz, reflejadas en la Figura 2. Diseño cubo y hueveras de incubación.

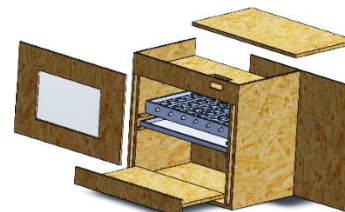
Las dimensiones de este prototipo son: 51 cm de alto, 70 cm de ancho, 50 cm de profundidad. Como se muestra en la Figura 3. Distribución de incubadora.



**Figura 1. Diseño de incubadora completa**



**Figura 2. Diseño cubo y hueveras de la incubadora**



**Figura 3. Distribución de incubadora.**

**Desarrollo del sistema de automatización**

El sistema automatizado está diseñado para poder administrar, monitorear todo el proceso a base de la plataforma Arduino Uno, que es un hardware open source, un lenguaje de programación del propio Arduino, y un sistema mecánico que en este caso son las hueveras acopladas por un brazo al eje del motor para poder cambiar su inclinación, reflejando el mecanismo en la Figura 4. Diagrama de funcionamiento del funcionamiento automatizado. La incubadora cuenta con sensores para la recopilación de información siendo éstas almacenadas en variables, las cuales son controladas por Arduino Uno, si alguna de ellas se encuentra fuera de los parámetros establecidos se enciende los actuadores, repitiendo el proceso hasta llegar al final de la incubación como lo muestra la Figura 5.

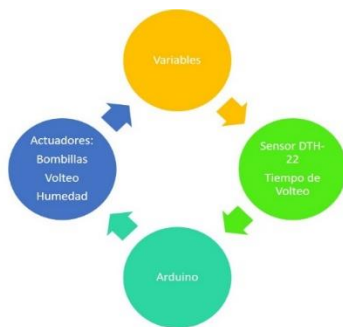


Figura 4. Diagrama de funcionamiento del sistema automatizado

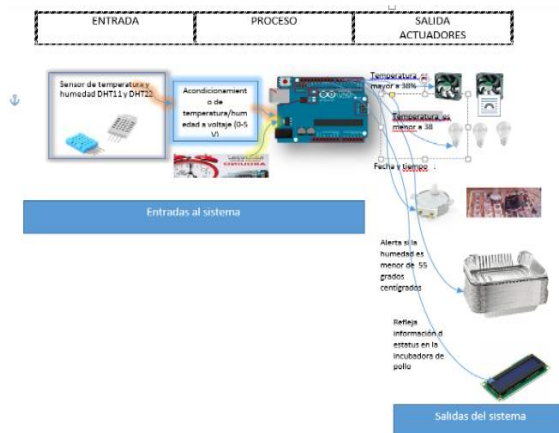


Figura 5. Proceso a la medición de parámetros

**Parámetros dentro de la incubadora (SAIHP)**

• **Volteo**

Para el volteo se tiene un sistema mecánico, de 6 hueveras hechas de madera, acoplada al eje de un motor, estas cambian su inclinación de 45 grados dependiendo de la fecha y hora, el micro controlador lee desde un timer interno en tiempo real la hora y fecha, desde el momento en que se enciende la incubadora hasta el día 18 del proceso, las hueveras cambian su inclinación una vez cada dos horas simulando el volteo que realizan las gallinas en la incubación de los huevos para que al formarse el embrión no se adhiriera a la superficie del cascaron interno.

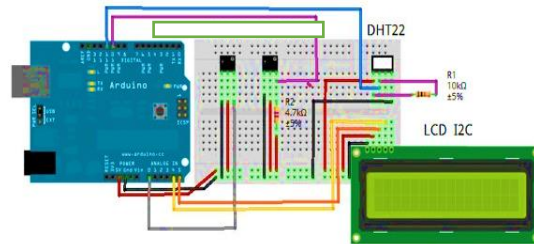
• **Humedad y temperatura**

Cuando la incubadora es encendida, el micro controlador inmediatamente mide la temperatura y la humedad relativa a través del sensor DTH-22, por un canal analógico, estos son convertidos y muestreados en un LCD, el micro controlador compara los valores medidos con los parámetros establecido e inmediatamente enciende los actuadores para ajustar la temperatura y la humedad relativa de dichos parámetros.

La humedad se considera más compleja pero no requiere un control tan crítico, lo recomendado durante los primeros días es un 40% de humedad, pero no es crítico si esta

baja por algunos minutos, el humidificador actúa solo si hay una varianza negativa de humedad según el rango establecido, aunque el proceso requiere un cambio brusco después de haber transcurrido 18 días del proceso, entonces el parámetro de la humedad cambia de 40% a 70% de humedad.

El sensor analógico DHT-22 de tres pines, Uno de alimentación, Uno para salida de humedad y temperatura, solo requiere conectarse con una resistencia en paralelo en este caso 10kohms, entre tierra y la salida de temperatura y humedad, y esta entrega un voltaje en un rango de 0 a 5v, Mostrando la conexión en la Figura 6.



**Figura 6. Conexión DHT-22 y LCD a la placa Arduino Uno**

Para lograr el control de estas variables, fue necesario primero calibrar el sensor, para esto se tomaron lecturas junto con un termómetro digital bastante preciso, se hicieron varias lecturas del sensor y se mostró en la pantalla de la computadora como también en la pantalla LCD.

Una vez hecho esto se sometió el sistema a pruebas de estrés dejándolo funcionar durante varios días, y se tomaron mediciones constantemente a lo largo de las pruebas para comprobar que dichos muestreos siempre fueran correctos y que el sistema no sufriera una des calibración.

### **Materias primas y proveedores**

Se visitaron diferentes proveedores para cada material que se utilizó el desarrollo de incubadora (SAIHP) en donde la Tabla 3. Se muestran las materias primas y los proveedores en donde se adquirió el producto, y en la Tabla 4. Se Muestra los insumos utilizados con los proveedores por los cuales fueron adquiridos, analizando el costo y calidad del producto.

Tabla 3. Materias primas y proveedores

Tabla 4. Insumos y proveedores

Materias Primas	PROVEEDOR
GABINETE	Carpintería
HUEVERAS	Carpintería
BASE HUEVERAS	Cancelería de Aluminio
ARDUINO UNO	Carrod
PROTOBOARD	Carrod
RESISTENCIAS	Carrod
POTENCIOMETRO	Carrod
LDC 16*2	Carrod
SENSOR DE TEMPERATURA y HUMEDAD	Carrod
VENTILADOR	Carrod
REELEVADOR	Carrod
DIODOS	Carrod
TRANSISTORES	Carrod
FOCOS	Home Depot
SOCKETS	Home Depot
SERVO MOTOR	Mercado Libre
RECIPIENTES PARA AGUA	Home Depot
ACRILICO	Home Depot
AGARRADERAS	FerreTodo
ALARMA	
TOTAL INVERSION FIJA	

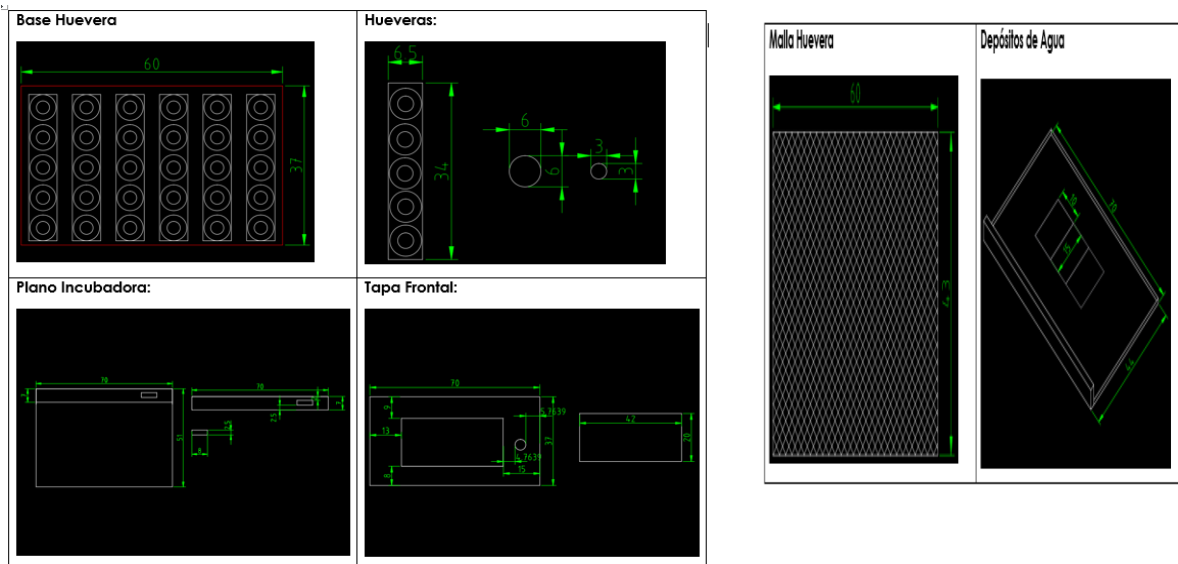
INSUMOS	PROVEEDOR
CINTA INDUSTRIAL DE ALUMINIO	Home Depot
TORNILLOS	FerreTodo
CABLES (JUMPERS)	Carrod
MANGUERA	Home Depot
SILICON	Wal-Mart

### Diseño y desarrollo del (SAIHP)

Para el diseño del prototipo se utilizaron herramientas digitales de diseño, analizando tamaño y dimensiones de la estructura y componentes de la incubadora como se muestra en la Tabla 5.

Para el desarrollo del prototipo se tuvieron varias fases, primero se construyó la estructura, posteriormente ensamblar los demás componentes, focos, ventilador, sensores, huevera con motor, etc. Presentando las primeras fases de desarrollo en la figura 8.

Tabla 5. Diseño de estructura de incubadora y componentes.





Fase 1. Construcción de componentes.



Fase 2. Adaptación de los componentes



Fase 3. Componentes ensamblados

Figura 8. Fases de construcción de la incubadora (SAIHP)

Al estar ensamblada la incubadora (SAIHP), se procedió al forro de la misma no dejando ningún hueco, con cinta de aluminio industrial incluyendo las hueveras, y posteriormente se empezó con la conexión del circuito y programación en el lenguaje Arduino, como se observa en la Figura 9.



Fase 4. Construcción de componentes.



Fase 5. Adaptación de los componentes



Fase 6. Componentes ensamblados

Figura 9. Fases de forro y conexión de la incubadora (SAIHP)

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la incubadora automatizada fue obtener una incubadora de madera forrada de aluminio industrial, contando con cada Uno de los componentes necesarios ya instalados como son los focos de 12V, ventiladores de 12V, el motor con la charola de volteo, las charolas de aluminio y la malla de protección para que al nacer los pollos se resguarden con las mismas temperaturas. Al igual fueron instalados los sensores de temperatura y humedad, los cuales se programaron en la placa Arduino Uno, arrojando información necesaria para que se proceda a la activación de los actuadores, siendo estos los ventiladores y focos, al igual se estuvieron haciendo pruebas del mecanismo de volteo a 45°, actualmente el funcionamiento mecánico está correcto, la incubadora (SAIHP) se encuentra en el fase de pruebas en donde se está monitoreando la temperatura para observar si ésta se conserva en cierto rango, reflejando resultados favorables, al igual el reloj interno de Arduino en donde éste lleva el control de los días y horas de la incubación, para así activar el mecanismo de volteo programado cada 2 horas por 18 días de incubación, reflejando la información en una pantalla LDC, no se ha llevado la prueba final con huevos reales ya que se han presentado ciertos detalles en los resultados, de los cuales

se están haciendo correcciones analizando cada Uno de ellos para lograr con éxito este prototipo. Es importante analizar por separado cada módulo que se requiere controlar, como es la humedad, temperatura, tiempo y volteo ya que SAIHP es un prototipo que durante su elaboración a recibido varias modificaciones, se sigue trabajando en ello, actualmente se ésta trabajando con el módulo de humedad y temperatura ya que este es un factor importante y es el que ha reflejado errores de proceso.

### CONCLUSIONES

Una de las ventajas más importantes de la incubación de los pollos en incubadoras automatizadas, es que se destaca por ser cómoda y su alta productividad. Al tener todos los rangos de temperatura, humedad, movimiento del huevo y ventilación monitorizada es mucho más sencillo que todo salga bien, en donde se vea nacer al pollo de manera mucho más cómoda liberándolos de enfermedades provocadas por la incubación natural, no contando con la higiene adecuada. La elaboración del proyecto “Sistema Automatizado de Incubación de Huevo de Pollo en Arduino (SAIHP)” ayuda al productor avícola a controlar la incubación del pollo, ya que este mantendrá los huevos en buen estado monitoreando los días, la rotación, la temperatura y humedad necesaria para mantener el embrión sano hasta su nacimiento, con un costo accesible y fácil obtención debido a que es fabricada en México.

Obteniendo los siguientes beneficios:

- Menos índice de mortalidad.
- Mayor higiene.
- Mayor seguridad de producción.
- Monitorear el proceso de incubación.
- Las condiciones físicas óptimas para que cualquier embrión se desarrolle exitosamente.
- Presentación de la información accesible y amigable.

Es un proyecto que se desarrolló con diferentes ideas y ramas profesionales, tecnológicas, administrativas y biológicas, innovando la industria de la avicultura aplicando las tecnologías de la informática y electrónica como principales herramientas para su desarrollo y así resolviendo necesidades que se presentan el proceso de incubación adaptándose a las nuevas tecnologías como aplicación móvil, además que es una incubadora que maneja como herramienta principal Arduino la cual trabaja en tiempo de ejecución para poder monitorear y gestionar el proceso.

### BIBLIOGRAFIA

- Blanco Peña, M. R. (2014). Mejoramiento en los parámetros de calidad del pollito bebe producido en la planta de incubación pimplollo sas.
- Castillo, R. (2014). *Guía de Incubación*. [online] Avicultura. Available at: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/guia-incubacion-t28445.htm> [Accessed 24 Aug. 2019].
- Clauer, P. J. (2009). *Incubating Eggs*.
- García, P., Hidalgo, M., Loza, J., & Muñoz, J. (2013). *Prácticas con Arduino: Edubasica. Una shield para Arduino enfocada a la Educación*. Practicas Con Arduino.

- Glatz, P., & Pym, R. (2013). Alojamiento y manejo de las aves de corral en los países en desarrollo. *Función de las aves de corral en la nutrición humana*, 26.
- Gutiérrez, J. M. R. Manual de Programación Arduino. *Transl.: BW Evans et al., Arduino Notebook: A Beginner's Reference*.
- Herranz, J. C. H. (2015). Una mirada al mundo Arduino. *Tecnología y desarrollo*, 13, 21.
- Llamas, L. (2016). Medir temperatura y humedad con Arduino y sensor DHT11-DHT22. *Recuperado de: <https://www.luisllamas.es/Arduino-dht11-dht22>*.
- Mendoza, G. A. B., & de la Cueva, J. V. M. (2018). Elaboración de un prototipo de incubadora (v. 1.0), mediante el uso de la herramienta arduino para mejorar porcentaje de nacimiento de los pollitos. *Tse'De*, 1(2), 9-Páginas.
- University of Tennessee. Department of Agricultural Education, & Tennessee. State Board for Vocational Education. (1921). *A Bibliography of Agricultural Experiment Station and Extension Service Bulletins (No. 1)*. University of Tennessee.

---

## IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL EN EL MANEJO DEL CALOSTRO BOVINO

**Rodríguez-Hernández, K., L. M. Isidro Requejo, E. Ochoa Martínez, y K. Recio Rocha.**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. La Laguna – CIRNOC. Blvd. José Santos Valdéz 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, México.  
[rodriguez.karla@inifap.gob.mx](mailto:rodriguez.karla@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCION

La diarrea es la enfermedad más importante en becerras menores a 30 días de edad (McGuirk, 2008). Existen varias causas de diarreas en becerros destacando las causadas por *Escherichia coli* (Sumano, 1996); sin embargo, la mayoría de los problemas de diarrea en los hatos son causados por infecciones mixtas y la inmunidad brindada por el calostro es una parte crítica del manejo de enfermedades entéricas en las becerras (McGuirk, 2008). Asegurar la ingestión de calostro de calidad inmunológica durante la primera hora después del nacimiento es un punto crítico para la salud de las becerras (Rodríguez et al., 2013). Sin embargo, la calidad del calostro no sólo depende de su contenido de inmunoglobulinas, si no de su calidad sanitaria expresada en la cantidad de contaminación microbiana. El calostro al salir de la ubre contiene una baja cantidad de bacterias, pero las actividades relacionadas con su colecta, manejo, y almacenamiento incrementan el riesgo de su contaminación por bacterias (Fecteau et al., 2002). La pasteurización del calostro es una tecnología que permite disminuir la cantidad de bacterias presentes en éste, sin embargo, ésta no elimina el 100% de las bacterias (Elizondo-Salazar et al., 2010). En estudios previos para identificar puntos críticos de control para contaminación bacteriana del calostro, se determinó que la mayor contaminación bacteriana ocurre en la jarra de colección del calostro durante el periodo de colecta y durante su almacenamiento a temperatura ambiente (Stewart et al., 2005). Sin embargo, en dicho estudio sólo se tomaron muestras directamente de la ubre, de la jarra colectora y del tubo de alimentación esofágico; siendo que el proceso de manejo del calostro es mucho más complejo y consta de diversos grupos de actividades (Rodríguez et al., 2013). En general, el monitoreo bacteriológico de la calidad de la leche y el calostro realiza mediante el conteo estándar en placa, dicho análisis bacteriológico permite medir la densidad de bacterias presentes tanto Gram-positivas como Gram-negativas, lo que sirve como indicativo de malas prácticas en el ordeño, equipo sucio, leche proveniente de vacas con mastitis subclínica o cínica, así como ubres sucias (Cicconi-Hogan et al., 2013). Sin embargo, bacterias coliformes como *E. coli* y *Salmonella* son las que tienen un mayor impacto negativo para la salud de las becerras (McGuirk, 2008). Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron caracterizar actividades realizadas durante el manejo del calostro bovino, así como las enterobacterias presentes durante diferentes etapas de su manejo para poder determinar los mejores puntos críticos de control y generar una guía de muestreos bacteriológicos para realizar un monitoreo eficiente de la calidad bacteriana del calostro como antecedente para investigaciones posteriores.



---

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un establo del sistema intensivo de producción de leche de la Región Lagunera del estado de Coahuila, México. En dicho establo, todo el calostro se pasteuriza empleando un pasteurizador por lote (Dairy Tech Inc., Windsor, CO) a una temperatura de  $60 \pm 5$  °C por 60 minutos. El manejo del calostro se dividió en 4 grandes actividades o grupos de tareas: 1) Colecta; 2) Pasteurización; 3) Almacenamiento; y 4) Alimentación; y todas las tareas realizadas fueron registradas (**Tabla 1**). Se realizaron 2 muestreos en dos días diferentes donde en total se colectaron 24 muestras de calostro e hisopos de las superficies (inertes y vivas) que tuvieron contacto con el calostro: calostro tomado directamente de la ubre, de la jarra de colección de calostro, de los guantes del ordeñador, calostro antes y después de pasteurizar, de la tina del pasteurizador y su válvula de salida, de las bolsas para almacenar calostro de pasteurizar, así como de la mamila y el chupón que se emplearon para administrar calostro a una becerro.

### **Análisis bacteriológico**

El análisis microbiológico de calostro y de superficies vivas e inertes, consistió en el recuento bacteriano de unidades formadoras de colonias (**UFC**) de coliformes totales (**CT**) y coliformes fecales (**CF**) con base en las NOM-031-SSA1-1993 y NOM-036-SSA1-1993. Se tomó 1 ml de calostro o del tubo con la muestra (en el caso de superficies vivas e inertes) para realizar diluciones seriadas en tubos con 9 ml de solución salina al  $1 \times 10^{-1}$ ,  $1 \times 10^{-2}$  y  $1 \times 10^{-3}$ , posteriormente se tomó 1 ml de muestra de las diluciones seriadas y se depositó en cajas Petri, vertiéndole a las cajas con muestras el medio de cultivo de agar rojo bilis violeta, se incubó a 35 °C por  $24 \pm 2$  h y 42 °C por  $48 \pm 2$  h para CT y CF, respectivamente (Isidro et al., 2018). El aislamiento y la identificación de *Escherichia coli* (**E. coli**), *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* y otras enterobacterias se realizó con base en la NOM-210-SSA1-2014. Con un asa bacteriológica calibrada, se tomó una alícuota y se sembraron en cajas Petri con medios de cultivo MacConkey y Salmonella-Shigella, incubándose a 35 °C por  $24 \pm 2$  h, posteriormente, se evaluaron las cajas para observar el crecimiento de colonias. Una vez identificadas, se tomó la colonia más aislada y con un asa bacteriológica de punta se sembró en los medios de cultivo Agar Triple Azúcar de Hierro, Citrato de Simmons, Agar de Hierro y Lisina y Movilidad Indol Ornitina, incubándose a 35 °C por  $24 \pm 2$  h. Transcurrido el tiempo, se leyeron los resultados de los diferentes tubos. Para determinar el límite de microorganismos (**Tabla 2**) y considerar una tarea como punto crítico de control se emplearon los criterios mencionados por McGuirk (2008), el laboratorio de diagnóstico veterinario de la Universidad de Wisconsin en Madison (2015) y la NOM-093-SSA1-194.

**Tabla 1. Descripción de las tareas realizadas durante el manejo del calostro.**

Actividad
<i>Colecta</i>
<p>La colecta del calostro fue realizada por el encargado de pasteurización en una sala tipo espina de pescado siguiendo la siguiente rutina de ordeño: pre-sello, despunte, secado, colocación de pezoneras, ordeño, retiro de pezoneras manual y aplicación de sello. En todo momento el empleado usó guantes de nitrilo. El calostro fue colectado en jarras específicas para dicho objetivo. Posterior a la colecta, el calostro de las jarras colectoras fue filtrado con una malla de plástico colocada entre 2 coladeras metálicas de tipo “cocina” y vaciado a una bolsa plástica blanca dentro de un recipiente de 20 litros. Inmediatamente se colocó dentro de la bolsa una botella de 2 litros con agua congelada. La botella fue previamente lavada, desinfectada con iodo y secada con papel de estraza. El calostro fue transportado a la sala de pasteurización y se mantuvo en la bolsa cerrada mientras se preparaba el equipo de pasteurización.</p>
<i>Pasteurización</i>
<p>El pasteurizador de calostro era lavado con jabón clorado, enjuagado con agua y desinfectado con iodo todos los días después de la pasteurización. Al día siguiente, al momento de llegar con el calostro recién ordeñado, el encargado de la pasteurización enjuagaba con agua corriente el pasteurizador. Posteriormente, vaciaba la totalidad del calostro colectado en la tina del pasteurizador y lo encendía. La pasteurización se realizó a una temperatura de 60 °C por 60 minutos, en 4 fases: 1) encendido; 2) elevación de la temperatura a 60 °C; 3) pasteurización (60 minutos a 60±0.5 °C); y 4) enfriamiento a 39 °C.</p>
<i>Almacenamiento</i>
<p>Una vez que el equipo pasteurizador se apagaba, se midió la calidad del calostro recién pasteurizado directamente en la tina del pasteurizador empleando un refractómetro Brix digital tipo pluma con compensación automática de temperatura (Pen-Harvest, escala 0 a 33 % Brix; ATAGO U.S.A., Inc.). Posteriormente, el encargado se colocaba guantes de nitrilo y abría la válvula de paso del pasteurizador y para llenar una jarra de plástico graduada de 2 litros con calostro. El calostro de la jarra era vaciado en una bolsa tamaño grande con cierre hermético (Ziploc, México) con capacidad de 2 litros. Cada bolsa fue identificada con la fecha y la calidad de calostro, se le sacó la mayor parte de aire y se cerró perfectamente. Cada bolsa fue colocada horizontalmente dentro de un congelador de tipo cofre. Todos los días se colocaban de 4 a 6 bolsas de calostro previamente congelado en el refrigerador vertical (4 °C) para comenzar con su descongelación, y si posterior a 24 h de que el calostro fuera colocado en el refrigerador, éste no era usado, se tiraba.</p>
<i>Alimentación</i>
<p>Al momento de que una becerro llegaba al área de crianza después del nacimiento. el encargado de la pasteurización tomaba 2 bolsas de calostro previamente descongeladas en el refrigerador o si no había calostro descongelado tomaba bolsas congeladas. Las bolsas eran colocadas dentro de un baño María (GEMEX, Torreón) a una temperatura de 55 °C durante 30 a 40 min. Cada 20 a 15 minutos se tomaba la temperatura del calostro sin abrir la bolsa, colocando un termómetro digital pegado a la parte externa de ésta. Si la temperatura registrada era de 40 °C la bolsa de calostro se sacaba y se colocaba encima de la tapa del congelador, si la segunda bolsa también había alcanzado la temperatura se sacaba del baño María y colocaba en una cubeta con agua a 52 °C. El encargado de la alimentación con calostro tomaba un biberón (capacidad = 2 litros) y un chupón que fueron previamente lavados y desinfectados, los enjuagaba con agua corriente y</p>

vaciaba el contenido de la primera bolsa de calostro al biberón, colocaba el chupón y se dirigía con la mamila y la cubeta con la segunda bolsa de calostro a alimentar a la becerro.

Tabla 2. Límite máximo de microorganismos en muestras de calostro y superficies en contacto con el calostro.

Tipo de muestra	Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
	UFC/ml	UFC, Log <sub>10</sub> /ml	UFC/ml	UFC, Log <sub>10</sub> /ml
Calostro sin pasteurizar	< 100,00	< 5.0	< 1,000	< 3.0
Calostro pasteurizado	< 20,000	< 4.3	< 100	< 2.0
Superficies vivas	< 10	< 1.0	negativo	0
Superficies inertes	< 200	< 2.3	negativo	0

### **Análisis estadístico**

Debido a que la naturaleza del presente estudio fue exploratoria, el número de muestras sólo permitió realizar análisis estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, rango y frecuencia). Los resultados de conteos en placas no se distribuyen normalmente, por lo que fueron transformados a Log<sub>10</sub> para poder calcular la media, desviación estándar y rangos.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Análisis bacteriológico y definición de puntos críticos de control**

Las características de las 24 muestras, así como medias de los conteos de CT, CF y tipo de bacterias identificadas se presentan en la **Tabla 3**. En el 62.5% (15/24) de las muestras hubo crecimiento de CT y CF. Sin embargo, sólo en el 25% (6/24) de las muestras los conteos de CT fueron mayores al límite y en el 37.5% (9/24) los conteos de CF fueron mayores al límite.

Tabla 3. Características de las 24 muestras de calostro o superficies agrupadas por actividades de manejo del calostro. Nota: valores por arriba del límite, en rojo y negritas.

Tipo	Muestra	CT, UFC Log <sub>10</sub> /ml	CF, UFC Log <sub>10</sub> /ml	Bacterias identificadas
<i>Colecta</i>				
S. inerte	Guantes	<b>3.0</b>	<b>1.6</b>	<i>E. coli</i>
S. inerte	Guantes	<b>2.6</b>	<b>2.1</b>	<i>Salmonella spp, Klebsiella spp, Providencia spp, Shigella spp</i>
S. inerte	Jarra	1.2	<b>1.5</b>	
Calostro	Directo de la ubre	1.0	1.0	
Calostro	Directo de la ubre	2.2	2.3	
Calostro	Sin pasteurizar	1.0	0.0	
Calostro	Sin pasteurizar	1.0	0.0	
Calostro	Sin pasteurizar	2.6	2.0	<i>Providencia spp</i>
Calostro	Sin pasteurizar	2.8	1.0	<i>Proteus spp</i>
Calostro	Sin pasteurizar	3.0	<b>3.0</b>	<i>Providencia spp</i>
<i>Pasteurización</i>				
S. inerte	Tina pasteurizador	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	
S. inerte	Tina pasteurizador	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	
S. inerte	Válvula	0.0	0.0	
S. inerte	Válvula	0.0	0.0	
S. inerte	Tina pasteurizador	0.0	0.0	
Calostro	Pasteurizado	0.0	0.0	
Calostro	Pasteurizado	0.0	0.0	
<i>Almacenamiento</i>				
S. inerte	Bolsa ziploc	0.0	0.0	
S. inerte	Jarra	1.7	<b>1.0</b>	
S. inerte	Guantes	0.0	0.0	
<i>Alimentación</i>				
Calostro	Pasteurizado descongelado	<b>3.00</b>	<b>2.3</b>	<i>Providencia spp</i>
S. inerte	Mamila	<b>2.9</b>	<b>1.9</b>	<i>Providencia spp</i>
S. inerte	Chupón	0.0	0.0	
S. viva	Manos	0.0	0.0	

En las **Tablas 4 y 5**, se muestran las medias de los conteos de CT y CF de todas las muestras y de las muestras en que hubo crecimiento bacteriano, respectivamente. En el 29.2% (7/24) de las muestras se identificaron coliformes fecales, el 71% (5/7) de estas muestras correspondieron a la actividad de colecta y el 29% (2/7) a la actividad de alimentación. Nuestros hallazgos concuerdan con lo reportado por Stewart et al. (2005) donde encontraron que los conteos de bacterias eran generalmente bajos en muestras colectadas directamente de la ubre (menores a 4 y 3 UFC Log<sub>10</sub>/ ml, para CT y CF, respectivamente). Sin embargo, aunque en el presente estudio efectivamente encontramos CF en la muestra de la jarra colectora por encima del límite tal y como lo reportan los autores

antes mencionados, es importante destacar que ellos encontraron valores mayores a 4 UFC Log<sub>10</sub>/ ml, en comparación al 1.4 UFC Log<sub>10</sub>/ ml de nuestro estudio. Aun así, de acuerdo con nuestros resultados podemos sugerir que uno de los puntos críticos de control adicional a la adecuada desinfección de las jarras colectoras es la desinfección de los guantes.

Tabla 4. Media, desviación estándar y rango de unidades formadores de colonias (UFC; Log<sub>10</sub>) por ml de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) en 24 muestras de calostro o superficies agrupadas por actividades del manejo del calostro.

Actividad	CT, UFC Log <sub>10</sub> /ml			CF, UFC Log <sub>10</sub> /ml		
	Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
Colecta	1.9	1.09	0.0-3.0	1.2	1.09	0.0-3.0
Pasteurización	0.7	1.22	0.0-2.8	0.6	1.03	0.0-2.6
Almacenamiento	0.6	0.88	0.0-1.7	0.4	0.54	0.0-1.0
Alimentación	1.5	1.57	0.0-3.0	1.0	1.22	0.0-2.8

Tabla 5. Media, desviación estándar y rango de unidades formadores de colonias (UFC; Log<sub>10</sub>) por ml de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) de las 15 muestras de calostro o superficies que tuvieron crecimiento bacteriano agrupadas por actividades del manejo del calostro.

Actividad	CT			CF		
	Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
Colecta	2.2	0.79	1.0-3.0	1.9	0.65	1.0-3.0
Pasteurización	2.6	0.11	2.5-2.8	2.2	0.33	1.8-2.6
Almacenamiento	1.7	0.00	1.7-1.7	1.0	0.00	1.0-1.0
Alimentación	2.9	0.07	2.9-3.0	2.1	0.75	1.0-2.8

De manera general, en la literatura correspondiente a puntos críticos de control en el manejo del calostro bovino se reportan únicamente los conteos de CT sin llegar a la identificación de las especies por medio de pruebas bioquímicas (Fecteau et al., 2002; Stewart et al., 2005; McGuirk, 2008). Al respecto, en el presente estudio encontramos que las muestras tomadas de los guantes durante la colecta de calostro fueron las que rebasaron tanto los límites de CT como los de CF, así mismo fueron las muestras en las que identificamos bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella spp*, *Klebsiella spp*, y *Shigella spp*. Con respecto a la actividad de pasteurización el punto crítico de control que sugerimos es la desinfección de la tina del pasteurizador, ya que en los dos días de muestreo tanto los CT como los de CF sobrepasaron los valores límite para superficies inertes. Si bien, nuestros resultados también nos permiten sugerir que la pasteurización del calostro fue efectiva ya que no se detectó crecimiento en las placas sembradas con las muestras de calostro recién pasteurizado. Por otro lado, para la actividad de almacenamiento, las muestras tomadas de los guantes del empleado durante el almacenamiento del calostro no presentaron crecimiento bacteriano lo que fue inesperado después de observar los resultados de las muestras de guantes de la actividad de colecta. Al respecto, es muy posible que esta divergencia en resultados sea debido a que durante la colecta se incrementan las posibilidades de que las manos de los empleados tengan contacto con heces de las vacas

que están siendo ordeñadas, en cambio, el área donde se encuentra el equipo de pasteurización es generalmente limpia y no hay muchas probabilidades de contacto con heces de vaca. El punto crítico de almacenamiento de acuerdo con nuestros hallazgos es la desinfección adecuada de la jarra graduada de 2 litros donde se mide el calostro para llenar las bolsas ziploc. Finalmente, para la actividad de alimentación sugerimos como punto crítico de control, la desinfección adecuada de mamila en la que se ofrece el calostro a la becerria. Con respecto a la muestra de calostro pasteurizado que fue descongelado para alimentar a la becerria, el haber encontrado conteos por arriba del límite tanto para CT como CF nos permite sugerir como posible punto crítico de control el manejo del calostro durante su almacenamiento (enfriamiento – congelación). Al respecto, Stewart et al. (2005) en calostro sin pasteurizar refrigerado observaron que el conteo de CT se incrementó moderadamente durante las primeras 24 horas, posterior a estas 24 h, el incremento fue muy lento hasta las 96 horas de refrigeración.

Finalmente, de muestras en las que se identificaron coliformes fecales en el 86% (6/7) sólo se identificó un solo tipo de bacteria (*Providencia spp*, *E. coli* o *Proteus spp*); sin embargo, *Providencia spp* fue la bacteria identificada con mayor frecuencia (71.4% de los casos). Al respecto existe poca evidencia de que las bacterias del género *Providencia* sean causantes de diarreas en becerrias, por ejemplo, sólo se encontró una tesis en la que se cita a otros autores que indican que *Providencia stuartii* causa diarrea en becerros (Janda y Abbott, 1998 citados por Rogers, 2006). Adicionalmente, en la misma tesis (Rogers, 2006), se aislaron enterobacterias en heces de 100 vacas lecheras sanas en 5 establos de California y encontraron una prevalencia del 2% para *Providencia rettgeri* y *P. stuartii* en conjunto, la cual es muy baja. En general, las bacterias del género *Providencia* usualmente se consideran como flora normal del tracto digestivo, por lo que su detección como patógenos no se realiza de manera usual (Yoh et al., 2005); sin embargo, no debe descartarse este microorganismo como posible patógeno para las becerrias ya que algunas especies de *Providencia* se han postulado como posibles causantes de diarrea en humanos, principalmente causando “diarrea del viajero” y en niños de países en desarrollo (Yoh et al., 2005).

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del presente estudio se sugiere incluir muestreos bacteriológicos no sólo de calostro antes y después de pasteurizar sino de superficies que tienen contacto con el calostro como los guantes de los empleados, la tina del equipo pasteurizador y las mamilas. Adicionalmente, es importante revisar los protocolos de desinfección de las manos de los empleados, aunque usen guantes, jarras colectoras, así como utensilios que tengan contacto con el calostro. Finalmente, sugerimos incluir los conteos de coliformes totales y coliformes fecales, así como la identificación de enterobacterias dentro de los análisis de calostro cuando se evalúan las prácticas de manejo o se realizan auditorías del calostro en los establos. Los presentes resultados forman parte del proyecto de apoyo a la investigación 153203593 “Pasteurización del calostro y buenas prácticas de manejo del calostro bovino para mejorar la sanidad de becerrias”. Agradecemos a “Lácteos Nuevo León” el permitirnos llevar a cabo las actividades

de validación del proyecto antes mencionado además de todas las facilidades brindadas. La mención de cualquier marca o producto propietario en el presente trabajo no constituye una garantía o la aprobación del producto por el INIFAP; así mismo, no implica la aprobación de la exclusión de otros productos que también pudieran ser adecuados.

## BIBLIOGRAFIA

- Cicconi-Hogan, K. M., M. Gamroth, R. Richert, P. I. Ruegg, K. E. Stilbauer, and Y. H. Schukken. 2013. Risk factors associated with bulk tank standard plate count, bulk tank coliform count, and the presence of *Staphylococcus aureus* on organic and conventional dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.* 96:7578-7590.
- Elizondo-Salazar, J. A., B. M. Jayarao, and A. J. Heinrichs. 2010. Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *J. Dairy Sci.* 93:961-967.
- Fecteau, G., P. Baillargeon, R. Higgins, J. Paré, and M. Fortin. 2002. Bacterial contamination of colostrum fed to newborn calves in Québec dairy herds. *Can. Vet. J.* 43:523-527.
- Isidro, R.L.M., B.R.K. Cruz, R.K.S. Recio, R.J.G. Martínez. 2018. Evaluación microbiológica a una pasta tipo tallarín elaborada con trigo y harina de frijol Flor de Mayo Dolores. *AGROFAZ. Edición especial*:163-172.
- McGuirk, S. M. 2008. Disease management of dairy calves and heifers. *Vet. Clin. Food Anim.* 24:139-153.
- Rodríguez, H. K., R., A. R. González, H. G. Núñez. 2013. Pasteurización del calostro. Folleto para productores No. 2. INIFAP – CIR Norte Centro, C. E. La Laguna. ISBN: 978-607-37-0225-6. 31 p.
- Rogers, K. H. 2006. Prevalence of pathogenic enteric bacteria in wild birds associated with agriculture in Humboldt County, California. MSc. Thesis, Natural Resources: Wildlife, Humboldt State University.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-031-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-036-SSA1-1993. Bienes y servicios. Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados. Especificaciones sanitarias.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-093-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de Higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-210-SSA1-2014. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.
- Stewart, S., S. Godden, R. Bey, P. Rapnicki, J. Fetrow., R. Farnsworth, M. Scanlon, Y. Arnold, L. Clow, K. Mueller, and C. Ferrouillet. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 88:2571-2578.
- Sumano, L. H. 1996. Farmacología clínica en bovinos. Trillas. Pp. 231.
- Wisconsin Veterinary Diagnostic Laboratory. 2015. Bacterial culture of colostrum, waste milk and milk replacer. <https://www.wvdl.wisc.edu/index.php/microbiology>
- Yoh, M. J. Matsuyama, M. Ohnishi, K. Takagi, H. Miyagi, K. Mori, K. Park, T. Ono, and T. Honda. 2005. Importance of *Providencia* species as major cause of travellers' diarrhoea. *J. Med. Microb.* 54: 1077-1082.

# **AGRICULTURA ORGÁNICA**

---



---

## BIOFERTIRRIGACIÓN ORGÁNICA-MINERAL EN MANZANO PARA LA SIERRA DE ARTEAGA, COAUILA Y NUEVO LEÓN

**Juan Manuel Covarrubias Ramírez<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo Salcedo<sup>2</sup>, Víctor Manuel Parga Torres<sup>1</sup> y Juan Guillermo Martínez Rodríguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CESAL-INIFAP. Carretera Saltillo - Zacatecas km 342+119 #9515. Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, C.P 25315, <sup>2</sup>CENID RASPA-INIFAP. Margen derecho Canal Sacramento Km 6.5 Gómez Palacio Durango, C.P. 35140. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Por el excesivo y mal uso de los fertilizantes en su aplicación, ha provocado una mala fertilización que induce el deterioro ambiental antropogénico, que provoca el calentamiento global del planeta (IPPC, 2018). 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 (SEDER, 2019). Con la finalidad de contribuir a mejorar los precios de los fertilizantes, en el Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018), se impulsan proyectos estratégicos para reactivar la producción nacional de fertilizantes, aprovechando la ventaja competitiva en la explotación de gas natural. Esta oportunidad es para disminuir los costos de producción, así como para desarrollar prácticas sustentables, por lo que se busca fomentar la producción de vermicompostas y uso de biofertilizantes. La ventaja de los biofertilizantes generados de la vermicomposta es que aportan los nutrientes esenciales, útiles y ácidos orgánicos, la desventaja es que no aportan las cantidades necesarias que se deben suministrar para estar bien nutridos los cultivos, porque el abastecimiento nutricional debe estar sincronizado con la demanda del cultivo (Núñez, 2001). El porqué de la biofertilización orgánica-mineral, hagamos un análisis de los componentes: la fertilización consiste en aplicar las necesidades del cultivo que se obtienen de la demanda del cultivo menos el suministro del suelo entre la eficiencia del fertilizante que se utilice, su aplicación se realiza hasta tres veces durante el ciclo del cultivo, parte de una fórmula con la cantidad de los macronutrientes, por ejemplo la fórmula del manzano en la Sierra de Arteaga es 150-126-84 unidades de fertilizante por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio y si aplicamos meso elementos la fórmula queda así: 150-126-84-20Mg-21S. La fertilización "es proporcionar a la planta su alimento en la cantidad y oportunidad a través del agua mediante el riego" (Covarrubias *et al.*, 2011), las aplicaciones se realizan diarias en hortalizas hasta semanales en frutales y de la misma forma en la biofertilización, la diferencia es que en la fertilización el fósforo se aplica como ortofosfato, el potasio, el magnesio y el azufre se aplican como óxido, en cambio en la fertilización y biofertilización se aplica la dosis con base al elemento, por lo que si se utilizan fertilizantes hay que realizar la conversión al elemento (Covarrubias *et al.*, 2017), cabe mencionar que la hidroponía es muy diferente a la fertilización, fertilización y biofertilización porque los cálculos se realizan en base al peso molecular de la fuente de nutriente, para convertir a peso equivalente, molar y molal (Sánchez, 2002). El objetivo del estudio fue aportar la demanda nutricional del cultivo de manzano mediante biofertilización orgánica-mineral.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio parte del suministro de nutrimentos del cultivo de manzano para un árbol de más de 7 años de edad, que corresponde a la dosis 150-126-84-20Mg-21S (Covarrubias y Vázquez, 2014). El biolíquido generado de la vermicomposta tiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, sodio, silicio, selenio, ácidos húmicos y fúlvicos, no se determinaron azufre, molibdeno, cloro y níquel; como el azufre es un meso elemento, este elemento se suministra de manera mineral para completar la dosis de 21 unidades (cuadro1).

Cuadro1. Concentración nutrimental del biolíquido y dosificación en la biofertilización en manzano.

Elemento	Unidades	Concentración	Biofertilización	
			1 L ha <sup>-1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	6 L ha <sup>-1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )
Nitrógeno	mg kg <sup>-1</sup>	6100	6.1	36.6
Fósforo-PO <sub>4</sub>	mg kg <sup>-1</sup>	337	0.337	2.022
Potasio	mg kg <sup>-1</sup>	3500	3.5	21
Calcio	mg kg <sup>-1</sup>	120	0.12	0.72
Magnesio	mg kg <sup>-1</sup>	50	0.05	0.3
Hierro	mg kg <sup>-1</sup>	29.73	0.02973	0.17838
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	4.78	0.00478	0.02868
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	2.58	0.00258	0.01548
Manganeso	mg kg <sup>-1</sup>	1.2	0.0012	0.0072
Boro	mg kg <sup>-1</sup>	17.44	0.01714	0.10284
Sodio	mg kg <sup>-1</sup>	367	0.367	2.202
Silicio	mg kg <sup>-1</sup>	1.95	0.0019	0.0114
Selenio	mg kg <sup>-1</sup>	0.2	0.0002	0.0012
Ácidos Húmicos	%	0.19	1.9	11.4
Ácidos Fúlvicos	%	0.18	1.8	10.8

Tomando como base la dosificación de fósforo que tiene, el mayor suministro de 126 unidades y además aporta N, se realizan los cálculos de acuerdo a lo descrito por Covarrubias y Vázquez (2014) de la siguiente manera: las 126 unidades se aplican desde marzo hasta septiembre de forma semanal, el biolíquido aporta 5.66 unidades aplicándose 6 L ha<sup>-1</sup>, las necesidades de fósforo serán 120.34 unidades, lo que representa, en 28 aplicaciones semanales, una dosis de 4.3 unidades de fósforo fertilizante en cada aplicación semanal. El fósforo (P), el potasio (K), el magnesio (Mg) y el azufre (S), en las necesidades de fertilización y biofertilización, se presentan como elementos individuales y en los fertilizantes se encuentra como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y SO<sub>4</sub>, respectivamente. Para realizar la conversión se tienen valores específicos para cada ion y se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Factor de conversión de nutrientes para determinar las necesidades de fertilizante en los cultivos (Burt *et al.*, 1995)

DEMANDA (kg ha <sup>-1</sup> )	MULTIPLIQUE POR	FERTILIZANTE (kg ha <sup>-1</sup> )
P	2.91	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K	1.13	K <sub>2</sub> O
Mg	0.67	MgO
S	2.88	SO <sub>4</sub>

La forma de calcularlo es inicialmente similar a la fertirrigación y se realiza de la siguiente manera:

$$\text{kg de nutriente ha}^{-1} \div \frac{100\%}{\% \text{ de concentración del nutriente en el fertilizante}} = \text{kg de fertilizante por ha}$$

La cantidad de fertilizante, se determina la solubilización en el biolíquido. La forma de hacerlo es utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{kg ha}^{-1} \text{ de fertilizante} \div \frac{1 \text{ litro de agua}}{\text{Solubilidad del fertilizante en kg}} = \text{litros de agua ha}^{-1}$$

La solubilidad del biolíquido depende de la temperatura del agua. La temperatura promedio del agua en la región manzanera de Coahuila y Nuevo León es de 20 °C, (Covarrubias *et al.*, 2009). La solubilidad del fosfato mono amónico técnico (12-61-00) es 0.94 kg L<sup>-1</sup>, por la tecnología de fertilizantes que hay hoy en día.

Para determinar la cantidad de nitrógeno aplicada con el fósforo.

$$\text{kg ha}^{-1} \text{ de fosfato mono amónico} \times \frac{12\% \text{ de nitrógeno}}{100\% \text{ del fertilizante}} = \text{kg ha}^{-1} \text{ de nitrógeno}$$

Las necesidades de fertilizante para complementar el total de nitrógeno, menos el aplicado con el fosfato mono amónico son las aportadas en la dosis de 6 L ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

Las fuentes de fertilizante mineral fueron fosfato mono amónico técnico (12-61-00), sulfato de potasio técnico (00-00-50-18S) y sulfato de magnesio (00-00-00-09Mg-13S).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del cálculo de la fertilización orgánica-mineral es el complemento de la nutrición realizada por la biofertirrigación con biolíquidos y se genera porque ésta no cumple con las necesidades nutrimentales del cultivo. En el cuadro 3, la dosis de 6 L ha<sup>-1</sup> aplicados de forma semanal durante 28 semanas aportan 102.48 kg N ha<sup>-1</sup>, y la mayor demanda del

manzano es de fósforo y el biolíquido sólo aporta 5.66 kg ha<sup>-1</sup>, por lo que se inicia el cálculo con la fuente fosfato de amonio.

Cuadro 3. Necesidades, aportaciones y requerimientos de la biofertilización orgánica-mineral en manzano.

Elemento	Necesidades	Aportación biolíquido	Requerimiento de Fertilizante
NITROGENO	125	102.48	
FOSFORO	126	5.66	120.34
POTASIO	84	58.8	25.2
CALCIO		2.016	
MAGNESIO	20	0.84	19.16
AZUFRE	21	0	

El fertilizante fosfato de amonio aporta 61 kg de P por cada 100 kilos que se aplique, por lo que se necesitan 198.28 kg de fertilizante. Los 198.28 kg de fosfato de amonio aportan 23.67 kg de N y con esto se complementa la necesidad de 150 kg N ha<sup>-1</sup>; y como los cálculos son sujetos a la fuente de fertilizantes ésta aporta al final 149.83 kg N ha<sup>-1</sup>. Además, de que se aplica nitrógeno porque el fertilizante que tiene 12 kg de N por 100 kg de fertilizantes; su aportación se considera complementaria porque no se utiliza una fuente específica para la aplicación de este nitrógeno.

La aportación de azufre como fertilizante complementario con las fuentes a base de sulfatos se muestra en el cuadro 4. La mayor aportación es por el sulfato de potasio y se aporta en total 10.76 kg, durante todo el ciclo de cultivo de 28 semanas.

Cuadro 4. Biofertilización orgánica-mineral con fertilización complementaria de azufre en manzano.

Fertilizante	SO <sub>4</sub> aportado en kg x 100 kg de fertilizante	Azufre aportado en kg x 100 kg de fertilizante
Sulfato de potasio	18	6.25
Sulfato de Magnesio	13	4.51
Total de azufre aplicado		10.76

En el cuadro 5 se presenta la biofertilización orgánica-mineral que se está utilizando en la producción de manzano, los macro y meso nutrientes como son los de mayor necesidad son los que se observan en el cálculo, los nutrientes esenciales y los elementos útiles,

además de los ácidos húmicos y fúlvicos, se muestran en el cuadro 1, debido a que no recibieron una aportación extra de nutriente.

Cuadro 5. Biofertilización orgánica-mineral en el cultivo de manzano

Biofertilización con 6 L ha <sup>-1</sup> aplicados en forma semanal			
Nutriente	Orgánica (%)	Mineral (%)	Órgano Mineral (%)
NITROGENO	3.66	0.85	4.51
FOSFORO	0.2022	4.30	4.50
POTASIO	2.1	0.90	3.00
CALCIO	0.072	0.00	0.072
MAGNESIO	0.03	0.68	0.71
AZUFRE	0.00	0.25	0.25

La biofertilización orgánica-mineral se incluye dentro de la tecnología de fertilizantes, esta área del conocimiento se ha dejado a la industria, pero como parte de la tecnología se debe dar a conocer para que sea utilizada por cualquier persona que tenga interés en utilizarla.

La biofertilización permite reducir la aplicación de fertilizantes minerales para complementar la nutrición del cultivo sin afectar el rendimiento y calidad (Moreno-Resendez *et al.*, 2017).

Las mezclas requieren de agitación constante durante su aplicación, para evitar el producto de solubilidad de cada nutriente, su precipitación y posible antagonismo que se pudieran presentar. Muchas de las compañías utilizan agentes desfloculantes, pero esto incrementa el costo de la tecnología y deja de ser una agricultura sustentable (Muñoz *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

La biofertilización orgánica-mineral es una tecnología que pueden utilizar todo el personal, pero diferente para cada región, cultivo y ambiente, por lo cual, se necesita personal técnico especializado que entienda este proceso y que los transfiera a los productores. Por el deterioro ambiental antropogénico nos urge que generemos tecnologías sustentables para la producción de alimentos como la biofertilización orgánica-mineral, ante el crecimiento poblacional que se tiene y la demanda de alimentos que se presentará.

## BIBLIOGRAFIA

- Burt C., K.; O'Connor and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation Training and Research Center – California Polytechnic State University, San Luis Obispo, Ca. 295 p.
- Covarrubias-Ramírez, Juan Manuel, R. Sandino Salazar. y J. J. Cortes Bracho. 2009. Efecto de la Fertilización nitrogenada en la concentración de nitratos en el agua subterránea en Arteaga, Coah. In: Preciado-Rangel, P. (ed.). Memoria del XXXIV congreso nacional de la ciencia del suelo. Torreón, Coah., México. p 47. Poster. ISBN-978-607-95106-1-9.

- Covarrubias Ramírez, J. M.; Sánchez Aspeytia, D., y Alvarado Carillo, M. 2011. Programa de fertirrigación en melón bajo riego por goteo y acolchado. In: Martínez Ríos, Juan José; Vázquez Navarro, Manuel; Santana Rodríguez, Rolando, Martínez Ríos, Alejandro y Puentes Gutiérrez, Judith (eds). Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 23:533-537. ISBN: 978-607-503-071-5.
- Covarrubias-Ramírez, Juan Manuel y Vázquez Ramos, José Antonio. 2014. Guía de fertirrigación del manzano en Coahuila y Nuevo León. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. MX-0-310391-28-03-15-09-60. Coahuila, México. 77 p.
- Covarrubias-Ramírez J. M., Jacobo-Salcedo, M. del R., Hernández-Maruri J. A., Nava-Reyna, E., Parga-Torres V. M. 2017. Biofertirrigación con biofertilizantes en manzano en Arteaga, Coahuila. AGROFAZ 17(2):17-29.
- Moreno-Reséndez, A., J. E. Cantú-Brito, J. L. Reyes-Carrillo, L. G. Yáñez-Chávez y R. Avalos-González. 2017. Comportamiento de la Alfalfa (*Medicago sativa*, L), de primer año con fertilización orgánica vs fertilización sintética. In: Vázquez Navarro, José Manuel; López Calderón, Magali Janeth; Soto González, Roberto y Camacho Rodríguez, Sonia Yasmin (eds). Memoria de la 29 Semana Internacional de Agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 29:57-64.
- Muñoz Villalobos, J. A., H. Macías Rodríguez, M. Rivera González, G. Delgado Ramírez y M. M. Villa Castorena. 2017. Rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacks) con fertilización química orgánica bajo condiciones de invernadero. In: Vázquez Navarro, José Manuel; López Calderón, Magali Janeth; Soto González, Roberto y Camacho Rodríguez, Sonia Yasmin (eds). Memoria de la 29 Semana Internacional de Agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 29:1015-1020.
- Núñez E., R. 2001. Tecnología y uso de fertilizantes. Área de Fertilidad de suelos. Especialidad de Edafología. IRENAT-CP. Montecillos, México. 120 p.
- Sánchez G., P. 2002. Nutrición vegetal. Área de nutrición vegetal. Especialidad de Edafología. IRENAT-CP. Montecillos, México. 294 p.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SEDER), 2019. Contribuirá programa de fertilizantes a fortalecer seguridad alimentaria en zonas marginadas del país. En <https://www.gob.mx/agricultura/galerias/contribuir-programa-de-fertilizantes-a-fortalecer-seguridad-alimentaria-en-zonas-marginadas-del-pais?idiom=es> Consultado el 7 de junio de 2019.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5 °C. <https://www.ipcc.ch/sr15/> Consultado el 6 de Mayo de 2019.

---

## COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL COMPOSTAJE DE DESPERDICIO DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*)

José Leonardo García-Rodríguez<sup>1</sup>, José Ángel Prieto Ruíz<sup>2</sup>, Maricela Flores Deras<sup>1</sup>  
María Gabriela Ramírez-Valadez<sup>1</sup>, Sergio Rosales-Mata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5, Durango, Dgo., México. C. P. 34170, <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, UJED, Río Papaolapan, Valle del Sur, C.P. 34120, Durango, Dgo.  
Email:garcia.leonardo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la agricultura el hombre observó que los desechos animales y vegetales al reincorporarse al suelo, originaban un mejor desarrollo de las plantas (SARGARPA, 2011). Paulatinamente, se desarrollaron formas de acelerar su proceso de descomposición e incorporación, ahora llamado compostaje (Sauri y Castillo, 2002). El compostaje, hace que los residuos vegetales y animales se transformen en un material de color oscuro, homogéneo en textura, con un olor característico a tierra húmeda y que aplicado al suelo actúa como fertilizante (Panizza, 2005). Además de los nutrientes que aporta a los cultivos, la composta genera otros beneficios: mejora la calidad del suelo fomentando la formación de agregados y mejora la estructura del suelo. Modifica características del suelo como la capacidad de retención de humedad, aireación y la microbiota del suelo; lo anterior resulta en un mejor desarrollo de los cultivos y en mejores características físicas del suelo, que los hacen más fácilmente trabajables (Ishii y Takii, 2003.) En localidades como San Francisco del Mezquital, municipio de El Mezquital, Durango, la extracción y comercialización de orégano es una actividad económica importante para el sustento de muchas familias. Anualmente se extraen, en promedio, de 150 a 200 toneladas de orégano provenientes de áreas naturales bajo manejo; del total extraído, entre el 20 y 30% es desperdicio (ramas, ramillas y trozos de hoja). Este desperdicio se apila en montones que con los años suma grandes cantidades, para eliminarlo se suele utilizar fuego. No se tiene el dato preciso de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera, pero es una práctica poco amigable con el ambiente; una alternativa de solución es elaborar composta con los residuos del orégano (*Lippia graveolens*), lo que hará más integral el aprovechamiento de esta especie. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la temperatura y humedad en el proceso de compostaje de desperdicio de orégano con diferentes niveles de estiércol, suelo y urea utilizando tambos perforados como recipientes de compostaje.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en instalaciones del vivero del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Durango. El ensayo se estableció en un sitio abierto sin protección, expuesto a la luz solar durante el día los riegos fueron con agua de pozo aplicada manualmente con manguera con punta de regadera. Se

evaluaron seis tratamientos (Cuadro 1) con tres repeticiones por tratamiento, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. Cada unidad experimental estuvo compuesta por un tambor de plástico rígido color azul y de 200 litros (L) de capacidad. Previo a su llenado, las paredes de los tambos se perforaron uniformemente a fin de promover la circulación de aire a través de las paredes hacia las mezclas a compostar.

Cuadro 1. Número y componentes de los tratamientos evaluados en el compostaje de breña de orégano molida y sin moler.

Tratamiento	Breña molida (Litros)	Breña sin moler (Litros)	Estiércol de vaca más tierra (Litros)	Urea (kg/m <sup>3</sup> )
1	120	-	80	0
2	120	-	80	2
3	120	-	80	6
4	-	120	80	0
5	-	120	80	2
6	-	120	80	6

Para cada tratamiento se utilizaron: a) breña de orégano (trozos de ramillas y tallos de plantas de orégano residuales a la separación de las hojas) molida y breña de orégano sin moler; b) tierra de enlame (arena de río mezclada con gran cantidad de materia orgánica); c) estiércol de vaca seco y d) urea ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) fertilizante. Previamente, el estiércol seco y la tierra de enlame se mezclaron en igual proporción (v:v) y con los dos tipos de breña de orégano, se hicieron mezclas en diferentes proporciones (Cuadro 1). En los tambos de 200 L los materiales, inicialmente, se acomodaron de la forma siguiente: se vaciaron 20 L de mezcla de tierra más estiércol para formar la primera de cuatro capas (80 L) intercaladas con tres capas de 40 L de breña de orégano (molida y sin moler) (120 L) dependiendo del tratamiento, para completar en total 200 L que es la capacidad de los tambos. La dosis de urea (2 y 6 kg m<sup>3</sup>) dependiendo de cada tratamiento, se aplicó en las capas de tierra más estiércol. Se realizaron tres volteos a los tambos de cada tratamiento, estos consistieron en un proceso de vaciado-revoltura-reentambado. Los volteos se realizaron con un mes de diferencia entre ellos, siendo el primer volteo un mes posterior al establecimiento del ensayo.

Se tomaron los datos de temperatura diariamente a las 12:00 am, con un termómetro de bayoneta en la parte media de la mezcla a compostar. El rango de humedad se fijó de 10 a 30 centibares (CB) por ser la humedad y aireación adecuada para la mayoría de los cultivos y en todo tipo de suelos. La humedad se monitoreó con tensiómetros que se colocaron en cuatro tambos, uno por tratamiento. La relación C/N se obtuvo del cociente de los



contenidos Carbono y el Nitrógeno de los mismos resultados. A partir de la base de datos elaborada en Excel (2016 Microsoft Corporations) se realizó la estadística descriptiva y se realizó también un análisis de varianza al 95% de confiabilidad, en los casos donde existieron diferencias significativas se realizó adicionalmente un análisis de separación de medias de Tukey en el programa estadístico (InfoStat, 2008).

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

El tiempo de maduración de la composta de residuos de orégano (breña molida y sin moler) elaborada en tambos de plástico perforados en promedio fue de 16 semanas. Tras el último volteo, la temperatura promedio semanal bajó ( $30^{\circ}\text{C}$ ) y determinó el final del proceso de compostaje. No fue posible observar diferencias significativas en el tiempo de maduración de la composta entre tratamientos. Al término del ensayo, en la composta de los tratamientos con breña sin moler fue posible reconocer restos de material original a compostar (ramas y tallos). Al día siguiente de establecido el ensayo, se registró un aumento de las temperaturas de los tratamientos 4 (breña sin moler y sin urea), 6 (breña sin moler +  $6\text{ kg m}^{-3}$  de urea) y 5 (breña sin moler +  $2\text{ kg m}^{-3}$  de urea) con temperaturas de  $49.80$ ,  $49.25$  y  $47.96^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Estas temperaturas están directamente relacionadas a la actividad microbiana y a la mayor disponibilidad de aire. A partir de la segunda semana la temperatura desciende, la de estos tres tratamientos llegó su nivel más bajo ( $31.47$ ,  $31.72$  y  $31.8^{\circ}\text{C}$ ) en la semana cuatro, en contraste con el resto de los tratamientos, los cuales registraron su menor valor promedio de temperatura hasta la semana cinco en la que se realizó el primer volteo ((vaciado-revoltura-reentambado) (Figura 1).

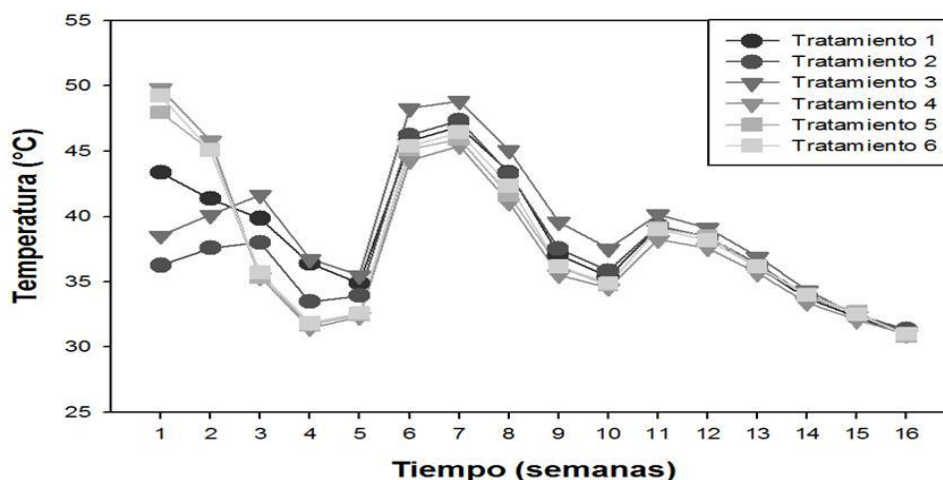


Figura 1. Temperatura promedio semanal por tratamiento de compostaje con breña de orégano molida y sin moler.

Corral-Torrecillas *et al.* (2011) elaboraron composta utilizando tallos, bagazo de orégano y estiércol de vaca en diferentes proporciones, el promedio de temperatura inicial en sus tratamientos fue de  $32^{\circ}\text{C}$ , el aumento de la temperatura en este ensayo fue paulatino observándose promedios de temperaturas de  $40$  a  $42^{\circ}\text{C}$  hasta la semana dos. A partir del

---

primer volteo (semana 5) y hasta la semana siete la temperatura de todos los tratamientos presentó un aumento significativo, las temperaturas promedio de los tratamientos 1, 2, 4, 5 y 6, fueron superiores a los 44 °C siendo el tratamiento 3 (breña molida + 6 kg m<sup>-3</sup> de urea) el que alcanzó la mayor temperatura (48.29°C) en este periodo. Hacia la semana ocho se vuelve a registrar un descenso de la temperatura hasta la semana diez en la que se realizó el segundo volteo, Las temperaturas promedio de los tratamientos 2, 1, 5, 6 y 4, tuvieron aumento de temperatura, aunque sin superar los 40°C, como en el caso del tratamiento 3 (40.14°C). A partir de la semana 11 inicia un descenso del promedio de temperatura semanal en todos los tratamientos. En la semana 14 se realiza el tercer volteo, en esta ocasión la temperatura media de los tratamientos no superó los 35°C.

Posterior a este volteo, las temperaturas medias de todos tratamientos no aumentaron, por el contrario, éstas descendieron en todos los tratamientos hasta la semana 16 que como máximo registraron 31.35°C. Esto se tomó como indicador del término del proceso de compostaje.

El contenido de humedad se mantuvo de forma relativamente fácil dentro de los niveles de humedad recomendados para el cultivo de plantas. Cifuentes *et al.* (2010) elaboraron composta a partir de caña picada y cachaza en diferentes proporciones en camas o pilas, ellos encontraron porcentajes de humedad iniciales de hasta el 70% y el contenido de humedad de sus pilas disminuye a los 20 días hasta un 20 %. Esto prolongó el proceso de compostaje hasta 140 días, en el presente trabajo solo fue aproximadamente de 130.

El contenido de humedad registrados por estos autores fue inferior a los registrados en este ensayo, sugiriendo que el contenido de humedad en los tambos es más controlable que en camas o pilas de compostaje. Contrariamente a lo esperado, el contenido de humedad promedio semanal de los tratamientos con breña sin moler fue, en general, mayor a la de los tratamientos de breña molida. Desde la semana uno, en que se realiza el primer riego, el contenido de humedad fue de 10.90 CB en los tratamientos de breña sin moler, este contenido de humedad fue más alto que el de los tratamientos con breña molida cuyo valor promedio fue de 13.80 CB. En la semana cinco y nueve los contenidos medios de humedad fueron en promedio de 20.30 y 21.40 CB para los tratamientos de breña sin moler y breña molida, respectivamente.

En la semana nueve los tratamientos de breña sin moler la humedad promedio fue de 19.83 CB en contraste con lo de breña molida con 22.17 CB. De la semana 13 a la 15 no se registraron variaciones notables, siendo siempre los tratamientos de breña sin moler los que registraron mayor promedio de humedad.

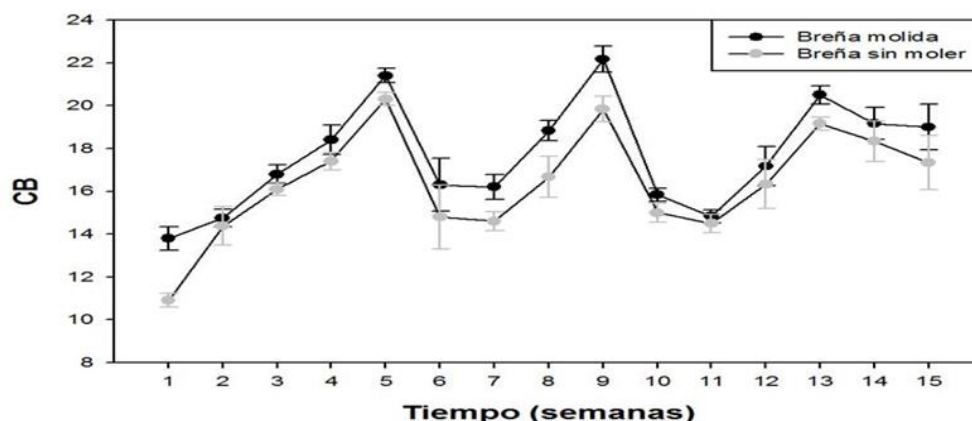


Figura 2. Humedad promedio semanal en los tratamientos de compostaje breña de orégano molida y breña sin moler.

El comportamiento del contenido humedad promedio semanal en los tratamientos en el presente estudio, se atribuye principalmente a la cantidad de espacios porosos inherentes a la característica de cada material (breña sin moler = mayor cantidad de espacios con aire) y breña (molida = menor cantidad de espacios con aire). De igual forma con la capacidad de retención de humedad, al parecer la breña sin moler tiene mayor capacidad de retención de humedad por tratarse de trozos leñosos a los cuales el agua se adhiere con mayor fuerza, contrariamente a lo que sucede con la breña molida, en la que no existen partículas con suficiente superficie de adherencia requerida por las partículas de agua. Prieto *et al.* (2009) evaluando la porosidad de diferentes sustratos encontraron que la corteza de pino compostada con porosidad media de 87% tiene una capacidad de aireación media de solo 11.8%, siendo su capacidad de retención de humedad relativamente baja. El rango de la relación C/N de todos los tratamientos vario de 18:1 a 25:1 siendo el rango recomendado de 20:1 a 40:1.

## CONCLUSIONES

A partir del compostaje de breña molida de orégano, adicionando estiércol (20%), suelo (20%) y 2 y 6 kg m<sup>-3</sup> de urea, por el método de tambos perforados, es posible obtener composta en cuatro meses, por otros métodos se puede tardar más de 6 meses hasta un año, de los métodos utilizados es en pila. El método de compostaje permite el monitoreo rápido de factores como la temperatura y humedad, indicadores para el tiempo de los volteos requeridos. En general el tratamiento con las mejores características fue el tratamiento 2 (breña molida+2 kg m<sup>-3</sup> de urea). La elaboración de composta a partir de breña de orégano también es una alternativa de uso para evitar la quema de residuos del aprovechamiento de orégano. Su principal desventaja es que solo puede ser utilizado para el compostaje de cantidades relativamente pequeñas de residuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cifuentes., R: Leon., R y Porres., C. 2011. Produccion de abono organico a partir de cacha y tallos de caña de azúcar recuperados de las carreteras. Universidad de Valle de Guatemala. Pp 1-17.
- Corral-Torrecillas., L, C: Gonzalez c., M y Vicencio R., G. 2011. Producción de compost a partir de residuos Generados en el proceso de aprovechamiento del orégano. CIIDIR IPN. Pp 153-160.
- Ishii K;Takii S. 2003.Comparison of microbial communities in four different composting processes as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. Journa of Applied Microbiology.95 (109- 119).
- Panizza L., A. 2005. La composta: una receta del siglo XXI. Arbórea. 7 (14 – 15) 38 – 44.
- Sauri R.,M.R; Castillo B.,E.R. 2002. Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. 6-3. (55- 60).
- SEMARNAT. 2011. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Recuperado de [www.sermanat.gob](http://www.sermanat.gob) julio de 2019.

---

## **AGRICULTURA SUSTENTABLE EN MANZANO**

**María del Rosario Jacobo Salcedo<sup>2</sup>, Juan Manuel Covarrubias Ramírez<sup>1</sup>, Víctor Manuel Parga Torres<sup>1</sup> y Juan Guillermo Martínez Rodríguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CESAL-INIFAP. Carretera Saltillo - Zacateca s km 342+ 119 #9515. Hacienda de Buena Vista, Saltillo, Coahuila, C.P 25315, <sup>2</sup>CENID RASPA-INIFAP. Margen derecho Canal Sacramento Km 6.5 Gómez Palacio Durango, C.P. 35140. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

### **INTRODUCCION**

El deterioro ambiental antropogénico ha provocado el calentamiento global del planeta, un aumento de la temperatura de 1.7 °C respecto a la media mundial, ha provocado oscilaciones extremas de fenómenos naturales (IPPC, 2018). La degradación de los recursos naturales, nos obliga a promover y confirmar que los temas de investigación, innovación, desarrollo tecnológico y educación del sector agroalimentario, constituyen la punta de lanza para transformar y llevar al máximo el potencial productivo del campo mexicano. 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).

Como el Manejo Integrado de Plagas (MIP), no se realiza en forma eficiente, se ha ocasionado que en México se utilicen 95 000 de toneladas de fertilizantes químicos y plaguicidas que representan un ingreso de 13 millones de pesos a las compañías, esto significa que se utilizan al menos 186 plaguicidas altamente peligrosos porque contienen sustancias cancerígenas y al menos 12 de ello se han prohibido como el Alaclor, Paraquat, Metan sodio, Metamidofos, Endosulfan, Malatión y Bromuro de Etilo. En México en 2013, se registraron 2,936 intoxicaciones por estos productos, un 20 % menos que en 2012 (COFEPRIS, 2015). Estudios actuales indican que se encuentran residuos de DDE, endosulfán,  $\gamma$ -clordano, heptacloro epóxido y endrín en los suelos agrícolas. Por lo que las zonas agrícolas están contaminadas y son un riesgo para la salud y el medio ambiente (Leal-Sóto, 2014).

Para alcanzar el desarrollo de una producción agrícola sustentable y eficiente que garantice la seguridad alimentaria, mitigue el impacto del cambio climático, el deterioro de los recursos naturales y el efecto de las plagas en un comercio globalizado, es importante considerar el manejo sustentable, una estrategia que va en aumento en el mundo y que se busca incrementar en el país (INIFAP, 2019).

El objetivo del presente estudio es implementar el programa de manejo sustentable para el manzano en la sierra de Arteaga, en Coahuila y Nuevo León, a solicitud de los productores, como un servicio del INIFAP.

### **MATERIALES Y METODOS**

El programa de manejo sustentable en manzano se realizó el ejido Rancho Nuevo, en Arteaga, Coahuila en una huerta de 1.68 ha localizada en las coordenadas 25°22'52.8" N, 100°32'4.64 O y 2,587 msnm, la huerta de manzano con la variedad Golden estándar con

arreglo de 6 x 5 m. El manejo sustentable comprende los aspectos de nutrición, plagas y enfermedades.

#### Nutrición.-

El Manejo sustentable inicia con la preparación de vermicomposta con estiércol de ovino y lombriz roja californiana, además se aplica *Bacillus subtilis*, para enriquecer la vermicomposta. Con los biolíquidos obtenidos del proceso de vermicomposteo se inicia la nutrición en la fase de punta plateada aplicando 1 litro por árbol.

Una vez que la vermicomposta esta lista se aplica en un bote de 5 L, se aplica este volumen por árbol incorporando con azadón. La cantidad en kg es variable debido a la densidad y el contenido de agua en la vermicomposta, por eso se utiliza en envase de 5 L. Este proceso sirve para la nutrición hasta floración, se repita dos veces más para la nutrición desde floración a fruto de 5 cm y de ahí hasta cosecha. La biofertilización con el biolíquido de la vermicomposta se realiza con una dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> y se aplica de manera quincenal.

#### Plagas.-

En la fase de punta verde se inicia las aplicaciones de repelentes a base de 3 kg de ajo, chile, canela y nopal mezclados en un fermentador de 200 L, la preparación se realiza en un biodigestor con 15 días de anticipación. El producto se cuela en 100 mesh y se adiciona al tanque de aspersión con 3 kg de pirofosfato de sodio (detergente). 10 días después de la aplicación se liberan avispas de *trichogramma*, para el control biológico de la palomilla de la manzana y cada mes se liberan *chrysopas*, para el control de pulgones. Las aplicaciones se detienen en la fase de primera flor para dejar que las abejas realicen la polinización, una vez pasado esto se continúan con el manejo.

#### Enfermedades.-

Para las enfermedades se aplica azufre agrícola en dosis de 3 kg en 600 L, se adiciona 1 g de ácido acetil salicílico, y 3 kg de pirofosfato de sodio y el nopal previamente fermentado en el biodigestor y colado con mesh 100 para evitar taponamientos. Las aplicaciones se hacen cada 15 días alternando con las de plagas para que sea una semana plagas y otra las enfermedades.

Cuando inicia el periodo de lluvias se aplica *Trichoderma harzianum* para el control de la roña (*Venturia inaequalis*), las aplicaciones deben realizarse en la mañana una vez que amanece, para evitar que se lave por lluvia vespertina.

#### Fertilización postcosecha.-

La aplicación de sulfato ferroso al 3% y urea al 0.5%, es la forma más adecuada de aplicar hierro y nitrógeno para dormancia, y se aplica antes de la caída de todas las hojas del árbol a causa de las heladas, o sea a la primera helada donde se vea daño físico en las hojas apicales.

#### Encalado.-

El encalado se utiliza para la acumulación de unidades frío y lograr una adecuada brotación floral y, por consecuencia, un buen rendimiento. El encalado de los troncos de los árboles,

es una práctica común para reducir el agrietamiento de los troncos por el calentamiento en dormancia. Aunque la radiación es menor en invierno, causa mayor daño al árbol porque este se encuentra sin cubierta vegetal. Un tronco sin encalar provoca que la epidermis se rompa y cause una herida en el tronco, lo que permite la entrada de plagas y enfermedades que debilitan al árbol a través de los ciclos de producción.

El uso del cobre como fungicida ayuda al control de enfermedades porque forma una película sobre el tronco del árbol. Los iones  $\text{Cu}^{2+}$  son absorbidos por contacto por los microorganismos en la etapa de germinación de las esporas. El  $\text{Cu}^{2+}$  sustituye a otros metales esenciales para la vida de los patógenos y produce una intoxicación, además de la muerte.

La forma de preparación es la siguiente: agregar 50 L de agua en depósito de 200 L, después agregar 5 kg de sulfato de cobre más 1 kg de cloruro de sodio y agitar, aforar a 150 L o sea 3/4 del tanque y agregar 5 kg de cal hidratada y 3 pencas de nopal como adherente y agitar.

Esta mezcla debe estar agitándose constantemente y en recipientes de 20 L tomar esta cantidad del tambo y aplicar con brocha de ixtle al árbol. Se debe poner cuidado porque cuando está húmedo con la aplicación no se observa claramente el área aplicada y puede sobre aplicarse.

Encalado en aplicaciones foliares a todo el árbol con cobre, para reducir el efecto de enfermedades. El uso de aspersiones de sulfato de cobre pentahidratado, carbonato de calcio pentahidratado, sal comercial y pencas de nopal. El cobre y la cal actúan como fungicidas, la sal como dispersante y el nopal como adherente, si no se cuenta con nopal, se puede utilizar un adherente comercial y compatible con el cobre y el calcio.

La aplicación debe realizarse antes de la fase de punta plateada para reducir el efecto de las enfermedades.

La única variable que se medirá será rendimiento de fruta en kg por árbol a una densidad de población por hectárea

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, el biolíquido tiene una concentración de sales superior a  $16 \text{ dS m}^{-1}$ , como todo estiércol aporta sales y el manzano tolera hasta niveles de  $1.7 \text{ dS m}^{-1}$  en la solución del suelo; el contenido de nitrógeno no supera el nivel de que debe tener un fertilizante, sólo 0.61% ( $6100 \text{ mg kg}^{-1}$ ), por lo cual, los tratamientos son deficientes en este nutrimento, aun cuando con el nivel de biofertilización con  $3 \text{ L ha}^{-1}$ , este elemento fue el que se aplicó a mayor concentración, respecto al resto. El contenido de fósforo y potasio fueron deficientes como fertilizante con 0.034% ( $337 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y 0.35% ( $3500 \text{ mg kg}^{-1}$ ), respectivamente, al igual con el nivel de calcio y magnesio, pero la ventaja de la biofertilización es aplicar dosis bajas y frecuentes para suplir las necesidades del cultivo (Covarrubias y Ramos, 2014).

En los microelementos, todos los tratamientos tienen un suministro deficiente excepto el sodio que es el microelemento de mayor concentración en la biofertilización, el hierro y el boro ( $29.7$  y  $17.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ); le siguen en abundancia y además se aporta silicio y selenio que son elementos benéficos, lo que hace que el biolíquido sea un fertilizante completo en bajas concentraciones, pero más eficiente por las aportaciones de ácidos húmicos y fúlvicos, que

no rebasan el 0.2%. Cabe señalar que con esta dosis se logró la suficiencia nutrimental en la mayoría de los elementos (Covarrubias *et al.* 2017)

Cuadro 1. Concentración nutrimental del biónquido y dosis de biofertilización aplicadas.

Elemento	Unidades	Concentración	3 L ha <sup>-1</sup>
potencial Hidrógeno		7.77	
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	16.51	31.7*
Nitrógeno	mg kg <sup>-1</sup>	6100	18.3
Fósforo-PO <sub>4</sub>	mg kg <sup>-1</sup>	337	1.011
Potasio	mg kg <sup>-1</sup>	3500	10.5
Calcio	mg kg <sup>-1</sup>	120	0.36
Magnesio	mg kg <sup>-1</sup>	50	0.15
Hierro	mg kg <sup>-1</sup>	29.73	0.08919
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	4.78	0.01434
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	2.58	0.00774
Manganeso	mg kg <sup>-1</sup>	1.2	0.0036
Boro	mg kg <sup>-1</sup>	17.44	0.05142
Sodio	mg kg <sup>-1</sup>	367	1.101
Silicio	mg kg <sup>-1</sup>	1.95	0.0058
Selenio	mg kg <sup>-1</sup>	0.20	0.00061
Ácidos Húmicos	%	0.19	5.7
Ácidos Fúlvicos	%	0.18	5.4

\*gramos aplicados

Las plagas del manzano que se controlaron fue la palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L), la cual se monitorea mediante días grado y se muestrea diariamente con una trampa triangular con feromona para atraer a la palomilla, con las capturas en la trampa, se determina la mayor captura que fue de 5 o 6 palomillas por día y a partir de ahí se contabilizan 120 días grado y se aplica el repelente cuando la palomilla inicia su vuelo (Sánchez *et al.*, 2000).

Cuando la palomilla está en estado de pupa se utiliza la avispa *Trichogramma* para que oviposite en esta. Otra plaga que se presenta es el pulgón lanífero (*Eriosoma lanigerum* HAUSM) con Crisopa (*Crysopa carnea*) que oviposita sobre el insecto, la aplicación de los repelentes está en función de los días grado en que el insecto llega a palomilla, por lo general son 2 a 3 aplicaciones en el ciclo de cultivo, en los intervalos se utilizan los insectos benéficos (Van and Martens, 2011). Hoy en día debido al deterioro ambiental, de dos vuelos de adultos de palomilla que se tenían en la región, ya se presentan 3 que era conocido como vuelo suicida, porque la manzana ya se había cosechado en otoño, ahora se presenta a finales de agosto y principios de septiembre.

Las enfermedades que se presentaron en el cultivo de manzano en la Sierra de Arteaga en Coahuila y Nuevo León, fueron el hongo de la roña (*Venturia inaequalis*) y cenicilla (*Oidium farinosum*, *Podosphaera leucotricha*), estas enfermedades se aparecen en las partes más débiles de los brotes y de la fruta como son los daños en crecimiento del fruto (Agris, 1997)



y su control sustentable se realizó al momento de su incidencia con Azufre Agrícola en 3 kg en 600 L de agua más Ácido acetil Salicílico en dosis de 1 g en 600 L de agua y el uso del hongo *Trichoderma harzianum* como control biológico para Roña (*Venturia inaequalis*) a una dosis de 5 sobres de 100 g en 600 L al menos 5 días después de la aplicación del azufre, para evitar antagonismos, con lo cual la incidencia de cenicilla fue mínima y no se presentó efecto de la roña en el fruto. Cabe mencionar que el manejo sustentable es preventivo y no curativo.

Tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) es una enfermedad extremadamente destructiva; la bacteria infecta las flores, éstas se observan como si estuvieran mojadas y empapadas, después se marchitan y tornan de un color café a café oscuro. Cuando la infección se presenta en los brotes, las puntas de éstos se doblan y forman un “cayado de pastor” y rápidamente torna a un color café oscuro como si se quemara por fuego. De los brotes, la enfermedad puede pasar a las ramas empezando a descortezarlas y presentar el color café oscuro característico del tizón. Esta enfermedad como inóculo puede mantenerse en las ramas y el tronco en invierno en forma latente para que una vez que se presente humedad se exprese nuevamente (Covarrubias, 2016b). El control con la fertilización postcosecha con el ion Hierro y con el encalado con el ion Calcio y Cobre (Brown *et al.*, 2015) además de poda en partes ya infestadas, y que deben incinerarse, redujo la incidencia en el tronco y no se presentó esta enfermedad en el desarrollo de la flor y de fruto. Cabe señalar que la brotación y la floración se presentan en la etapa de estiaje, por lo cual, no se presentaron condiciones agroclimáticas para la incidencia de esta enfermedad (Covarrubias, 2016a).

El rendimiento fue de 9.6 t ha<sup>-1</sup> de manzana de calidad con grados Brix de 11.2 y color amarillo claro.

El manejo sustentable como México no tiene certificación válida en Estados Unidos, tiene que ser certificados por ellos como agricultura orgánica para que la producción pueda ser comercializada en ese país (Aguilar, 2014). La agricultura moderna debe ser sustentable, pero se necesita primero sanear las zonas agrícolas, porque es preventiva y poco curativa (Childers *et al.*, 1995). Esta condición es poco utilizada, porque la mayoría de los productores que quieren realizar agricultura orgánica utilizan los productos específicos para ésta con poca efectividad (WSDA, 2016).

En muchos casos el consumo de productos orgánicos no es rentable, porque solo está enfocado a un grupo selecto de la sociedad que tiene el recurso económico para adquirirla, pero las zonas rurales con productores de bajos recursos, utilizan estas tecnologías que son de bajo costo y por el apoyo de los comités de sanidad vegetal para la aportación de los insectos y microorganismos benéficos, es una controversia la producción sin mercado, su comercialización se dificulta después de tanto esfuerzo.

## CONCLUSIONES

La agricultura sustentable es la mejor forma de reducir el deterioro ambiental, su implementación es factible, pero su comercialización dificulta el éxito de esta tecnología.

---

**BIBLIOGRAFIA**

- Aguilar P., J. H. 2014. Manual para el manejo orgánico del nogal pecanero. Palilibrío LCC. Bloomington, IN. 259 p.
- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology 4th Ed. Academic Press. San Diego, Cal. 635 p.
- Brown T. L.; LeMay Jr H. E.; Bursten B. E.; Murphy C. J.; Woodward P. M. and Stoltzfus. 2015. Chemistry. The Central Science. 13th Edition, AP® Edition. Pearson. USA. 1195 p.
- Childers, N. F., J. R. Morris and G. S. Sibbett. 1995. Modern fruit science. Horticultural publications. Gainesville, Florida. U. S. A. 632 p.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2015. Catálogo de plaguicidas y fertilizantes. <http://www.cofepris.gob.mx>, (Consultado marzo de 2015).
- Covarrubias-Ramírez, J. M. y Vázquez-Ramos, J. A. 2014. Guía de fertirrigación del manzano en Coahuila y Nuevo León. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. MX-0-310391-28-03-15-09-60. Coahuila, México. 77 p.
- Covarrubias R., J. M. 2016a. Prevención del tizón de fuego en manzano. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Boletín Electrónico Año 1, No. 1. 2 p.
- Covarrubias R., J. M. 2016b. Fertilización postcosecha en manzano. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Boletín Técnico No. MX-0-310305-28-03-15-16-07. INIFAP/CIRNE/A-572. 3 p.
- Covarrubias-Ramírez J. M., Jacobo-Salcedo, M. del R., Hernández-Maruri J. A., Nava-Reyna, E., Parga-Torres V. M. 2017. Biofertirrigación con biolíquidos en manzano en Arteaga, Coahuila. AGROFAZ 17(2):17-29.
- 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. 22 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2019. Boletín No. 133. Julio 2019. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, MEX. 144 p.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5 °C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Leal-Soto, S. D.; A. I. Valenzuela Q.; M. de L. Gutiérrez C.; M. del C. Bermúdez A.; J. García H.; M. L. Aldana M.; P. Grajeda C.; M. I. Silveira G.; M. M. Meza M.; S. A. Palma D.; G. N. Leyva G.; B. O. Camarena G. y C. P. Valenzuela N. 2014. Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos agrícolas. Terra Latinoamericana 32(1): 1-11.
- Sánchez V., V. M.; P. A. Cerda G.; F. Martínez D. y J. Landeros F. 2000. Manejo integrado de la palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L.). Manual para productores. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 31 p.
- Van Zeijl -Rozema A. and P. Martens. 2011. Integrated monitoring of sustainable development. Sustain J Rec 4(4):199-202.
- Washington State Department of Agriculture (WSDA). 2016. Organic Program. USDA National Organic Standards. Washington, DC. 71 p.

---

## OSCILACIÓN TÉRMICA COMO RESPUESTA DEL DETERIORO AMBIENTAL ANTROPOGENICO

Mario P. Narváez Mendoza<sup>2</sup> y Juan M. Covarrubias Ramírez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>C.E. Saltillo, INIFAP, <sup>2</sup>Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remoto.

\*covarrubias.juan@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC, 2018), señala que una diferencia de solo medio grado de temperatura tendría consecuencias devastadoras para nuestro planeta, por lo que cada vez es más urgente limitar el aumento de la temperatura global a un máximo de 1,5 grados centígrados, Y el tiempo para actuar se nos está acabando, se asegura en el último informe del IPCC, el que ha sido descrito como "un último llamado" para salvar a la Tierra de una inminente catástrofe, porque vamos camino a un aumento de 3 °C, muy por encima del máximo de 2 °C contemplado por los Acuerdos de París sobre cambio climático. El intemperismo, también denominado meteorización, es un fenómeno geológico denominado exógeno, pues tiene lugar en la superficie de la tierra o en sus proximidades, y que afecta a las rocas en su estructura; forma parte junto con los procesos gravitacionales y la erosión de los llamados procesos externos que son un componente importante del ciclo de las rocas, pues son los responsables de la transformación de la roca sólida en sedimentos, que en una etapa del ciclo van a formar los suelos (Royo-Ochoa *et al*, 2010). La intemperización física es provocada por el clima y la temperatura es el factor de mayor importancia, porque a mayor temperatura, menor humedad, mayor evaporación. La temperatura es una respuesta a la radiación que indica la cantidad de energía solar retenida por el aire en un momento dado (Torres-Ruiz, 1979).

### MATERIALES Y MÉTODOS

La desertificación se determina como oscilaciones térmicas de 20 °C o mayor, lo que indica que la radiación hace que la temperatura oscile de temperatura mínima a temperatura máximas durante el día, esta oscilación provoca intemperismo, que ocasiona la degradación de las partículas (Torres-Ruiz, 2011).

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, 2016) 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 temperatura máxima y mínima. 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 2018 ya se tienen los 14 años para el estudio, pero para 2019, estas estaciones dejaron de operar, por lo cual, con esta información se realiza 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

Los días de oscilación térmica de más de 20 °C, se agruparán por mes y se realizará un análisis multivariado con media 0 y varianza 1 como frecuencia y se compararan dos estaciones con diferente localidad: una de clima templado y Sierra a más de 2,000 msnm y otra de clima semiárido con más de 1,000 msnm, para conocer el avance del proceso de desertificación en el estado de Coahuila, y su efecto por el deterioro ambiental en la incidencia de la desertificación mediante la oscilación térmica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de oscilación 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 oscilación en el CELALA, en los meses de enero a abril aumenta la frecuencia por el invierno e inicio de primavera, a partir de mayo hasta octubre la oscilación se reduce, pero la temperatura se mantiene elevada, lo que indica que esta zona semiárida después de un proceso de oscilación extrema se mantiene en condiciones de alta temperatura, característicos de la zonas semiáridas bajo un proceso de aridez (González *et al.*, 2013).

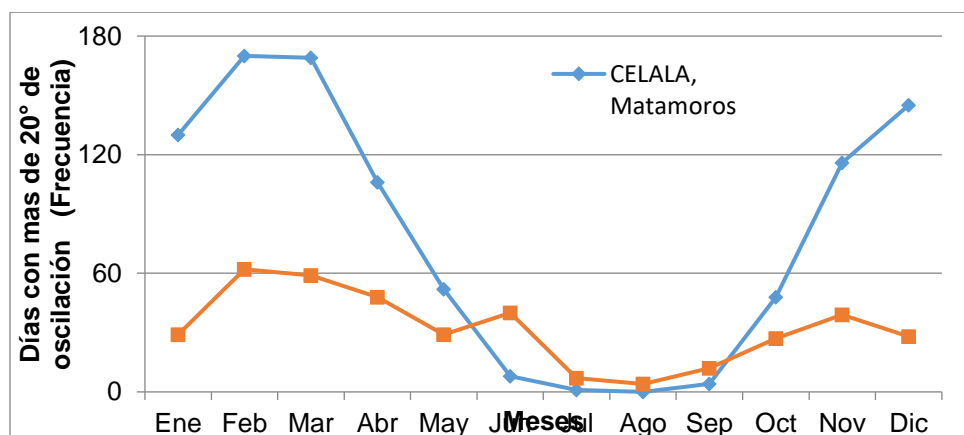


Figura 1. Oscilación térmica en dos localidades de Coahuila.

El índice para el mes de enero en dos estaciones es contrastante, CELALA en una zona semiárida y Roncesvalles en una zona Templada (Figura 2 y Figura 3). El índice señala que para la laguna la oscilación es mayor, esto es debido a la incidencia de frentes fríos y porque estamos en la estación de invierno, por lo cual, su valor es mayor de 1 con mayor frecuencia y mayor intensidad, lo que indica que continua el proceso de desertificación y sequía (Briones-Sánchez y Covarrubias-Ramírez, 2016).

La oscilación en el clima templado de la localidad Roncesvalles. La mayor parte de sus valores son negativos y su intensidad máxima de oscilación es 62 días con oscilación de más de 20 °C en un periodo de 14 años, característico de un clima templado (Villalpando, 1984).

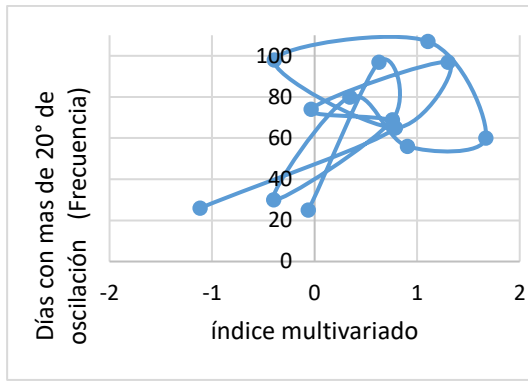


Figura 2. Índices para el mes de enero para la estación CELALA, en Matamoros, Coah.

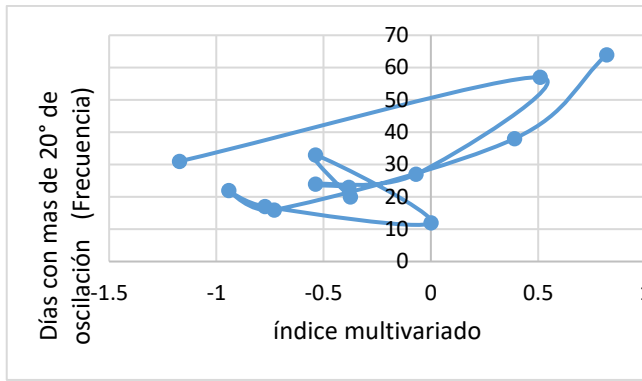


Figura 3. Índices para el mes de enero para la estación Roncesvalles, Coah.

En septiembre como la época de mayor lluvia en el país, la temperatura en las condiciones en las zonas templadas son menores respectos a una condición semiárida donde la lluvia llega a 50 mm por año, esta situación provoca que el suelo tenga mayor humedad y reduzca el efecto de intemperización y desertificación (Kutílek, 2011)

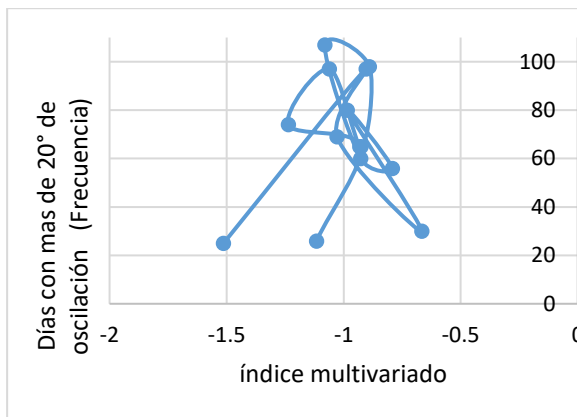


Figura 4. Índices para el mes de septiembre para la estación CELALA, en Matamoros, Coah.

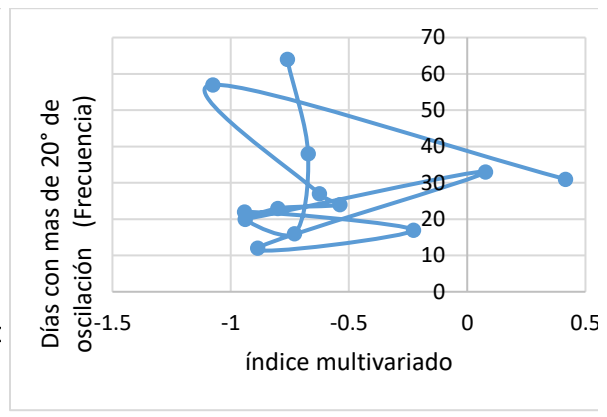


Figura 5. Índices para el mes de septiembre para la estación Roncesvalles, en Artega, Coah.

En el CELALA, como las temperaturas se mantienen arriba de los 20 °C, durante este mes la oscilación no supera el valor de 20, y se mantiene caliente la superficie característica de una región semiárida (Figura 4); los valores del índice son menores a 0.5 hasta menos 1.5, lo que indica que no hay variaciones significativas. La región templada de Roncesvalles en cambio es más estable con oscilaciones positivas, lo que indica que no es un clima extremo, y aunque presente oscilaciones estas no son tan frecuentes.

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 (Narváez-Mendoza, 2017), porque mediante radiación se calientan las partículas.

El INIFAP se encarga de promover tecnologías sustentables e instrumentar el sistema de información sobre el efecto del deterioro ambiental antropogénico que ocasiona el cambio climático, que tanto nos afecta, pero que nosotros mismos lo provocamos (INIFAP, 2016).

### CONCLUSIONES

El índice multivariado para análisis de las oscilaciones térmicas nos permite conocer la variación a través del tiempo y nos 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

- Briones-Sánchez, G. y J. M. Covarrubias-Ramírez. 2016. Estimación del índice multivariado ENSO en Coahuila. In: Vázquez Navarro, Manuel; Puentes Gutiérrez, Judith; Martínez Ríos, Juan José; López Calderón, Magali Jeaneth y Vázquez Navarro, Mayarín de Jesús (eds). Memoria XXVIII semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 28:963-968.
- González Zúñiga, Inés; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Zermeño González, Alejandro; Zarate Lupercio, Alejandro; Parga Torres, Víctor Manuel y Sánchez Chaparro, Juan David. 2013. Determinación de la sequía en tiempo real en Coahuila. In: Galindo Mendoza, María Guadalupe et al. (eds). Memoria XX Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota. San Luis Potosí, S. L. P. ID99:1-6.
- 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
- Kutílek M. 2011. Soil and climatic change. *Soil & Tillage Research*. 117:1-7.
- Narváez-Mendoza, M. P. y J. M. Covarrubias Ramírez. 2017. Análisis de la radiación solar en Coahuila mediante un índice multivariado. In: Vázquez Navarro, José Manuel; López Calderón, Magali Jeaneth; Soto González, Roberto y Camacho Rodríguez, Yasmin (eds). Memoria XXIX semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 29:315-320.
- Royo-Ochoa, M., R. Chávez-Aguirre, A. Pinales-Munguía, J. Castañeda-Ávila, M. L. Villalba, M. S. Espino-Valdés, R. De la Garza-Aguilar, P. I. Cordero-De los Ríos, R. Acosta-Chávez, J. Urrutia-Fucugauchi, L. M. Alva-Valdivia, M. Royo- León y L. H. Colmenero-Sujo. 2010. El intemperismo y las rocas en la construcción. Memoria 4° Congreso Nacional ALCONPAT. Xalapa, Veracruz, México pp 11-33.
- Torres-Ruiz, E. 1979. Climatología y meteorología. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 84 p.
- Torres-Ruiz, E. 2011. Agrometeorología. 2ª Ed. Ed. Trillas .156 p.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5 °C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Villalpando I. J. F. 1984. Caracterización agroclimática del área de influencia de los campos experimentales de la zona centro. INIA. Zapopan, Jal. 101 p.

---

## PRESENCIA DE CHICHARRITAS (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) EN CEBOLLA Y AJO DE AGUASCALIENTES Y ZACATECAS

Gabriela Navarrete<sup>1</sup>, Rodolfo Velásquez-Valle<sup>2</sup> y Maihualy Martínez-Fernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica de Biología, Universidad Autónoma de Zacatecas, <sup>2</sup> Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R. Zac., México. CP 98500. <sup>3</sup> Campo Experimental Valle de Guadiana – INIFAP . velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

El cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) posee gran importancia en el orden socioeconómico del estado de Zacatecas; proporciona empleos directos entre septiembre y mayo cuando existen pocas opciones en el medio rural e indirectos en el resto del año. La superficie anual dedicada a este cultivo en el estado fluctúa alrededor de 2000 hectáreas por lo que Zacatecas es considerado el productor más importante a nivel nacional (Reveles-Hernández *et al.*, 2014a). En Aguascalientes la superficie cultivada con esta aliacea es cercana a 400 hectáreas (). Por su parte, la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en Zacatecas ocupa más de 4000 hectáreas con una producción de 162, 000 toneladas que indican un rendimiento promedio estatal de 39.1 toneladas por hectárea (Reveles-Hernández *et al.*, 2014b)

Existe poca información regional acerca de la presencia de insectos plaga en estos cultivos; entre las más importantes se encuentran los trips (*Thrips tabaci* L.), sin embargo, la información acerca de la presencia de chicharritas en ambos cultivos es prácticamente nula. La presencia de estos insectos es importante ya que pueden, potencialmente, dañar las plantas de ajo y cebolla directamente al alimentarse de ellas pero también al actuar como vectores de virus y fitoplasmas. En el norte centro de México algunas especies de chicharritas (*Circulifer tenellus* Baker, *Empoasca abrupta* DeLong y *Ceratagallia nitidula* Oman) han sido señaladas como vectores de virus, fitoplasmas y bacterias (Velásquez-Valle *et al.*, 2008; Mauricio-Castillo *et al.*, 2015; Swisher *et al.*, 2016; Salas-Muñoz *et al.*, 2018). Por lo tanto, el objetivo del actual trabajo consistió en identificar los géneros de chicharritas presentes en los cultivos de ajo y cebolla de Aguascalientes y Zacatecas, México.

### MATERIALES Y METODOS

Se capturaron chicharritas en parcelas comerciales de ajo y cebolla seleccionadas al azar en los estados de Aguascalientes y Zacatecas. La captura de chicharritas se realizó mediante una red entomológica de golpeo (100 golpes de red en cada sitio de captura) en el centro y borde de cada parcela. Los insectos capturados se trasladaron al laboratorio de fitopatología del Campo Experimental Zacatecas donde se separaron los cicadelidos, se identificaron y contaron por sexo. La identificación se realizó con ayuda de las claves taxonómicas propuestas por Nielson (1968).



### RESULTADOS Y DISCUSION

En parcelas de ajo y cebolla de Zacatecas se identificaron adultos de chicharritas pertenecientes a 17 géneros de la familia Cicadellidae: *Aceratagallia* spp., *Agallia* spp., *Balclutha* spp., *Carneocephala* spp., *Circulifer* spp., *Colladonus* spp., *Dalbulus* spp., *Deltocephalus* spp., *Draeculacephala* spp., *Empoasca* spp., *Exitianus* spp., *Graminella* spp., *Macrosteles* spp., *Ollerianus* spp., *Penestrangania* spp., *Scaphytopius* spp. y *Texananus* spp., sin embargo, solamente nueve de ellos (*Aceratagallia*, *Circulifer*, *Dalbulus*, *Draeculacephala*, *Empoasca*, *Exitianus*, *Graminella* y *Ollerianus*) fueron comunes a ambos cultivos; siete géneros (*Agallia*, *Balclutha*, *Carneocephala*, *Colladonus*, *Deltocephalus* y *Macrosteles* y *Texananus*) se encontraron únicamente en parcelas de ajo mientras que un género (*Penestrangania*) se identificó solamente en parcelas de cebolla.

Los géneros más abundantes en las parcelas de ajo fueron *Empoasca*, *Circulifer*, *Scaphytopius* y *Graminella*, los cuales representaron el 54.7, 9.4, 8.0 y 7.5% del total de chicharritas capturadas en dichas parcelas; por el contrario, los géneros menos frecuentes resultaron *Deltocephalus*, *Exitianus* y *Ollerianus* con el 0.5% del total capturado en cada caso (Cuadro 1). En el caso de las parcelas de cebolla los géneros más abundantes fueron *Circulifer*, *Aceratagallia* y *Graminella* cuyos individuos representaban el 46.4, 28.9 y 10.9% de la población total capturada. Los géneros menos abundantes fueron *Dalbulus*, *Macrosteles*, *Scaphytopius* y *Penestrangania* con el 0.5% del total de chicharritas capturadas en este cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Abundancia relativa y prevalencia de géneros de chicharritas en parcelas de ajo y cebolla en Zacatecas, México.

Género	Ajo		Cebolla	
	Abundancia relativa (%)	Prevalencia (%)	Abundancia Relativa (%)	Prevalencia (%)
<i>Aceratagallia</i>	4.2	21.7	28.9	70.6
<i>Agallia</i>	1.0	8.7	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Balclutha</i>	1.0	8.7	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Carneocephala</i>	1.4	4.3	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Circulifer</i>	9.4	34.8	46.4	64.7
<i>Colladonus</i>	1.0	8.7	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Dalbulus</i>	4.7	21.7	0.5	5.9
<i>Deltocephalus</i>	0.5	4.3	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Draeculacephala</i>	2.8	13.0	1.9	11.8

<i>Empoasca</i>	54.7	82.6	7.1	41.2
<i>Exitianus</i>	0.5	4.3	1.4	11.8
<i>Graminella</i>	7.5	17.4	10.9	70.6
<i>Macrosteles</i>	0.5	5.9	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>
<i>Ollerianus</i>	0.5	4.3	1.4	5.9
<i>Penestrangania</i>	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>	0.5	5.9
<i>Scaphytopius</i>	8.0	13.0	0.5	5.9
<i>Texananus</i>	2.8	8.7	NP <sup>x</sup>	NP <sup>x</sup>

NP<sup>x</sup> Género no presente.

Adultos de los géneros *Exitianus* y *Ollerianus* fueron capturados en parcelas de chile para secado del tipo Mirasol y Ancho en el norte centro de México (Velásquez-Valle *et al.*, 2018). En el estado de Jalisco, México se mencionó la presencia de la especie *E. picatus* en parcelas de maíz durante la estación lluviosa; otra especie del mismo género, *E. exitiosus*, es vector de un virus en maíz (Pinedo-Escatel, 2014).

La prevalencia o número de parcelas de ajo donde se encontró un género específico varió entre 4.3% (géneros *Carneocephala*, *Deltocephalus*, *Exitianus* y *Ollerianus*) y 82.6% (género *Empoasca*). En las parcelas de cebolla dicha variable osciló entre 5.9% (géneros *Dalbulus*, *Macrosteles*, *Ollerianus*, *Scaphytopius* y *Penestrangania*) y 70.6 % (géneros *Aceratagallia* y *Graminella*) (Cuadro 1).

La especie *Penestrangania apicalis* fue reportada inicialmente en Estados Unidos de Norteamérica de donde se ha diseminado a otras partes del mundo; se alimenta sobre un árbol utilizado como ornamental en ese país. No se reporta como vector de virus (Nickel *et al.*, 2013).

La chicharrita del betabel *C. tenellus* en Zacatecas ha sido señalada como vector del Curtovirus *Beet mild curly top virus* y bacterias asociadas al floema como *Spiroplasma citri* y Candidatus *Phytoplasma trifolii* (Velásquez-Valle *et al.*, 2008; Velásquez-Valle *et al.*, 2012; Mauricio-Castillo *et al.*, 2015; Swisher *et al.*, 2016; Salas-Muñoz *et al.*, 2018) infectando cultivos de gran importancia económica en Zacatecas como ajo, chile, frijol, jitomate, tomate de cáscara y zanahoria; en el actual trabajo se detectó su presencia en ambos cultivos aunque tanto su abundancia relativa como su prevalencia fue mayor en las parcelas de cebolla donde la sintomatología causada por CPt en ajo no ha sido observada.

Los géneros *Aceratagallia*, *Agallia*, *Balclutha*, *Carneocephala*, *Circulifer*, *Dalbulus*, *Draeculacephala*, *Empoasca*, *Exitianus*, *Graminella*, *Ollerianus*, *Scaphytopius* y *Texananus* han sido reportados en Zacatecas en maleza y chile (Velásquez-Valle *et al.*, 2017; Velásquez-Valle *et al.*, 2018). Sin embargo, los géneros *Colladonus*, *Deltocephalus* y *Penestrangania* no habían sido asociados con estos cultivos en Zacatecas, México; en el

actual trabajo su abundancia relativa fue notablemente reducida, 1.0, 0.5 y 0.5% respectivamente. De acuerdo con Nielson (1988) el género *Colladonus* es originario de México donde se encuentran hasta 15 especies que fueron colectadas en localidades de Michoacán, Veracruz y Chihuahua, entre otros (Cuadro 1).

Es importante resaltar la presencia del género *Empoasca* en ambos cultivos, aunque la abundancia relativa y prevalencia fueron superiores en las parcelas de ajo (54.7 y 82.6%, respectivamente) que en las de cebolla (7.1 y 41.2% respectivamente); la especie *E. abrupta* fue reportada recientemente como vector de CPT (Salas-Muñoz *et al.*, 2018), por lo que los valores de abundancia relativa y prevalencia reportados para éste género en el presente trabajo pueden ser importantes de confirmarse la presencia de *E. abrupta* entre las poblaciones de este género en las parcelas de ajo y cebolla en Zacatecas.

Solamente el género *Empoasca* se encontró en más del 50% de las parcelas de ajo muestreadas por lo que se consideró como constante; el género *Circulifer* se caracterizó como accesorio al encontrarse en el 34.8% de las parcelas muestreadas mientras que el resto de los géneros se consideró como accidentales ya que fueron capturados en menos del 25% de las parcelas muestreadas. En las parcelas de cebolla se considera a los géneros *Aceratagallia*, *Graminella* y *Circulifer* como constantes; al género *Empoasca* como accesorio y los restantes géneros como accidentales. Es importante resaltar que algunas especies pertenecientes a los géneros *Circulifer* y *Empoasca*, reportados como vectores de patógenos causantes de enfermedades virales y bacterianas (Mauricio-Castillo *et al.*, 2015; Salas-Muñoz *et al.*, 2018), se encuentran considerados como géneros constantes o accesorios en ambos cultivos, por lo que debe valorarse el papel de estas aliáceas en la epidemiología de esas enfermedades.

## CONCLUSIONES

Se capturaron 17 géneros de chicharritas (*Aceratagallia*, *Agallia*, *Balclutha*, *Carneocephala*, *Circulifer*, *Colladonus*, *Dalbulus*, *Deltocephalus*, *Draeculacephala*, *Empoasca*, *Exitianus*, *Graminella*, *Macrosteles*, *Ollerianus*, *Penestragnia*, *Scaphytopius* y *Texananus*) en parcelas de ajo y cebolla en Zacatecas, México. Los géneros con mayor abundancia relativa en las parcelas de ajo fueron *Empoasca*, *Circulifer*, *Scaphytopius* y *Graminella* mientras que en las parcelas de cebolla destacaron *Circulifer*, *Aceratagallia* y *Graminella*. En las parcelas de ajo los géneros con mayor prevalencia fueron *Empoasca*, *Circulifer*, *Aceratagallia* y *Dalbulus* en tanto que en las de cebolla sobresalieron *Aceratagallia*, *Graminella* y *Circulifer*. Los géneros considerados como constantes fueron *Empoasca* en las parcelas de ajo y *Aceratagallia*, *Graminella* y *Circulifer* en las parcelas de cebolla.

## BIBLIOGRAFIA

Garita-Cambronero J, Villalobos W, Godoy C y Rivera C. 2008. Diversidad de cicadelidos y clastopteridos (Hemiptera) en tres zonas productoras de café afectadas por *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* en Costa Rica. Neotropical Entomology 37:436-448.

- Macias VLM, Maciel PLH, Silos EH y Vazquez MO. 2009. Mejoramiento de ajo Perla por selección individual en Aguascalientes. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 43:4-9.
- Mauricio-Castillo JA, Salas-Muñoz S, Velásquez-Valle R, Ambríz-Granados S. and Reveles-Torres, LR. 2015. "Candidatus Phytoplasma trifolii (16SrVI) en Chile Mirasol (*Capsicum annum* L.) cultivado en Zacatecas, México. Revista Fitotecnia Mexicana 38:389-396.
- Mena-Covarrubias J. 2014. Insectos vectores de virus y fitoplasmas en el cultivo de chile en México. Libro Técnico Núm. 14. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 279 p.
- Nickel H, Callot H, Knot E, Kunz G, Schrameyer K, Sprick P, Turrini-Biedermann T, and Walter S. 2013. *Penetrargania apicalis* (Osborn & Ball, 1898) another invasive Nearctic leafhopper found in Europe (Hemiptera:Cicadellidae, Iassinae). Cicadina 13:5-15.
- Nielson, M.W. 1968. The leafhopper vectors of phytopathogenic viruses (Homoptera:Cicadellidae) taxonomy, biology, and virus transmission. Technical Bulletin 1382. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture
- Nielson MW. 1988. *Colladonus* and related genera of Mexico and Central America with new taxa and synonymy (Homoptera:Cicadellidae). Great Basin Naturalist Memoirs. 12 (Article 10):103-134.
- Olawusi-Peters OO, and Ajibare AO. 2014. Species richness, diversity and abundance of some decapod crustaceans in coastal waters of Ondo state, South West, Nigeria. International Journal of Fauna and Biological Studies 1:44-51.
- Pinedo-Escatel, J. A. 2014. Abundancia y riqueza de membracoideos (Hemiptera:Auchenorrhyncha) en maíz durante la estación lluviosa en Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Dugesiana 21:49-53.
- Reveles-Hernández M, Velásquez-Valle R, Cid-Ríos JA. 2014a. Barretero, variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 61. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera, Zac., México. 34 p.
- Reveles HM, Velásquez VR, Reveles TLR y Cid RJA. 2014b. Guía para producción de cebolla en Zacatecas. Folleto Técnico Num. 62. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. Calera, Zacatecas, México 40 p.
- Reveles-Hernández M, Velásquez-Valle R y Cid-Ríos JA. 2017. Barretero: nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8, 1455-1462.
- Reveles-Torres LR, Velásquez-Valle R, Mauricio-Castillo JA and Salas-Muñoz S. 2018. First report of 'Candidatus Phytoplasma trifolii'-related strain associated with a new disease on garlic in Zacatecas, Mexico. Plant Disease 102:2636. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0930-PDN>
- Salas-Muñoz S, Mauricio-Castillo JA, Dietrich CH, Creamer R. and Reveles-Torres LR. 2018. First report of the leafhoppers *Ceratagallia nitidula* and *Empoasca abrupta* (Hemiptera:Cicadellidae) as vectors of 'Candidatus Phytoplasma trifolii'. Plant Disease 102:2636. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0975-PDN>
- Swisher KD, Velásquez-Valle R, Mena-Covarrubias J. and Munyaneza JE. 2016. Occurrence and molecular detection of *Spiroplasma citri* in carrots and its insect vector, *Circulifer tenellus*, in Mexico. Journal of Plant Pathology 98:355-360.
- Thomazoni D, Soria FM, Degrande PE, Faccenda O, and Silvie PJ. 2013. Arthropods biodiversity index in bollgard® cotton (CryAc) in Brazil. Interciencia 38:849-856.
- Velásquez-Valle R, Medina-Aguilar MM, and Creamer R. 2008. First report of *Beet mild curly top virus* infection of chile pepper in north central Mexico. Plant Disease 92:650.
- Velásquez-Valle R, Chew-Madinaveitia IY, Amador-Ramírez MD. and Reveles-Hernández M. 2010. Presencia de virus en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 28:135-143.

- Velásquez-Valle R. y Reveles-Hernández M. 2011. Detección del Iris yellow spot virus en el cultivo de cebolla en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2:971-978.
- Velásquez-Valle R, Mena-Covarrubias J, Reveles-Torres LR, Argüello- Astorga GR, Salas-Luévano M A, and Mauricio-Castillo JA. 2012. First report of *Beet mild curly top virus* in dry bean in Zacatecas, México. *Plant Disease* 96:771. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-02-12-0122-PDN>
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR y Mena-Covarrubias J. 2017. Géneros de chicharritas presentes durante el invierno en regiones de Aguascalientes, Coahuila y Zacatecas, México. *Southwestern Entomologist* 42:249-259.
- Velásquez-Valle R, Reveles-Torres LR y Fernández-Martínez M. 2018. Diversidad de chicharritas (Homoptera:Cicadellidae) colectadas en parcelas de chile en el norte-centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9:1289-1293.

---

## COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE TRIGO DE LA VARIEDAD CENEB ORO 2017, CON MANEJO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL YAQUI.

**Carlos Alberto Quiñones Ramos<sup>1</sup>, Priscilla Abigail Sañudo Loustanou<sup>1</sup>, Juan Manuel Cortés Jiménez<sup>2</sup>, Alma Angélica Ortiz Avalos<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur Col. centro, C.P. 85000 Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Norman E. Borlaug km. 12 A.P. 155, C.P. 85000 Cd. Obregón, Sonora. Teléfono (55) 387187 00 Correo: carlosaqr97@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

En el estado de Sonora el cultivo de trigo (*Triticum*) es de gran importancia ya que éste se posiciona como el máximo productor de trigo a nivel nacional. Este cereal se considera el segundo más importante en la alimentación de los mexicanos, ya que el consumo per cápita promedio es de 57.4 kg. Para el año 2018, en el estado de Sonora se registró una superficie sembrada de 223,373 hectáreas, con un rendimiento promedio de 6.48 ton/ha, siendo éste el cultivo con mayor superficie sembrada (SIAP, 2018).

En los últimos años los criterios de mayor importancia para elegir el cultivar se basan mucho en los rendimientos obtenidos y las ganancias. Es por ello que los componentes de rendimiento en trigo se han estudiado a fondo para así poder lograr una mayor productividad. Es necesario conocer todos los componentes que afectan o tienen gran influencia en el rendimiento, como lo son: número de granos por unidad de superficie, número de granos por espiga, número de espigas por unidad de superficie y peso del grano. Todos estos componentes se van presentando en la fenología del cultivo, desde la etapa vegetativa hasta el llenado de grano (Slafer et al., 1996).

Varios autores han reportado que la fertilización nitrogenada influye o tiene gran incremento en algunos componentes de rendimiento como lo son el aumento de las espigas por metro cuadrado (Grijalva et al., 2016; Marinissen et al., 2007).

La etapa reproductiva es muy importante en términos de generación de componentes del rendimiento; durante esta etapa queda definido el número de espigas/m<sup>2</sup>, el número de granos por espiga, siendo éstos los componentes centrales del número de granos/m<sup>2</sup>, que, junto al peso promedio del grano, determinan el rendimiento del cultivo (Slafer et al., 2003; Miralles, 2004; citado por Villafaña, 2013).

El rendimiento fue descrito por Grafius (1964) citado por Barriga (1974) como el volumen de un paralelepípedo en el cual el número de espigas por unidad de superficie, el número de granos por espiga y el peso de los granos, constituyen las aristas. Un incremento en cualquiera de los tres componentes determinará un aumento del rendimiento siempre y cuando no haya una disminución correspondiente en los otros dos.

El número de granos por unidad de superficie se establece en la fase reproductiva, que comprende el periodo entre las etapas de iniciación floral y antesis. El número de granos por metro cuadrado depende de la radiación interceptada y de la temperatura que controla la duración del período de crecimiento de las espigas (Slafer et al., 1996).

El número de granos por espiga se conforma en función del número de espiguillas por espiga y del número de granos por espiguilla, lo cual se define entre el estado de espiguilla terminal y el cuaje de los granos (Kiniry y Ritchie, 1985; Schussler y Westgate, 1990; citados por Villafaña, 2013). Este se determina en pos floración. El desarrollo inicial del grano depende del suministro de asimilados a la espiga durante dicha etapa, por lo tanto cuanto mejores sean las condiciones de crecimiento de la planta en pos floración, menor será el porcentaje de aborto y por lo tanto, será mayor el número final de granos por espiga. Por consiguiente, el número de granos por espiga esta función de la supervivencia de espiguillas y de granos, más que del número total de espiguillas diferenciadas (Andrade et al., 1996; citados por Villafaña, 2013).

El número de espigas por metro cuadrado resulta de la combinación del número de plantas por m<sup>2</sup> y del número de espigas por planta. El número de plantas por metro cuadrado está determinado por la densidad de siembra definida ésta desde la siembra hasta la emergencia. Asimismo, influyen factores como la fertilización nitrogenada y la disponibilidad de agua (Hay y Walker, 1989).

El número de espigas por planta, que se determina durante el período de iniciación floral a antesis, está influenciado por el número de tallos producidos y la proporción de éstos que dan origen a una espiga; siendo ésta última, el resultado de la competencia por un suministro limitado de asimilados dentro de la planta y por la intercepción de la luz dentro del cultivo (De la Morena et al., 1986).

En la figura 1, se muestra esquema de determinación de los componentes del rendimiento del trigo. En cada nivel de comparación la relación entre componentes es frecuentemente negativa, por lo que la certidumbre de cuál sería el impacto para el mejoramiento si seleccionáramos por uno de estos componentes del número de grano por metro cuadrado sería muy baja (Slafer y Calderini, 2003; citados por Ruiz et al., 2009).

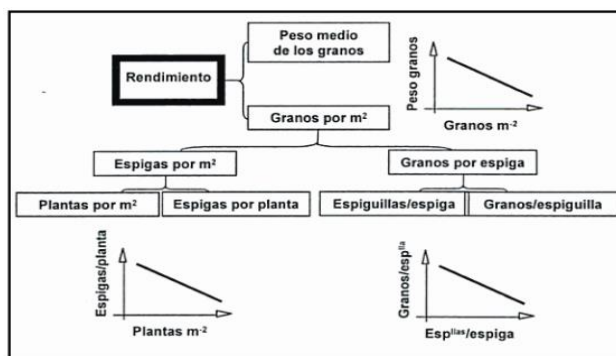


Figura 1: Determinación de componentes de rendimiento.

El objetivo de este experimento fue evaluar los componentes de rendimiento del cultivo de trigo de la variedad CENEB ORO 2017 en un sistema de manejo orgánico.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta evaluación se desarrolló en el block 910 del Valle de Yaqui en el campo experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Durante el ciclo otoño-invierno, 2018-2019. En un sistema de producción orgánica, se estableció la variedad CENEB ORO 2017. En la preparación del terreno se realizaron tres rastreos para la reincorporación de los residuos del cultivo anterior, el cual fue cártamo, y de la composta; finalmente se hizo una nivelación del terreno. La siembra se realizó el día 14 de diciembre del 2018, la cual se sembró a dos hileras con una distancia entre hileras de 30 centímetros en 12 surcos a 80 centímetros con una longitud de 110 metros. Se aplicó un riego de pre siembra y tres riegos de auxilio durante el ciclo. La fertilización realizada fue de 10 ton/ha de composta. Además se realizaron dos aplicaciones para el control de pulgón, para ello se utilizó un extracto de ajo y jabón de higuierilla. Respecto al control de maleza se realizó una escarificada entre hileras y dos deshierbes manuales.

Una vez concluido el ciclo del cultivo se hizo la recolección de 6 muestras haciendo un corte de un metro lineal de surco en las dos hileras de plantas. Una vez obtenido el manojito por metro lineal se tomó el peso de todas las muestras y posteriormente se contabilizó el número de espigas por manojito. Después se realizó la trilla de las muestras con ayuda de una trilladora estacionaria, para posteriormente pasarla a un ventilador y eliminar los residuos de paja y gluma. Seguido de esto se realizó un registro del peso del grano obtenido en cada muestra, se extrajeron 100 granos de cada una de ellas e igualmente se tomó su peso.

Después de realizar todas estas actividades se hicieron los cálculos para determinar los componentes de rendimiento; grano por metro cuadrado, el cual se obtuvo mediante la siguiente fórmula:  $\text{Grano/m}^2 = [(\text{peso del grano de muestra} * 100) / (\text{peso de 100 granos})] / 0.8$  m. Para la obtención del número de granos por espiga se utilizó la siguiente fórmula:  $\text{Granos/espiga} = (\text{número de grano/ manojito}) / (\text{número de espigas})$ . La siguiente fórmula se utilizó para la obtención del número de espigas por metro cuadrado:  $\text{Espiga/m}^2 = (\text{número de espigas por manojito}) / (0.8 \text{ m})$ . Finalmente, para la estimación del rendimiento por hectárea se tomó como dato principal el peso del grano por metro cuadrado, utilizando la siguiente fórmula:  $\text{Rendimiento/ha} = [(\text{peso de grano por manojito}) / (0.8 \text{ m})] * 10,000$ . Para obtener el rendimiento en ton/ha se realiza la división del resultado entre mil.

Una vez obtenidos los datos de cada componente se realizó una regresión lineal con ayuda del programa Microsoft Excel para obtener el valor de la relación entre dichos componentes y el rendimiento obtenido de la variedad evaluada.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En base a los resultados obtenidos (cuadro 1) se puede observar que el peso promedio de biomasa/m<sup>2</sup> fue de 1.715 kg con un máximo de 1.855 kg y un mínimo de 1.505 kg y con un



rendimiento promedio de 8.16 ton/ha. Según Shearman et al. (2005) y White y Wilson (2006) citados por Villafaña, (2013), señalan que, en ausencia de factores limitantes, existe una relación estrecha entre la producción de biomasa total y el rendimiento de grano; de igual forma, Donmez et al. (2001) citados por Villafaña, (2013) reportaron que incrementos en el rendimiento de grano en trigo estuvieron relacionados con incrementos en la producción de biomasa total.

También se puede observar en el cuadro 1 como es que van disminuyendo los valores conforme van cambiando las repeticiones, esto debido a que el terreno cuenta con una pendiente hacia la repetición 1, y por lo tanto hay mayor acumulación de agua y nutrientes. Por ejemplo el peso de grano por metro cuadrado tuvo una diferencia de 77% de la repetición 1 a la 6.

En el cuadro 2 se reporta la regresión lineal entre los componentes de rendimiento y la producción de trigo. Se encontró que la biomasa/m<sup>2</sup> es la que mejor se relaciona con el rendimiento, ya que está tiene un coeficiente de correlación (r) de 0.980.

Cuadro 1. Componentes de rendimiento de la variedad CENEB ORO 2017. CENEB-INIFAP en 6 repeticiones (R). Ciclo 2018-2019

Variable	R I	R II	R III	R IV	R V	R VI
Biomasa kg/m <sup>2</sup>	1.855	1.852	1.785	1.635	1.660	1.505
Peso de grano kg/m <sup>2</sup>	0.905	0.865	0.847	0.782	0.797	0.702
Peso de 100 granos (g)	4.66	4.08	4.73	4.72	5.0	4.86
Granos/Espiga	61	59	52	54	38	37
Granos/m <sup>2</sup>	19,421	21,201	17,918	16,578	15,950	14,455
Espigas/m <sup>2</sup>	320	361	344	309	424	386
Rendimiento ton/ha	9.05	8.65	8.475	7.825	7.975	7.025

Cuadro 2. Regresión lineal entre los componentes de rendimiento determinados y la producción de grano.

Componente	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	r
Biomasa/m <sup>2</sup>	$y = 5.048x - 0.493$	0.962	0.980
Espigas/m <sup>2</sup>	$y = 0.014x + 3.664$	0.651	0.806
Granos/espiga	$y = 0.057x + 5.296$	0.665	0.815
Granos/m <sup>2</sup>	$y = 0.000x + 3.657$	0.769	0.876

La importancia de esta investigación, es que al igual que evaluaciones previas, la determinación de la biomasa por metro cuadrado, es una práctica muy simple y se puede realizar en el mismo campo con el uso de una hoz y una báscula.

## CONCLUSIÓN

Una vez realizada la regresión lineal entre los componentes se concluyó que la biomasa por metro cuadrado en la variedad CENEB ORO 2017, es el componente que mayor se correlaciona con el rendimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barriga, P. (1974). Análisis de causa y efecto para rendimiento y componentes del rendimiento en trigo de primavera. *Agro Sur*. 2(1):01-05. [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88021974000100001&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88021974000100001&lng=es&nrm=iso) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- De la Morena, I., Ramos, J.M. y García del Moral, L.F. (1984). Análisis de crecimiento y de la producción de grano en cultivos de cebada bajo las condiciones ambientales de la provincia de Granada. II. Evolución y supervivencia de los tallos hijos. *Anuales de Edafología y Agrobiología*, p 779- 796. [file:///C:/Users/User/Desktop/FCI\\_T\\_11\\_86.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/FCI_T_11_86.pdf) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- Grijalva, R.L., Robles, F., Macías, R., Santillano, J. y Núñez, F. (2016). Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo (ECT). *Acta universitaria*, 26(5), 48-54. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662016000500048#B1](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662016000500048#B1) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- Hay, R.K.M. and Walker, A.J. (1989). An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific Technical. 292 p. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19890724129> fecha de consulta 11 de Julio 2019
- Marinissen, A., Loewy, T., Torres C. y Lauric, A. (2007). Efecto de la fertilización nitrofosfórica sobre el cultivo de trigo en el partido de bahía blanca. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave, INTA, Argentina. 5 p. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_fertilizacion\\_nitrofosforica\\_en\\_trigo\\_bahia\\_blan.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_fertilizacion_nitrofosforica_en_trigo_bahia_blan.pdf) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- Ruiz, T., Cortés, J., Ortiz, A. y Zazueta, G. (2009). Efecto del nitrógeno sobre los componentes de rendimiento en trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. [file:///C:/Users/User/Desktop/TERE\\_COMPONENTES%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/TERE_COMPONENTES%20(1).pdf) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- SIAP. (2018). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do) fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- Slafer, G.A., Calderini D.F. and Miralles, D.J. (1996). Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers. Reynolds, M.P., S. Rajaram, and A. McNab (eds.). CIMMYT, México, D.F. pp. 101-133. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1216/62227.pdf> fecha de consulta 11 de Julio 2019.
- Villafaña, T. (2013). Producción de biomasa y rendimiento de trigo en respuesta a la fertilización nitrogenada en diferentes etapas fenológicas. Universidad Autónoma Del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64373/MCARN%20TANIA%20LILIBETH%20VILLAFANA%20ARROYO-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y> fecha de consulta 11 de julio 2019.

---

## PRODUCCIÓN DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO Y VERMICOMPOST.

**Cervantes-Vázquez, Tomás, Juan, Álvaro<sup>1</sup>; Cervantes-Vázquez, María Gabriela<sup>1\*</sup>; Castillo-Orona, Ignacio<sup>1</sup>; García-Hernández, José, Luis<sup>1</sup>; Vázquez-Vázquez, Cirilo<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

\*cevga@hotmail.com

### INTRODUCCION

Los abonos orgánicos tienen la capacidad productiva y mejoran las condiciones físico-químicas de un suelo a largo plazo por el aporte de materia orgánica, gracias al proceso llamado mineralización que transforma a la materia orgánica en nutrientes asimilable por las plantas (Hernández *et al.*, 2010). La mineralización se incrementa con la actividad enzimática de los microorganismos, después de la aplicación de fuentes de materia orgánica (Fuentes *et al.*, 2006). La aplicación de estiércol bovino en la Comarca Lagunera ya ha sido estudiada, por ejemplo, en el cultivo de maíz (Salazar-Sosa *et al.*, 2009); Vázquez-Vázquez *et al.* (2007), recomiendan aplicar dosificaciones inferiores a 200 t ha<sup>-1</sup> de estiércol con la finalidad de evitar el incremento de la conductividad eléctrica por el aporte de sales contenidas en el estiércol. Otro abono orgánico importantes es el vermicompost, el cual es el resultado de la biodegradación de materiales orgánicos por la acción de la lombriz roja californiana de tierra (*Eisenia foetida*). La sandía se considera un cultivo importante en México y en la Región Lagunera, a nivel nacional produjo 953 244 t en el 2013 (FAOSTAT, 2017) con un rendimiento nacional de 28.41 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2017). En el 2013, en la Comarca Lagunera (SIAP-SAGARPA, 2017) se cultivaron 924.1 ha con rendimientos similares a la media nacional que oscilan entre 22.04 t ha<sup>-1</sup> (Espinoza *et al.*, 2006) y 26.7 t ha<sup>-1</sup> (Cenobio-Pedro *et al.*, 2006).

El objetivo del presente estudio consistió evaluar la producción de sandía y la mejor en los suelos que se aplicaron los abonos orgánicos así como encontrar las dosis recomendadas para el cultivo de sandía en la Región Lagunera.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en el Campo Agrícola Experimental de la FAZ-UJED (CAE-FAZ-UJED). Los suelos típicos de la región son de aluvión, tipo Aridisol. El material genético utilizado fue sandía variedad PEACOCK WR124. El trasplante se realizó con tres hojas verdaderas con una densidad de 5,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizó un sistema de riego por goteo a través de cintillas con goteros cada 15 centímetros, aplicando una lámina de 42 cm en 111 días del ciclo del cultivo. Los factores de estudio fueron estiércol solarizado (FE) y vermicompost (FV) en diferentes niveles. El FE consideró cinco niveles incluyendo dos adicionales: A1 (testigo) = 0 t ha<sup>-1</sup>, A2 = 40 t ha<sup>-1</sup>, A3 = 60 t ha<sup>-1</sup>, A4 = 80 t ha<sup>-1</sup>, A5 (Fertilización Química) = FQ. La FV contó con cuatro niveles: B1 (testigo) = 0 t ha<sup>-1</sup>, B2 = 3 t ha<sup>-1</sup>, B3 = 6 t ha<sup>-1</sup>, B4 = 9 t ha<sup>-1</sup>. Con estos factores y sus niveles se generaron 20 tratamientos, con tres repeticiones. Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas. Los datos se analizaron con SAS

versión 8 (2005), realizando análisis de covarianza para encontrar si existen diferencias por la aplicación de los tratamientos con respecto a las condiciones iniciales del suelo y prueba de separación de medias DMS ( $Pr \leq 0.05$ ). Muestras del suelo se colectaron al principio y al finalizar el experimento en cada unidad experimental. Se obtuvieron a tres profundidades en el suelo de 0 a 15, 15 a 30 y de 30 a 45 cm. Las variables estimadas fueron materia orgánica (MO) determinada; nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) por nitración del ácido salicílico; conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg) y cloruros (Cl) por pasta de saturación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas iniciales del suelo de CAE-FAZ-UJED (2013).

Profundidad	pH	CE	MO	$\text{NO}_3^-$	$\text{Ca}^+$	$\text{Mg}^+$	Cl	$\text{HCO}_3$
Cm		$\text{dS m}^{-1}$	%	-----	mg $\text{kg}^{-1}$	-----		
0-15	7.75	4.54	1.32	3.90	6.50	1.78	3.64	2.46
15-30	7.20	3.36	1.24	3.80	6.88	1.39	4.69	1.84
30-45	7.52	2.52	0.99	3.26	6.01	2.08	3.42	1.78

pH = reacción del suelo; CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica;  $\text{NO}_3^-$  = Nitratos; Ca = calcio; Mg = magnesio; Cl = cloruros;  $\text{HCO}_3$  = bicarbonato.

El estiércol bovino fue obtenido del establo de la FAZ-UJED y se solarizó en terrenos de CAE-FAZ-UJED. Mientras que la vermicompost fue adquirida en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), las características de ambos abonos se muestran en el Cuadro 2. Las dosificaciones con estiércol y vermicompost se aplicaron al suelo un mes antes del trasplante. El tratamiento con Fertilización Química (FQ) se aplicó 120-60-00 N-P-K:  $\text{kg ha}^{-1}$  (Ruiz, 1985), la cual consistió de Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0), los cuales se aplicaron en dos partes, la primera durante el trasplante y la segunda a los 30 días ddt.

Cuadro 2. Características químicas del estiércol solarizado y vermicompost utilizados en el experimento de sandía.

Abono orgánico	P	N	CE	pH	MO	PSI
	----- $\text{mg kg}^{-1}$ -----		( $\text{dS m}^{-1}$ )		----- (%) -----	
Estiércol	45.89	6.89	7.76	8.09	5.98	4.77
Vermicompost	38.33	6.13	0.75	8.42	4.83	4.63

P = fósforo; N= nitrógeno; CE = conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno (reacción del suelo); MO = materia orgánica; PSI = porcentaje de sodio intercambiable.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En cuanto a las mejoras en el suelo, se encontraron covarianzas con diferencias altamente significativas en las características iniciales (CE, MO y  $\text{NO}_3^-$ ) con respecto a la aplicación de los abonos orgánicos (Cuadro 3), en la profundidad de 0-15 cm para CE con un valor de  $4.73 \text{ dS m}^{-1}$  (Cuadro 4) en la interacción de estiércol en la aplicación de  $80 \text{ t ha}^{-1}$  y 3 de vermicompost, mientras que para MO y  $\text{NO}_3^-$  se observaron los valores más elevados con

3.23% (Cuadro 5) y la interacción más alta con 39.71 mg kg<sup>-1</sup> de nitratos (Cuadro 6) respectivamente, en la interacción de 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol y 9 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

Cuadro 3. Análisis de covarianza (cuadrados medios) de los valores finales de las características químicas del suelo en cada unidad experimental, realizadas a tres profundidades.

F.V.	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>	CE <sub>3</sub>	MO <sub>1</sub>	MO <sub>2</sub>	MO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <sub>1</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <sub>3</sub>
R	0.20	0.05	0.01	0.01	0.02	0.001	0.02	1.31	0.84
FE	2.94**	3.85**	0.82**	1.55**	0.35**	0.19**	942.95**	106.09**	35.43**
FV	0.21	3.12**	0.94**	0.44**	0.04*	0.07*	318.31**	2.12*	10.99**
FE*FV	1.41**	2.11**	0.72**	0.40**	0.33**	0.16**	48.99**	34.54**	9.85**
Error	0.11	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	1.96	0.77
Vin	0.12	0.01	1.57**	0.06*	0.05*	0.0001	0.05*	3.07	0.0002
CV	8.96	6.26	4.21	7.49	7.98	11.79	0.61	15.68	12.77

F.V. = Factor de Variación; R = repetición; FE = estiércol bovino lechero; FV = vermicompost; FE\*FV = interacción de estiércol y vermicompost; Vin = Valores iniciales de la unidad experimental; CV = coeficiente de variación; CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = nitratos; 1 = profundidad de 0 a 15 cm; 2 = profundidad de 15 a 30 cm; 3 = profundidad de 30 a 45 cm; \* = significativo Pr ≤ 0.05; \*\* = altamente significativo Pr ≤ 0.01.

Cuadro 4. Comparación de medias para conductividad eléctrica (dS m<sup>-1</sup>) en la interacción de los tratamientos de estiércol y de vermicompost en la profundidad de 0 a 15 cm al finalizar el ciclo.

Tratamiento de vermicompost (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamientos de estiércol (t ha <sup>-1</sup> )				
	0	40	60	80	FQ
0	2.80 aβ	3.19 bβ	3.73 bβ	4.19 aα	4.18 aα
3	2.97 aβ	3.55 aβ	3.37 bβ	4.73 aα	3.02 cβ
6	2.75 aβ	3.51 aβ	4.55 aα	3.81 bβ	4.51 aα
9	3.34 aβ	4.06 aα	4.07 aα	3.36 bβ	3.47 ba

DMS = 0.614

Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas (Pr ≤ 0.05).

Cuadro 5. Comparación de medias para porcentaje de materia orgánica, al finalizar el ciclo, en la interacción de los tratamientos de estiércol y de vermicompost para la profundidad 0 a 15 cm.

Tratamiento de vermicompost (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamientos de estiércol (t ha <sup>-1</sup> )				
	0	40	60	80	FQ
0	0.81 b $\beta$	1.17 b $\beta$	1.92 a $\alpha$	1.95 b $\alpha$	1.52 b $\beta$
3	1.44 a $\beta$	1.29 a $\beta$	1.85 a $\beta$	1.97 b $\alpha$	2.15 a $\alpha$
6	1.33 a $\beta$	1.25 b $\beta$	1.59 b $\beta$	2.52 b $\alpha$	1.45 b $\beta$
9	1.63 a $\beta$	1.55 a $\beta$	1.93 a $\beta$	3.23 a $\alpha$	1.23 b $\beta$

DMS = 0.301. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas (DMS; Pr  $\leq$  0.05).

Cuadro 6. Comparación de medias para nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en mg kg<sup>-1</sup> en la interacción de los tratamientos de estiércol y de vermicompost para la profundidad 0 a 15 cm al finalizar el ciclo.

Tratamiento de vermicompost (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamientos de estiércol (t ha <sup>-1</sup> )				
	0	40	60	80	FQ
0	7.65 b $\beta$	9.26 b $\beta$	17.28 b $\beta$	23.29 b $\alpha$	9.32 b $\beta$
3	8.76 b $\beta$	8.24 b $\beta$	16.79 b $\beta$	36.76 b $\alpha$	8.12 b $\beta$
6	19.35 b $\beta$	8.97 b $\beta$	21.42 b $\beta$	29.18 b $\alpha$	8.73 b $\beta$
9	21.75 a $\beta$	9.78 a $\beta$	31.32 a $\beta$	39.71 a $\alpha$	18.35 a $\beta$

DMS = 0.129. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas (Pr  $\leq$  0.05).

La fertilización orgánica en este estudio no incrementó la CE en más de 5 dS m<sup>-1</sup>, la CE provoca una disminución de 27 % a 35% de la producción de sandía (Romic *et al.*, 2008). Obteniendo rendimientos promedio de hasta 31.8 t ha<sup>-1</sup>, correspondientes a 3 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost con FQ (Figura 1). El valor más elevado con diferencia estadística correspondió para el tratamiento de 3 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost 26.48 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 7). Estos rendimientos son similares a los reportados por Espinoza *et al.* (2006) bajo un sistema de producción convencional con 22.7 t ha<sup>-1</sup> y para un sistema de producción sin acolchado y con FQ de 26.7 t ha<sup>-1</sup> (Cenobio *et al.*, 2006). El aporte de nutrientes asimilables para las plantas por parte de los abonos orgánicos, como son lo NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se encuentra en profundidades inferiores a 30 cm para el cultivo de maíz y tomate, respectivamente (Fortis-Hernández *et al.*, 2009; Salazar-Sosa *et al.*, 2004). En esta profundidad de suelo es donde las condiciones físicas como la aireación y temperatura favorecen la actividad enzimática microbiana degradadora de la materia orgánica y la conversión de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Salazar-Sosa *et al.*, 2003; Rivera y Martín, 2004).

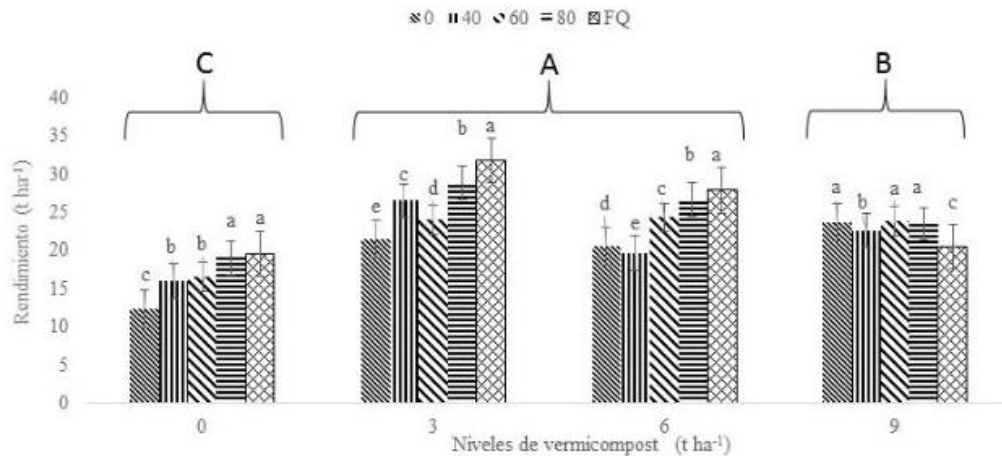


Figura 1. Promedios de rendimiento de sandía en los tratamientos

Cuadro 7. Comparación de medias para el rendimiento de sandía de los tratamientos de estiércol y vermicompost.

Tratamientos de estiércol	Rendimiento	Tratamientos de vermicompost	Rendimiento
----- t ha <sup>-1</sup> -----			
0	19.65 c	0	16.68 c
40	21.17 c	3	26.48 a
60	21.91 b	6	23.72 a
80	24.52 a	9	22.82 b
FQ	24.87 a		
DMS = 0.59		DMS = 1.01	

Comparación de medias letras latinas diferentes representan diferencias estadísticas entre medias.

### CONCLUSIONES

El suelo se vio beneficiado en el tratamiento con la interacción de 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol y 9 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, incrementó en un 2.42% la MO y 35.81 mg kg<sup>-1</sup> los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la profundidad 15 cm. El tratamiento con el mejor rendimiento se obtuvo a 3 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost con un rendimiento de 26.48 t ha<sup>-1</sup>, valor similar a la FQ con un rendimiento de 24.87 t ha<sup>-1</sup>.

### BIBLIOGRAFIA

Cenobio-Pedro G.; Inzunza-Ibarra, M. A.; Mendoza-Moreno, S. F.; Sánchez-Cohen, I. y Román-López, A. 2006. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. México. Terra Latinoamericana. 24(4):515-520.

- Espinoza, J. D.; Orona, I.; Narro, J. G. y León, M. D. 2006. Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización del cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. México. Revista Mexicana de Agronegocios. X(19):1-13.
- Hernández-Rodríguez, O. A.; Ojeda-Barrios, D. L.; López, J. C. y Arras, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. México. Revista Tecnociencia Chihuahua. 4(1):1-6.
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). 2017. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J. A.; Preciado-Rangel, P.; Orona-Castillo, I.; García-Salazar, J. A.; García-Hernández, J. L. y Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. México. Terra Latinoamericana. 27(4):329-336.
- Fuentes, B.; Bolan, N.; Naidu, R. y de la Luz, M. 2006. Phosphorus in organic waste-soil systems. Chile. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 6(2):64-83.
- Romic, D.; Ondrasek, G.; Romic, M.; Josip, B.; Vranjes, M. and Petosic, D. 2008. Salinity and irrigation method affect crop yield and soil quality in watermelon (*Citrullus lanatus L.*) growing. Reino Unido. Irrigation and Drainage. 57(4):463-469.
- Rivera, R. y Martín, G. 2004. Mineralización del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* en un suelo ferralítico rojo de la habana. Cuba. Cultivos Tropicales. 25(3):83-88.
- Ruíz, de la R. J. de D. 1985. El cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. Talleres del CAELALA. Número 9. Matamoros, Coahuila, México. 1 p.
- Salazar-Sosa, E.; Beltrán-Morales, A.; Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J. A.; Cueto-Wong, J. A. y Vázquez-Vázquez, C. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. México. Terra Latinoamericana. 21(4):561-567.
- Salazar-Sosa, E.; Vázquez-Vázquez, C.; Leos-Rodríguez, J. A.; Fortis-Hernández, M.; Montemayor-Trejo, J. A.; Figueroa-Viramontes, R. y López-Martínez, J. D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo riego sub-superficial. Argentina. Revista Internacional de botánica experimental. 73: 259-273.
- Salazar-Sosa, E.; Trejo-Escareño, H. I.; Vázquez-Vázquez, C.; López-Martínez, J. D.; Fortis-Hernández, M.; Zúñiga-Tarango, R. y Amado-Álvarez, J. P. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. México. Terra Latinoamericana. 27(4):373-382.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SIAP-SAGARPA). 2017. [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/identidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/identidad/index.jsp)
- Vázquez-Vázquez, C.; Salazar-Sosa, E.; Leos-Rodríguez, J. A.; Fortis-Hernández, M.; López-Martínez, J. D. y Zúñiga-Tarango, R. 2007. Capítulo 4. Impacto de la aplicación de estiércol bovino en la calidad de suelo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). In Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. Salazar-Sosa, E.; Trejo-Escareño, H. I.; Orona-Castillo, I.; Vázquez-Vázquez, C.; López-Martínez, J. D.; Fortis-Hernández, M.; Flores-Hernández, A.; Sánchez-Ramos, J. F.; Leos-Rodríguez, J. A. y Jiménez-Díaz, F. (eds.). Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Gómez Palacio, Durango, México. 60-81 pp.



---

## CONTROL DEL PICUDO DE LA GUAYABA CON EXTRACTOS VEGETALES

Karla Vanessa De Lira Ramos<sup>1\*</sup>, Ernesto Cerna Chávez<sup>2</sup>, Ernesto González Gaona<sup>1</sup>,  
Juan Carlos Delgado Ortiz<sup>3</sup>, Yisa María Ochoa Fuentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags. <sup>2</sup>Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México; <sup>3</sup>Cátedrático CONACYT-UAAAN, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

\*ramos.vanessa@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) es de gran importancia debido a que se cultiva en casi todo el país. Se tiene registrada una superficie de 23 mil hectáreas distribuidas en 20 estados (SIAP, 2018). Sin embargo, las zonas productoras más importantes se localizan en Michoacán y en la región “Calvillo-Cañones” ubicada en los estados de Aguascalientes y Zacatecas (Padilla *et al.*, 2007).

El picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* Champion, es el principal problema parasitológico que afecta el cultivo, ya que, si no se le controla oportunamente, puede ocasionar pérdidas del 60% en la producción (González *et al.*, 2008). Los métodos de control se basan principalmente en la aplicación de insecticidas de síntesis química. Sólo la abamectina (Avermectina) y un nematocida biológico con base en microbios muertos de *Myrothecium verrucaria* (Ditera DF®) cuentan con registro para su uso en el cultivo del guayabo (COFEPRIS, 2019). Sin embargo, está prohibido su uso en la producción de guayabas para exportación y para la elaboración de alimentos para infantes, lo cual dificulta el control de la plaga en dicho cultivo y limita las opciones de comercialización de los frutos.

El empleo de extractos vegetales es una alternativa al uso de plaguicidas de síntesis química. Estudios recientes revelan la actividad biológica de algunos metabolitos encontrados en plantas para el control de plagas (Villa *et al.*, 2015). Estos metabolitos tienen la ventaja de no contaminar debido a que son degradadas rápidamente en el ambiente (Iannacone y Lamas, 2002). Dentro de estas plantas, se reporta que la rotenona se extrae de la oleorresinas de la semilla de jícama (*Pachyrhizus erosus*) y que actúa como insecticida para el control del gorgojo del frijol almacenado (*Acanthoscelides obtectus*) (Andrés *et al.*, 2009); también se ha reportado que la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) tiene compuestos alcaloides, amidas, compuestos fenolicos, terpenos, flavonoides, con potencial para el control de plagas (Shirley *et al.*, 2017) como el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) (Salvadores *et al.*, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar extractos vegetales de diferentes familias botánicas con reportes de actividad insecticida sobre coleópteros, contra adultos de picudo de la guayaba.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material vegetal

Se colectaron plantas de chicalote (*Argemone mexicana*) e higuera (*Ricinus communis*) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mientras que la semilla de jícama (*Pachyrhizus erosus*), ajo (*Allium sativum*), chile (*Capsicum annuum*) y pimienta (*Piper nigrum*) fueron adquiridas del mercado local de Saltillo, Coahuila.

### Extractos vegetales

Se eliminó el exceso de polvo de las plantas recolectadas y después se secaron en estufa (Arthur H. Thomas CO) a una temperatura de 60°C hasta obtener tres lecturas similares indicativo de un peso constante (Pedroso *et al.*, 2012). Una vez seco, el material fue molido con ayuda de un molino de martillos hasta obtener un polvo fino y se almacenó a temperatura ambiente en recipientes cerrados en la oscuridad hasta su uso. Los extractos se obtuvieron de acuerdo con la técnica propuesta por Biswas *et al.*, (2013) usando un equipo de extracción Soxhlet, se pesaron 62.5 g de material vegetal finamente molido en 250 mL etanol grado técnico (relación 1:4). El solvente se llevó a ebullición generando un flujo continuo sobre el material vegetal situado en la cámara de extracción a una temperatura de 65°C durante cinco ciclos. Una vez obtenido el extracto, se colocó en frascos ámbar y se mantuvo en refrigeración a una temperatura de 4°C.

### Recolecta de insectos

Se hizo una recolecta de adultos de *C. dimidiatus* en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, en la localidad de "Colomos", durante junio a julio del 2018 mediante el "manteo". Los adultos obtenidos se depositaron en recipientes de plástico de 15 cm de diámetro por 25 cm de alto. Los insectos se mantuvieron con una dieta a base de guayaba fresca y hojas de guayabo (Brito *et al.*, 2008) en una cámara bioclimática (marca Binder®) con un fotoperiodo 12:12 h luz/oscuridad a 25°C día y 24°C noche, HR 30%.

### Actividad insecticida de extractos vegetales sobre el picudo de la guayaba

Los extractos vegetales etanólicos se consideraron como el 100% del extracto crudo obtenido y se preparó una concentración madre al 80% con aguas destilada estéril, esta concentración se diluyó en series al 50%. Las concentraciones finales evaluadas fueron 80%, 40%, 20%, 10%, 5%, 2.5% y 1.25% (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 respectivamente) más un testigo negativo con solo agua destilada estéril (T8) se consideró un diseño en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento. A todos los tratamientos se le agregó Tween 20 (0.05%, v/v) para mejorar la adherencia de los extractos. Se seleccionaron diez adultos por repetición (sin separar por sexo) tomando en cuenta los adultos más activos. Los adultos se confinaron en bolsitas de tela de organza y sumergieron en los tratamientos durante 30 segundos, enseguida se colocaron en papel secante para retirar el exceso de humedad y posteriormente se mantuvieron bajo las condiciones de la cámara bioclimática descritas anteriormente. Se hicieron observaciones de comportamiento y mortalidad cada 24 h durante tres días y se determinó el porcentaje de mortalidad. Las líneas de respuesta dosis-mortalidad para cada producto se obtuvieron mediante regresión lineal (Finney, 1971)

y análisis estadístico probit "SAS V.9.1. (SAS Institute, 1997) para determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) y dos dosis sub-letales (CL<sub>25</sub> y CL<sub>10</sub>).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos de pimienta y semilla de jícama fueron los únicos en mostrar actividad insecticida sobre el picudo de la guayaba, la mortalidad registrada para el extracto de pimienta al 40% fue del 82.76%. En el Cuadro 2 se muestran los valores estimados para las CL<sub>50</sub>, CL<sub>25</sub> y CL<sub>10</sub> de los extractos de pimienta y semilla de jícama.

Cuadro 2. Concentraciones estimadas para los extractos vegetales con actividad insecticida sobre *Conotrachelus dimidiatus*.

Extracto	CL <sub>50</sub> (%)	Intervalo de confianza al 95%	CL <sub>25</sub> (%)	CL <sub>10</sub> (%)	Ecuación de la línea de regresión
Semilla de jícama	48.91	20.96-1387	30.39	19.81	y=1.38x+0.84
Pimienta	19.88	17.57-22.76	11.16	6.64	y=0.09x+0.07

Con respecto a la actividad insecticida de extractos de pimienta, se han aislado varias amidas con actividad insecticida, tales como la pipericida, (*E, E*)-*N*-(2-metilpropil)-2,4,12-tridecadienamida, y (*E, E, E*)-11-(1,3-benzodioxol-5-yl)-*N*-(2-metilpropil)-2,4,10-undecatrien-amida (Miyakado *et al.*, 1989; Su y Horvat, 1981); mostrando toxicidad para las moscas domésticas (*Musca domestica* L.), gorgojos del arroz (*Sitophilus oryzae* L.) y los gorgojos del caupí (*Callosobruchus maculatus* F.) (Scott y McKibben, 1978; Su y Horvat, 1981). Además, se ha reportado que el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) alcanzó altos porcentajes de mortalidad a concentraciones del 1% (83,4%), 2% (97,6%) y 4% (100%) (Salvadores *et al.*, 2005). También se ha reportado el efecto de repelencia sobre adultos del *Sitophilus zeamais* con extractos de pimienta (79,25%), con relación al testigo (de Assis Cardoso *et al.*, 2014).

El extracto de semilla de jícama causó mortalidad del 82.76 % en concentración del 80% del extracto. Además, se observaron cambios en el comportamiento de los insectos tratados, en comparación con los insectos del testigo, los insectos dejaron de alimentarse y finalmente causaba la muerte. En ambos extractos, las concentraciones son altas, con relación a los valores reportados por Andrés *et al.*, (2009) donde encontraron que la rotenona obtenida de las oleorresinas de la semilla de jícama controló la incidencia de *Acanthoscelides obtectus* Say hasta un 95 y 100% en semilla de frijol en almacén en concentraciones de 0.05g/mL y 0.06g/mL, respectivamente. La rotenona es el principal metabolito secundario presente en las oleorresinas extraídas de las semillas de jícama que presentan acción por contacto, ingestión o como repelente. González *et al.*, (2008) realizaron experimentos en campo contra el adulto del picudo de la guayaba registrando porcentajes de mortalidad similares con Malatión y la mezcla de ajo + semilla de jícama (7.25% y 6.98% de daño) comparado cuando no se aplicó nada (84.5% de daño).

---

## CONCLUSIONES

Los extractos etanólicos de semillas de jícama y pimienta mostraron actividad insecticida directa contra los adultos del picudo de la guayaba. La concentración a la cual causan mortalidad del 50% de la población fue menor en pimienta (19.8) que en jícama (48.9), aunque este último también presenta actividad de repelencia. Estos resultados confirman la efectividad de la Rotenona contra el picudo de la guayaba en campo. Los extractos de semillas de Jícama y pimienta se convierten en una alternativa para el control del picudo de la guayaba sin productos de síntesis química, con lo cual se cuenta con una estrategia de manejo del picudo, que no contamina y que puede ser elaborada por el mismo productor y reducir los costos de producción si se le cultiva dentro de la misma huerta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrés-Fernandez, M. D., Lucio-Rangel, J. A., Juárez-Goiz, J. M., Muñiz-Bujano, R., Hernández-Montes, S., & Elos-Mendoza, M. 2009. Oleorresina de jícama para controlar *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) en semilla de frijol. *Agronomía mesoamericana*. 20 (1), 59-69.
- Biswas, B., Rogers, K., McLaughlin, F., Daniels, D. and Yadav, A. 2013. Antimicrobial activities of leaf extracts of Guava L.) on two gram-negative and gram-positive bacteria. *International journal of microbiology*. Hindawi Publishing Corporation. Article ID 746165, 7 p. disponible en <http://dx.doi.org/10.1155/2013/746165>.
- Brito, E. S., et al. Combining vegetable oil and sub-lethal concentrations of Imidacloprid with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adult guava weevil *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae). *Biocontrol science and technology* [online] Taylor & Francis. March 2008, vol. 18(7), 665673. [viewed 05 december 2018] Available from: [doi.org/10.1080/09583150802195965](http://doi.org/10.1080/09583150802195965).
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). (2019). Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- De Assis-Cardoso A, F., Da Silva-Júnior, P. J., Queiroga, V. D. P., Figueiredo-Neto, A., Cárdenas-Olivier, N., y Rojas, A. B. G. 2014. Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2014. 23(2), 57-62.
- Finney, D. J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, pp 76-80.
- González, G. E., J. Lozano G., M. P. España L., F. Tafoya R., J. S. Padilla R., M. A. Perales de la C., y A. Juárez M. 2008. Estrategias de Manejo Orgánico – Biológico del Picudo de la Guayaba (*Conotrachelus* spp). Folleto Técnico Núm. 39. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 36 p.
- Iannaccone, J., Y G. Lamas. 2002. Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65:92-101.
- Miyakado, M., Nakayama, M. I., Ohno, N. 1989. Insecticidal unsaturated isobutylamides: from natural products to agrochemical leads. In: Arnason, J.T., Philogene, B.J.R., Morand, P. (Eds.), *Insecticides of Plant Origin*. ACS symposium Series 387. American Chemical Society, 1989., New York, pp. 183– 187.
- Padilla, R., J. S., E. González, G., E., M. A. Perales, de la C., H. R. Reyes, P., y E. S. Osuna, C. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana. *Avances de Investigación. Publicación Especial Núm. 31*. SAGARPA, SNICS, INIFAP - CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. México. 61 p.
- Pedroso-Rodríguez, A., Arrebato-Ramírez, M., Baños-Bautista, S., Triana-Cruz A., Y González-Rivero D. 2012. Actividad antifúngica de extractos de *Acacia farnesiana* sobre el crecimiento in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 9196.
-

- Salvadores, Y. U., et al. 2005 Spices powders for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, in stored wheat. *Agricultura Tecnica* [online] *Bioline* 2005, [viewed 05 december 2018] 67(2), 147-154.
- Scott, W. P., and McKibben, G. H. 1978. Toxicity of black pepper extract to boll weevils. *Journal Economic Entomology* [online] Oxford, April 1978. 71, 343–344. [viewed 05 december 2018] Available from: 53, 25-31. doi:org/10.1093/jee/71.2.343.
- Shirley, F. M. L., Yamaguchi, L. F., Kato, M. J., Lemos, O. F., Xavier, L.P., Maia, J. G. S., Ramos, A. R., Setzer, W. N., & Silva, J. K. R. (2017). Secondary metabolic profiles of two cultivars of *Piper nigrum* (Black Pepper) resulting from infection by *Fusarium solani* f. sp. *piperis*. *International Journal of Molecular Science*, 18 (12), 1-17.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Disponible en [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo). do
- Su, H. C. F., and Horvat, R., 1981. Isolation, identification and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. *Journal of Agricultural and Food Chemestri* [online] ACS Publications, January 1981. 29, 115–118. [viewed 05 december 2018] Available from: doi:10.1021/jf00103a029.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., & Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.

---

**DOS SEPAS DE *BACILLUS* EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE GRAPE (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) EN CONDICIONES DE MALLA SOMBRA**

**Alejandro Espinoza Barajas<sup>1</sup>, Luis Gerardo Espinoza Barajas<sup>1</sup>, Jorge Sáenz Mata<sup>2</sup>, Erick Fabian Vázquez Padilla<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>FAZ-UJED. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México.

<sup>2</sup>FCB-UJED. Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo. México.  
Email: [alejandrobarras12345@hotmail.com](mailto:alejandrobarras12345@hotmail.com)

### **INTRODUCCIÓN**

Según el SIAP, el tomate genera una derrama económica de 4.2 millones de dólares tan solo de las exportaciones que son en su mayoría hacia Estados Unidos, cabe decir que en el año 2018 se produjeron en nuestro país poco más de 3 millones de toneladas de tomate en una superficie de 42,185 ha, sin embargo el tomate por su demanda nutricional tiende a ser un cultivo que dentro del sistema intensivo de producción tiene un gran impacto ambiental principalmente en el suelo por la aplicación constante de fertilizantes. La adopción y uso de biofertilizantes en la agricultura está llamada a ser una de las tecnologías para asegurar la sustentabilidad y productividad de este sector tan importante para la economía y la sociedad. La posibilidad de obtener elevados rendimientos agrícolas y al mismo tiempo preservar el medio ambiente está ligada al uso generalizado de estos productos, como alternativa al uso masivo de plaguicidas y fertilizantes de origen químico, que son costosos y tienen un impacto negativo sobre la salud y el medio ambiente. (Bach Alvares & Diaz, 2008)

El potencial benéfico que presentan las rizobacterias es expresado a través de la producción de diferentes metabolitos de interés que representan una fuente interesante a explotar, con el objetivo de elaborar biopreparados con efecto de control biológico de organismos patógenos (Hernandez *et al.*, 2006).

En la actualidad el empleo de plaguicidas para el control de hongos, bacterias y nematodos, ha originado un creciente deterioro del ecosistema, teniendo como consecuencia que las frutas producidas bajo este régimen posean un alto grado de contaminación. Frente a este problema es necesario incorporar nuevas tecnologías que permitan dar paso a la utilización de productos de origen ecológico y disminuyan así la utilización de productos químicos para el control de los mismos. (Canchignia *et al.*, 2015)

La microflora del suelo y la rizosfera pueden acelerar el crecimiento de las plantas e incrementar su resistencia a enfermedades e insectos dañinos por la producción de sustancias bioactivas. Esos microorganismos mantienen el medio de crecimiento de las plantas y pueden tener efectos secundarios en la calidad de los cultivos. Los resultados son posibles dependiendo de la predominancia y actividades de cada uno de los microorganismos. Controlar la microflora del suelo para incrementar la predominancia de microorganismos benéficos y efectivos puede ayudar a mejorar y mantener las propiedades físicas y químicas del suelo. La apropiada y regulada adición de enmiendas orgánicas es a menudo una parte importante de cualquier estrategia de ejercicio como de control (Higa & Parr, 2006).

Las especies del género *Bacillus* y el potencial de sus enzimas amplían las perspectivas de uso para una agricultura sostenible, lo que permite la conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la calidad y la producción en cultivos de interés agrícola. Lo anterior, genera excelentes resultados y reduce su impacto en la saturación de los suelos, costos en la producción y contaminación al medio ambiente (Corrales *et al.*, 2017).

Si bien es poco probable que la inoculación microbiana cambie significativamente la abundancia y la composición de las comunidades microbianas nativas, la intervención localizada a través de la inoculación tiene el potencial de contribuir al ciclo de nutrientes en la rizosfera. Se deben investigar combinaciones de inoculantes microbianos y fertilizantes de solubilidad elemental para identificar estrategias en favor del incremento de la rentabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola. (Assainar *et al.*, 2018)

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED) con las siguientes coordenadas: 25° 47' 9.6" Lat. N y 103° 21' 2.25 Long. O. El cultivo se estableció dentro de una malla sombra con dimensiones de 10 m x 40 m y con una densidad de siembra de 0.25 m entre plantas y 1.60 m entre líneas obediendo así 25,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El híbrido utilizado fue Sweet Heart®, misma semilla que fue donada por la empresa Vigo. La siembra se realizó el 06 de Marzo del 2018 en charolas germinadoras de 200 cavidades usando como sustrato peat moss de la marca KEKKILÄ professional® con un pH de 5.5, C.E de 2.4 dS.m<sup>-1</sup> y una concentración nutricional de 14 – 16 – 18 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Por otra parte las semillas bacterianas fueron provistas por la Facultad de Ciencias Biológicas quien donó la semilla bacteriana *Bacillus sonorensis* y la otra por la empresa ABT® quien donó la semilla *Bacillus subtilis*, mismas que fueron inoculadas en plantulas de tomate un par de veces, la primera al momento de la siembra el 06 marzo de 2018 y la restante un día antes de la plantación el 15 abril de 2018. La inoculación se realizó colocando 1 mL de concentrado de caldo bacteriano sobre cada planta con una concentración de 1x10<sup>-8</sup> UFC. El trasplante se realizó el 16 de abril del 2018 sobre el suelo con un área de 9 m x 36 m y donde se estableció previamente una estructura de tutorado. El riego se realizó mediante un sistema de riego presurizado por goteo, con el cual se regaba de 4 a 6 horas 3 días a la semana. La cosecha se realizó a los 60 días después de trasplante (DT). Antes y después de establecer el experimento se tomaron muestras de suelo a las cuales se les realizó un análisis físico-químico para su comparación. Se evaluaron variables como tamaño (cm) y peso (g) de los frutos para su calidad (%), rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>) y contenido de sólidos solubles (°Bx) para lo cual se realizaron tomas de datos que posteriormente fueron analizados estadísticamente con el programa GraphPad Prims 7.00®.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizarse los análisis de varianza correspondientes, se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo que la cepa bacteriana de *Bacillus sonorensis* la que tuvo un efecto destacado en el rendimiento, en comparación con la semilla *Bacillus subtilis* y el testigo.

Investigación por Sarabia *et al.*, 2010 considera que las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (PGPR) y los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) son una alternativa en la agricultura sostenible puesto que a través de sus numerosos mecanismos de acción, directos o indirectos, las PGPR y los HMA pueden permitir una reducción significativa en el uso de pesticidas y fertilizantes químicos.

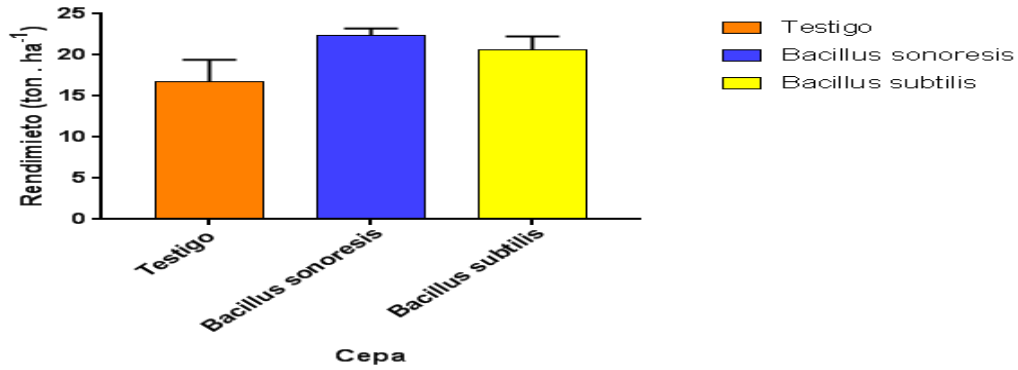


Figura 1. Análisis del rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de tomate grape en condiciones de malla sombra con dos tipos de cepas del género *Bacillus*. En la Comarca Lagunera. FAZ-UJED, 2018.

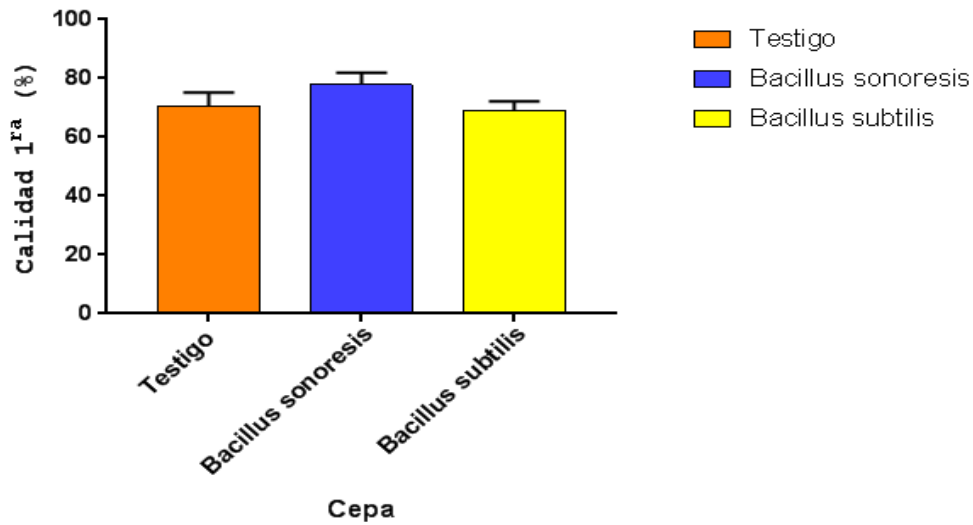


Figura 2. Comparación de la calidad (%) en frutos de tomate grape con inoculación de dos cepas de *Bacillus* y un testigo en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera. FAZ-UJED., 2018.



Un trabajo de Perin *et al.*, 2018 mostró que la clasificación es importante para los agricultores porque permite la estandarización del producto y un mayor valor añadido. En el ámbito académico, las normas de clasificación se utilizan para evaluar los efectos del manejo de un cultivo sobre las variables de estudio. Sin embargo para tomates de pequeño calibre, no se han definido las normas de clasificación en cuanto al tamaño y peso medio para fines de comercialización. Sin embargo, existen dos normativas internacionales que clasifican este tipo de tomate, CODEX (2006) y UNECE (2012). El Codex define como un requisito el tamaño mínimo de 15 mm de diámetro para los tomates Cereza y Cóctel, y no se puede encontrar más de 10% de los frutos con tamaño 5 mm mayor o menor que la clase definida. En el presente trabajo se encontró que la sepa *Bacillus sonorensis* también tuvo efectos destacables en cuanto al factor de calidad, siendo que se obtuvo la mayoría de los frutos en buena calidad, coincidiendo con Sarabia *et al.*, 2010, el efecto positivo en la calidad se derivó principalmente a los mecanismos de acción de la sepa en las raíces de la planta de tomate, manifestándose así una planta sana y vigorosa que es vector fundamental para una buena calidad de sus frutos.

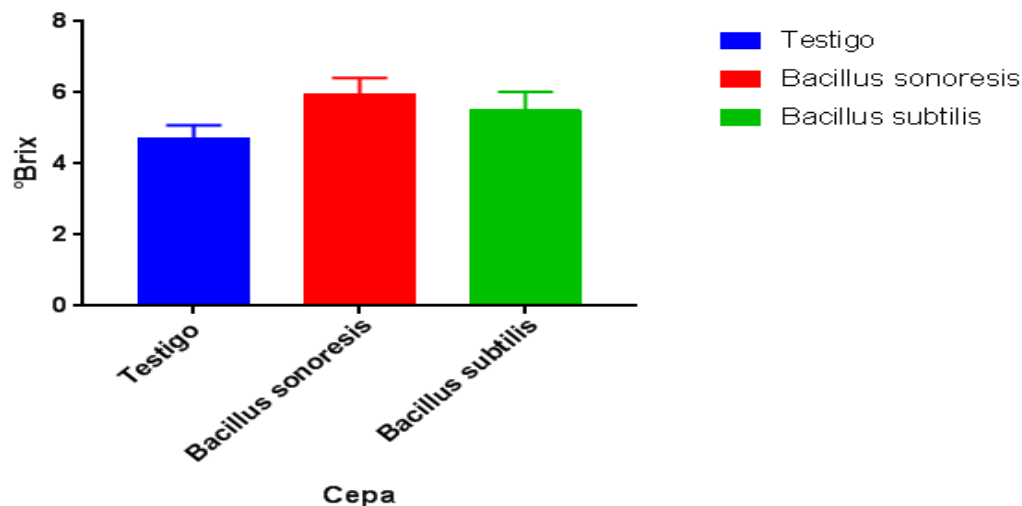


Figura 3. Análisis de sólidos solubles (°Bx) en el cultivo de tomate grape con 2 sepas de *Bacillus* y un testigo en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera. FAZ-UJED., 2018.

En el trabajo realizado se obtuvo como un resultado final en la variable de sólidos solubles (°Bx) que la sepa de *Bacillus sonorensis* tuvo un efecto al incrementar la cantidad de sólidos solubles en frutos de tomate grape en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera.

### CONCLUSIONES

Partiendo del desarrollo de tecnología que contribuye a minimizar los costos de producción, la contaminación ambiental y el deterioro de los suelos, los biofertilizantes son una buena alternativa para fundamentar una forma de manejo que se enfoque en la producción agrícola responsable con el medio ambiente.

Dadas las observaciones, biofertilizantes a partir de sepas bacterianas del género *Bacillus* que han sido probadas en campo son una fuente tentativa para integrarse a un manejo enfocado en disminuir las dosis de fertilizantes o bien como factor benéfico para el cultivo de tomate.

Puesto que la sepa bacteriana de *Bacillus sonorensis* tuvo efectos positivos en la calidad del tomate, se puede recomendar su uso y aplicación con el fin de mejorar la calidad de los frutos del tomate grape en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera.

### BIBLIOGRAFÍA

- Assainar, S., Abbott, L., Mickan, B., Whiteley, A., Siddique, K., & Solaiman, Z. (13 de Noviembre de 2018). Response of weath to a multiple species microbial inoculant compared to fertilizer application. *Frontiers in plant Science*, 9, 1-10.
- Bach Alvares, T., & Diaz, M. (2008). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la agricultura. *Agricultura organica*, 35-38.
- Canchignia Martinez, H., Cruz Rosero, N., Barrera Álvarez, A., Morante Carriel, J., Cachignia Malagón, G., & Peñafiel Jaramillo, M. (2015). Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y menátodos-plagas. *Ciencias agrarias*, 25-35.
- Corrales Ramirez, L., Caycedo Lozano, L., Gómez Méndez, M., Ramos Rojas, S., & Rodriguez Torres, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 45-65.
- Hernandez Rodriguez, A., Heydrich Pérez, M., Velazquez del Valle, M., & Hernández Lauzardo, A. (2006). Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1), 42-49.
- Higa, T., & Parr, J. (2006). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sustentable. Beltsville, Maryland, Estados Unidos: FUNDASES.
- Perin, L., Nogueira Peil, R., Hönh, D., Kletke De Oliveira, F., Anibele Streck, E., Radke Wieth, A., y otros. (Enero de 2018). Clasificación de frutos de tomates Cereza y Grape bajo diferentes sistemas de cultivo e intensidades de deshojado. *IDESIA (Chile)*, 36(1), 7-15.
- Sarabia Ochoa, M., Madrigal Pedraza, R., Martínez Trujillo, M., & Carreón Abud, Y. (Julio de 2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 12(1), 65-71.
- SIAP - SAGARPA. 2018. Atlas agroalimentario 2012 - 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Primera edición.
- SIAP. 2019. Resumen nacional por estado año agrícola en la modalidad de riego. En línea, disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) [citado el 23 de julio de 2019]

---

**PRUEBA DE ANTAGONISMO DE *TRICHODERMA* SPP. CONTRA CEPAS DE *FUSARIUM* SPP. ASOCIADAS A MAÍZ EN AGUASCALIENTES**

**Ernesto González Gaona<sup>1</sup>, Dolores Briones Reyes<sup>1</sup>, Candelario Serrano Gómez<sup>1</sup>,  
Karla Vanessa De Lira Ramos<sup>1</sup>, Roberto Sánchez Lucio<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags.,

<sup>2</sup> INIFAP- CIRPAC- Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

\*gonzalez.ernesto@inifap.gob.mx

### **INTRODUCCIÓN**

Aguascalientes es una de las cuencas lecheras más importantes de la República Mexicana, la producción se basa en ganado Holstein estabulado con alimentación balanceada y forrajes de alfalfa y de maíz ensilado. En los últimos años se ha reportado la presencia de plantas con secadera o podredumbre del tallo y de la mazorca de maíz, lo cual provoca pérdidas en el rendimiento, debido a la muerte prematura de plantas y acame (Singh *et al.*, 2012). Se ha identificado al hongo *Fusarium* spp., como el principal agente causal de la enfermedad, este hongo, además produce toxinas que persisten en el grano y forraje, lo cual representa un riesgo para la salud humana y animal (CIMMYT, 2004; Munkvold, 1999).

Dentro de las estrategias de manejo se encuentra el empleo de variedades resistentes (Mendoza *et al.*, 2006), empleo de fungicidas (Chandra *et al.*, 2008) y la utilización de microorganismos antagonistas (Patil *et al.*, 2003; Sobowale *et al.*, 2005). Esta última estrategia representa una alternativa al uso de agroquímicos, sin los efectos colaterales a los organismos no objeto de control, sin riesgos de contaminación ni peligros a la salud humana. El objetivo del presente estudio fue identificar cepas del hongo antagonista *Trichoderma* spp., efectivas contra cepas regionales de *Fusarium* spp., con la finalidad de establecer una estrategia de manejo biológico de la enfermedad.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El patógeno (*Fusarium* spp.)

La empresa Agroindustrias AG proporcionó 37 muestras de plantas de maíz con síntomas de secadera, procedentes de lotes comerciales y recolectadas entre el 16 de noviembre y el 01 de diciembre de 2017. De cada muestra se seleccionó un tallo que se partió en pequeños pedazos, que se desinfestaron con cloro al 20 % durante un minuto, después se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Los trozos de maíz se sembraron bajo campana de flujo laminar en cajas de Petri con PDA acidificado con 15 µl de ácido láctico al 85 %. Después de obtener cultivos puros, se obtuvieron discos miceliales de 6.0 mm de diámetro con ayuda de un sacabocados y se colocaron en un frasco de vidrio estéril que contenía una solución

de agua estéril con Glicerol al 30% y se conservaron en refrigeración a 8°C hasta su uso en los bioensayos.

Se realizó una identificación genérica de las cepas mediante un microscopio compuesto siguiendo las claves taxonómicas de Booth (1971). Al final se seleccionaron 21 cepas de *Fusarium* spp. de las cuales siete, provenían del cepario del programa de mejoramiento genético de maíz del CEPAB.

El antagonista (*Trichoderma* spp.)

De las cepas de *Trichoderma* spp. del cepario del Campo Experimental Pabellón, procedentes de Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas, se seleccionaron 20 cepas que presentaron un crecimiento activo y característico del género. Las cepas se incrementaron en cajas Petri con PDA, posteriormente de cada cepa se cortaron discos miceliales de 6.0 mm de diámetro con un sacabocados y se conservaron en frascos de 100 ml con agua estéril y glicerol al 30%, y se mantuvieron en refrigeración a 8°C hasta su uso en los bioensayos.

Bioensayos (*Fusarium* spp. vs *Trichoderma* spp.)

Los discos miceliales de las cepas de *Trichoderma* spp. y *Fusarium* spp. se sembraron de manera equidistantes a 5.0 cm entre sí, bajo campana de flujo laminar en cajas Petri con PDA y antibiótico. Cada cepa de *Trichoderma*, se probó con cada una de las cepas de *Fusarium* seleccionadas, marcando el crecimiento de cada organismo en forma diaria en el reverso de la caja. Las variables que se consideraron fueron: 1) Ancho de la banda de inhibición (mm), en este caso a mayor amplitud menor es el efecto de *Trichoderma*, 2) Porcentaje de reducción del crecimiento de *Fusarium* en presencia del antagonista (Royse y Ries, 1978), donde a mayor porcentaje, mayor efecto antagonista de *Trichoderma*, 3) Efecto antagónico (competencia por el sustrato) mediante la escala de crecimiento (1 a 5) utilizada por Bell *et al.*, 1982 Micoparasitismo, considerado como el porcentaje del área de crecimiento de *Trichoderma* sobre la colonia de *Fusarium*. 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

De las muestras de maíz proporcionadas por la empresa Agroindustrias se aislaron 38 cepas de *Fusarium*. Cada cepa de *Fusarium* respondió en forma diferente a la presencia de las cepas de *Trichoderma*. Las cepas 7, 24, 38, 39, 44 y 58 de *Fusarium*, mostraron alta competencia contra las diferentes cepas de *Trichoderma*, la cual se expresó en mayor amplitud de la zona de inhibición entre las colonias, es decir 4 días después de la inoculación, las colonias no se unieron, por lo que se puede inferir que estas cepas de *Fusarium* poseen mecanismos de defensa frente

a *Trichoderma*, lo que pudiera estar relacionado con mayor virulencia y/o agresividad.

Las cepas de *Trichoderma* que provocaron mayor reducción en el crecimiento de mayor número de cepas de *Fusarium*, fueron la 1, 3, 4, 5 y 31. Estas cepas de *Trichoderma* redujeron el crecimiento entre 10 y 30 %. Las cepas 4 y 31 son comerciales; mientras que las cepas 1, 3 y 5 fueron recolectas provenientes de Pabellón de Arteaga, Ags., Santiago Ixcuintla, Nay. y Calvillo, Ags., respectivamente. Estas cinco cepas de *Trichoderma* en su conjunto tienen un control significativo sobre el 81% de cepas de *Fusarium*.

La medición de la capacidad antagonista con la escala de Bell *et al.* (1982), mostró que las cepas de *Trichoderma* con mayor capacidad antagonista fueron la 9, 17, 21, 26 y 28, con valores cercanos a 1, lo que significa que colonizaron más del 75 % de la caja Petri y rodearon la zona de crecimiento del patógeno.

Las cepas de *Trichoderma* que parasitaron en mayor porcentaje y mayor número de cepas de *Fusarium*, fueron la 1, 2, 9, 17, 21, 26 y 31. Estas cepas de *Trichoderma* provocaron micoparasitismo entre 50 y 100 % en algunas cepas de *Fusarium*. La cepa 1 tuvo mayor afectación contra 5 cepas de *Fusarium*, la cepa 2 contra 6, la cepa 9 contra 11, la cepa 17 contra 6, la cepa 21 contra 7, la cepa 26 contra 11 y la cepa 31 contra 5 (Figura 1). Estas siete cepas de *Trichoderma* en su conjunto tienen un control significativo sobre el 85% de cepas de *Fusarium*; adicionalmente la cepa 9 tuvo efecto importante de reducción sobre dos de las cepas más agresivas de *Fusarium* (4 y 58); y la cepa 26 sobre las cepas de *Fusarium* 7, 29 y 58

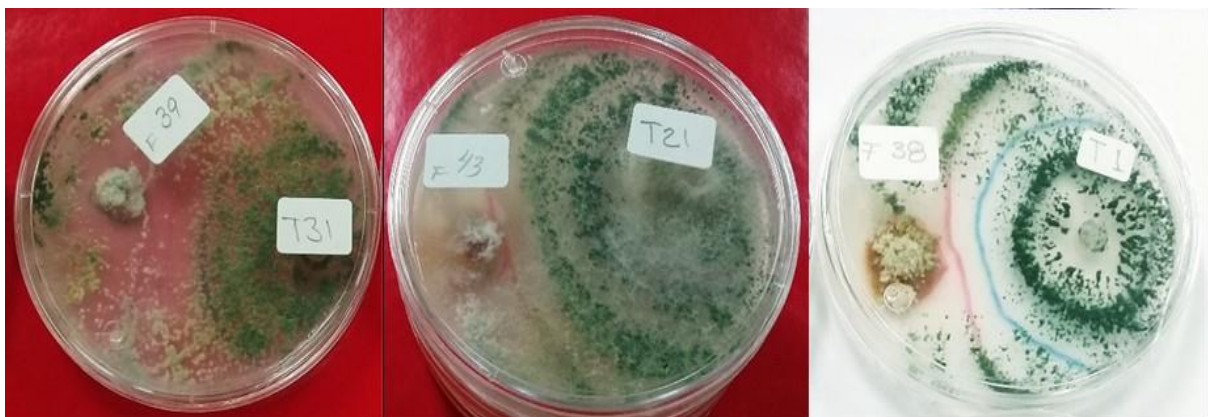


Figura 1.- Efecto del micoparasitismo de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* spp.

---

## CONCLUSIONES

La capacidad de las cepas de *Trichoderma* en la protección de cultivos se debe por un lado a su capacidad antagónica contra los fitopatógenos y por otro a la estimulación de los mecanismos de defensa de las plantas; sin embargo, se debe tener en cuenta que un solo método de control no basta para reducir una enfermedad de forma eficaz y duradera. Es necesario integrar varias prácticas, por lo anterior, la resistencia genética del maíz a pudriciones de tallo por *Fusarium* spp., será el mejor método de control para la enfermedad. Mientras que el uso de microorganismos biocontroladores de hongos fitopatógenos como es *Trichoderma* spp. puede proveer un apoyo para reducir el grado de infestación del lote y eventualmente disminuir el inóculo presente en el suelo. Las cepas de *Trichoderma* de mejor desempeño en los bioensayos contra *Fusarium* spp. aislados de maíz fueron las cepas 9, 17, 21, 26 y 31, al provocar mayor reducción del crecimiento del fitopatógeno y mayor porcentaje de micoparasitismo. La posible virulencia/agresividad de cepas de *Fusarium* (4, 7, 20, 37, 38, 43, 44 y 58) las hace buenas competidoras contra *Trichoderma*, al no presentar porcentajes de reducción significativos. La aplicación de un consorcio de las cepas de *Trichoderma* más efectivas, como parte del manejo integrado de la pudrición de tallo por *Fusarium* spp. en maíz, es factible de ser usada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bell, D., Well, H., Markham, C. 1982. "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72:379-382.
- Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Surrey, England.
- Chandra, N. S., UdayaShankar, A. C., Niranjan, R. S., Niranjana, S. R., Prakash, H. S. 2008. Tebuconazole and Thiabendazole- novel fungicides to control toxigenic *Fusarium verticilloides* and fumonisin in maize. *J Mycol Plant Pathol* 38(3): 430-436.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D. F. 118 p.
- Mendoza, E. M., E. Andrio, E., A. López, B., R. Rodríguez, G., L. Latournerie, M. y S. A. Rodríguez, H. 2006. Tasa de infección de la pudrición del tallo de maíz causada por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana* 17(1): 19-24.
- Munkvold, G. P., Hellmich, R. L. and Rice, L. G. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and non-transgenic hybrids. *Plant Dis.* 83(2):130138.
- Patil, R. K., Goyal, S. N., Patel, B. A., Patel, R. G., Patel, D. J., Singh, R. V., Panakaj, Dhawn, S.C., Gour, H. S, 2003. Integrated management of stalk rot disease and phyto-nematodes in Rabi maize. Proceedings of National symposium on Biodiversity and Management of Nematodes in Cropping Systems for Sustainable Agriculture, Jaipur 250-254.
- Royse, D. J., S.M. Ries.1978. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology* 68: 603-607.
- Singh, N., Rajendran, A., Meena, S., Mittal, G. 2012. Biochemical response and host-pathogen relation of stalk rot fungi in early stages of maize (*Zea mays* L.) *African J Biotech* 11(82): 14837-14843.
- Sobowale, A. A., Cardwell, K. F., Odebode, A. C., Bandyopadhyay, R., Jonathan, S. G. 2005. Growth inhibition of *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg by isolates of *Trichoderma pseudokoningii* strains from maize plant parts and its rhizosphere. *J Plant Prot Res* 45(4): 249-266.

---

## DIAGNÓSTICO SOBRE EL EFECTO DE LOS BIOFERTILIZANTES EN LA ACUMULACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y EL ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS CULTIVADOS CON CAFÉ

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>, Vicenta García Costante<sup>1</sup>, Miguel Rivera González<sup>1</sup>, Erika Nava Reyna<sup>1</sup>, Hilario Macías Rodríguez<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140 ([villalobos.arcadio@inifap.gob.mx](mailto:villalobos.arcadio@inifap.gob.mx)).

### INTRODUCCION

La agricultura actual se desarrolla con tecnologías que dependen de agroquímicos y que son tecnologías que elevan los costos de producción del cultivo sin considerar la contaminación y degradación ambiental con consecuencias graves a largo plazo. La descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo se debe a un proceso biológico en el que intervienen macro y microorganismos liberando el carbono (C) hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y el nitrógeno (N) se libera como amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que son las formas requeridas por las plantas superiores. En el C es capturado en el suelo (COS) ya que es asimilado por la población microbiana y retenido en el suelo y otra parte se convierte en humus. Parte del humus nativo (con cierta labilidad) es mineralizado simultáneamente, afectando el contenido total de materia orgánica, el cual se mantiene a un nivel estable en el suelo.

Durante la descomposición de la materia orgánica una parte del carbono es devuelto a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas (Pérez *et al.*, 1998). La evolución del CO<sub>2</sub> es un parámetro ligado al manejo de materiales orgánicos el cual representa una medición integral de la respiración del suelo, conocida como respiración edáfica basal (mineralización del carbono a partir de diferentes “pools” del carbono de suelo y desechos), es decir, representa la estimación de la actividad microbiana (García y Rivero, 2008).

En suelos agrícolas bajo diferentes prácticas de manejo, se ha demostrado la eficacia de algunas de ellas para generar formas estables de carbono en el suelo. Estos mecanismos dependen de factores como el cultivo del que se trate, los métodos de labranza, el tipo de fertilización, el clima, entre otros; sin embargo, las comunidades microbianas del suelo son el factor más importante, ya que a partir de su metabolismo se generan enzimas y biomoléculas directamente relacionadas con la degradación y estabilización de las moléculas de carbono en el suelo. Por lo tanto, la aplicación de biofertilizantes es una de las principales prácticas de manejo que pueden contribuir a mediano y largo plazo a mantener o incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo (Dębska *et al.*, 2016), forma activa biológicamente importante del carbono en el suelo (Bhattacharyya *et al.*, 2013), la cual es un indicador esencial de la calidad y fertilidad del suelo (Haynes, 2005). Así, los biofertilizantes pueden contribuir en la captación de carbono en el suelo mediante dos principales vías: la promoción del crecimiento de las plantas o su efecto en la humificación de la materia orgánica.

Hasta el momento, la relación de la influencia de la aplicación de biofertilizantes en el contenido de materia orgánica no está clara (Pardo *et al.*, 2010; Jakubus *et al.*, 2013; Dębska *et al.*, 2016), aunque se sabe que las fracciones de SOC con diferente estabilidad y tasa de retorno son variables importantes para detectar la influencia del manejo

agronómico en la calidad del suelo (Chivhane y Bhattacharyya, 2010; Mandal *et al.*, 2008), las cuales pueden ser lábiles (reservas activamente cíclicas) o estables (reservas resistentes o recalcitrantes) que varían en su tiempo de residencia en el suelo. Existen reportes de que hay una influencia de los biofertilizantes en la aceleración de la humificación de materia orgánica fresca que se introduce al suelo (Fatunbi y Ncube, 2009; Piotrowska *et al.*, 2012), lo que los vuelve más relevantes sobre todo cuando se aplican

La captura de carbono y el aumento de la materia orgánica del suelo tienen un impacto directo sobre la calidad y la fertilidad de los suelos, los mismos que a su vez son importantes sobre el ambiente, resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura. La cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de ciertos biofertilizantes en la acumulación de carbono orgánico (CO) y el estado de la materia orgánica (MOS) en suelos agrícolas cultivados con café. Este trabajo muestra la dinámica de acumulación de carbono orgánico en el suelo como una variación con respecto a la profundidad de la muestra. Los valores que se observaron mostraron la tendencia de un aumento en la capa superficial (0-30 cm) con valores muy uniformes de hasta de 1.7% de materia orgánica en los tratamientos del suelo, lo que demuestra la recuperación del carbón orgánico del suelo (COS) y su la utilización como sumideros de carbono.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio de exploración se realizó en el estado de Veracruz por medio de un muestreo de suelos en cuatro parcelas de productores cooperantes, localizadas en un municipio del estado. Las muestras se tomaron en los predios donde se están realizando aplicaciones anuales de los biofertilizantes compuestos a base de una mezcla de microorganismos con los organismos de *A. brasilense* y *Glomus intrradice*. Las cuatro parcelas seleccionadas con el cultivo de Café se localizan en el municipio de Emiliano Zapata donde las unidades de suelo que predominan son de tipo luvisol y rendzina, el primero presenta acumulación de arcilla en el subsuelo y es susceptible a la erosión; el segundo contiene una capa superficial rica en materia orgánica, es poco profundo y moderadamente susceptible a la erosión.

En cada lote seleccionado se realizó un muestreo del suelo en la parcela agrícola con uso de biofertilizante para producción de café, y en sus respectivas parcelas agrícolas testigo (sin uso de biofertilizante). Este muestreo fue llevado a cabo casi al final del ciclo agrícola 2018. En cada parcela (con tratamiento y testigo) se realizaron 10 puntos de muestreo a las profundidades de 0-30 y 30 a 60 cm de profundidad en el suelo, con barrena de caja, a todos los puntos de muestreo se realizaron en la línea de plantas evitando las zonas de tránsito de maquinaria o de pisoteo del suelo. El muestreo se realizó para hacer la caracterización fisicoquímica del suelo con datos de campo y laboratorio.

En esta localidad se muestrearon dos lotes que actualmente tienen dos (2) diferentes tiempos de manejo que dependen del año de trasplante del vivero al campo abierto (plantación en el suelo). Uno se trasplantó en el año de 2013 (primer tratamiento) y el otro fue trasplantado recientemente en el año 2018 (segundo tratamiento). Los tratamientos con biofertilizantes además del testigo fueron los siguientes:

1) Tratamiento Café 1: Parcela tratada con biofertilizante desde el año 2013 (5 años consecutivos de aplicación).



- 2) Tratamiento Café 2: Parcela tratada con biofertilizante desde el año 2018 (1 año de aplicación).
- 3) Tratamiento Café Testigo: Parcela sin aplicación de biofertilizante (cultivo con 5 años de edad).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Materia Orgánica (MO) y Carbón Orgánico (CO)**

Los porcentajes de materia orgánica en el suelo pueden variar desde menos de 0.5% hasta más de 6.0% de MO. Existen valores en la clasificación que pueden ser valores bajos, medios, altos y muy altos. Los más comunes son valores que varían entre 0.8% hasta un 3.0%, sin embargo, se pueden encontrar suelo con valores tan altos como 6.0% que corresponden a suelos orgánicos.

En el Cuadro 1 se presentan los datos de MO y CO, donde se observa que en el tratamiento Roma 2013, en la profundidad del suelo de 0-30 cm se encontró que los porcentajes en valores medios, los cuales estuvieron entre el 2.3% y 2.0% para el tratamiento con biofertilizante y el testigo, respectivamente. Y en la profundidad del suelo de 30-60 cm los valores se redujeron a la mitad o menos de la mitad con porcentajes de 1.0% y 0.8% para el tratamiento con biofertilizante y el testigo, respectivamente.

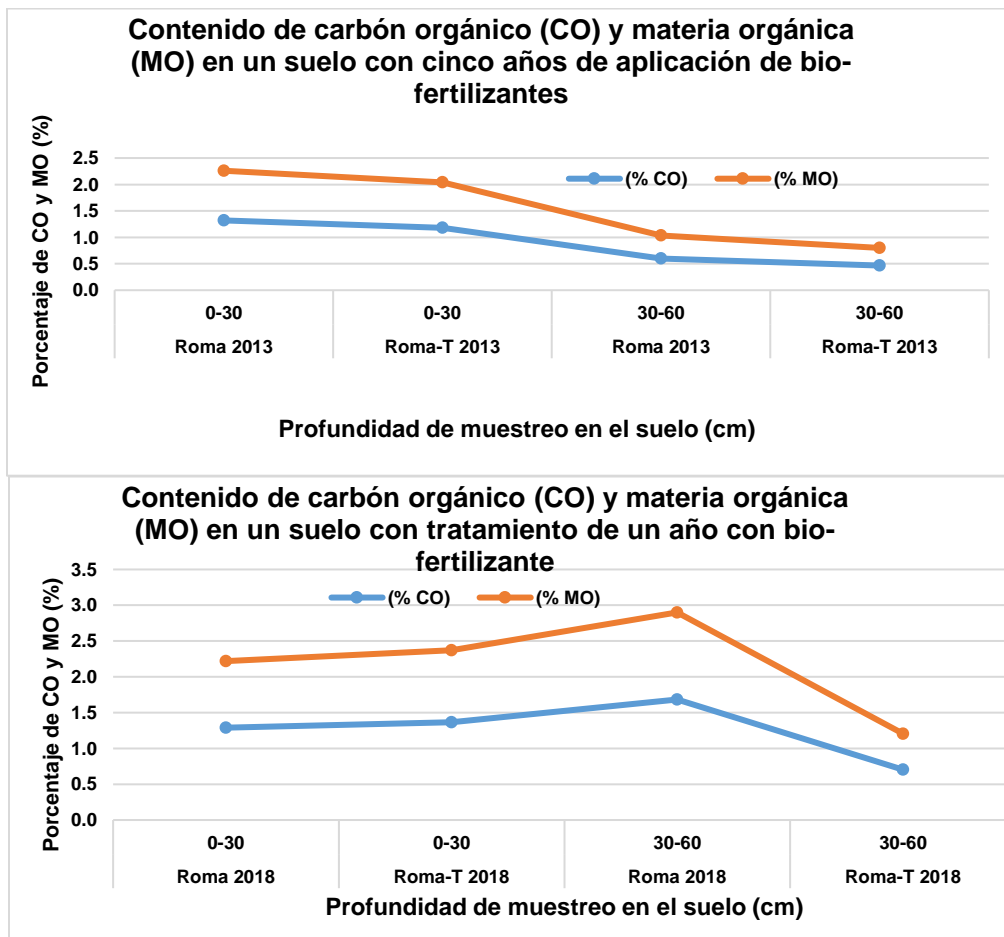
Esta es una de las variables que se debe resaltar por la importancia que tiene en relación con el carbón orgánico del suelo (COS), debido a que los valores del MO están relacionados. Por ejemplo, en la parcela testigo sin aplicación de biofertilizante, los porcentajes de MO fueron más bajos en las dos profundidades de suelo. Inclusive en la profundidad de 30-60 cm el valor de MO se considera bajo con un 0.8% y el carbón orgánico fue de 0.5%.

En la parcela donde se aplicó biofertilizante en el año 2018 (tratamiento Roma 2018), el MO en el estrato de 0-30 cm de profundidad mostró valores medios de contenido con un 2.2%, mientras que el testigo mostró un contenido de 2.4%. En la profundidad de 30-60 cm el valor de MO fue de 2.9% considerado un valor medio. En este caso ocurrió lo contrario que con los valores del Nt en la parcela testigo sin aplicación de biofertilizante, los valores de Nt que fueron más bajos en las dos profundidades de suelo muestreadas.

El carbón orgánico (COS) está asociado a la materia orgánica del suelo (MOS) los cuales proporcionan coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. La cantidad de COS depende fuertemente del manejo del suelo y de las condiciones ambientales locales. Este trabajo muestra la dinámica de acumulación de carbono orgánico en el suelo como una variación con respecto a la profundidad de la muestra. Los valores que se observaron mostraron la tendencia de un aumento en la capa superficial (0-30 cm) con valores muy uniformes de hasta de 1.3% en los tratamientos de los años 2013 y 2018, lo que demuestra la recuperación del COS y su la utilización como sumideros de carbono (Figuras 1 y 2).

Cuadro 1. Resultados del análisis de laboratorio de muestras de suelo en la profundidad de 0 a 30 y 30 a 60 cm, en la localidad "Finca Roma" donde se aplicó biofertilizante en dos lotes en uno desde el año 2013 y en otro desde el año 2018.

Localidades	Prof. (cm)	pH	CE (dS/m)	Carbón Orgánico (% CO)	Materia Orgánica (% MO)
Roma 2013	0-30	6.7	0.316	1.3	2.3
Roma-T 2013	0-30	6.7	0.462	1.2	2.0
Roma 2013	30-60	6.5	0.170	0.6	1.0
Roma-T 2013	30-60	6.6	0.223	0.5	0.8
Roma 2018	0-30	6.2	0.398	1.3	2.2
Roma-T 2018	0-30	6.6	0.468	1.4	2.4
Roma 2018	30-60	6.3	0.290	1.7	2.9
Roma-T 2018	30-60	6.5	0.190	0.7	1.2



Figuras 1 y 2. Porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico en suelos tratados con biofertilizantes.

---

### CONCLUSIONES

-Este trabajo muestra la dinámica de acumulación de carbono orgánico en el suelo como una variación con respecto a la profundidad de la muestra. Los valores que se observaron mostraron la tendencia de un aumento en la capa superficial (0-30 cm) con valores muy uniformes de hasta de 1.7% en los tratamientos del suelo, lo que demuestra la recuperación del COS y su la utilización como sumideros de carbono.

### BIBLIOGRAFIA

- Bhattacharyya, R., Pandey, S.C., Bisht, J.K., Bhatt, J.C., Gupta, H.S., Tuti, M.D., Mahanta, D., Mina, B.L., Singh, R.D., Chandra, S., Srivastva, A.K., Kundu, S. 2013. Tillage and irrigation effects on soil aggregation and carbon pools in the Indian sub-himalayas. *Agron. J.* 105, 101–112.
- Chivhane, S. P., Bhattacharyya, T. 2010. Effect of land use and bio-climatic system on organic carbon pool of shrink-swell soils in Vidarbha region, Maharashtra. *Agropedology.* 20: 145-156.
- Dębska, B., Długosz, J., Piotrowska-Długosz, A., Banach-Szott, M. 2016. The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration—results from a field-scale study. *J. Soils Sediments.* 16: 2335-2343.
- Fatunbi, A. O., Ncube, L. 2009. Activities of Effective Microorganisms (EM) on the nutrient dynamics of different organic materials applied to soil. *Am. Eurasian. J. Agron.* 2(1):26–35.
- Haynes, R. J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Adv. Agron.* 85: 221–268.
- Jakubus, M., Gajewski, P., Kaczmarek, Z., Mocek, A. 2013. Impact of addition of organic additives and EM-A preparation on physical, chemical and structural state of the arable-humus soil horizon. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 58(3): 220–225.
- Mandal, B., B. Majumder, T. K. Adhya, P. K. Bandopadhyay, A. Gangopadhyay, D. Sarkar, M. C. Kundu, S. Gupta, G. C. Choudhury, G. C. Hazra, S. Kundu, R. N. Samantaray, Misra, A. K. 2008. Potential of double-cropped rice ecology to conserve organic carbon under subtropical climate. *Glob. Change Biol.* 14: 1-13.
- Pardo, T., Almendros, G., Zancada, M. C., López-Fando, C. 2010. Biofertilization of degraded Southern African soils with cyanobacteria affects organic matter content and quality. *Arid Land Res. Manage.* 24(4): 328–343.
- Piotrowska, A., Długosz, J., Zamorski, R., Bogdanowicz, P. 2012. Changes in some biological and chemical properties of an arable soil treated with the microbial biofertilizer UGmax. *Pol. J. Environ. Stud.* 21(2): 455–463.

---

## EFFECTO DEL USO DE BIOFERTILIZANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO

Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Miguel Rivera González<sup>1</sup>, Vicenta Constante García<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>, José Luis González Barrios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, nava.erika@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

La gran diversidad de mecanismos de los microorganismos para favorecer el crecimiento de las plantas, ha provocado el aislamiento y análisis del potencial de diversas cepas como biofertilizantes para incrementar el rendimiento de los cultivos, mejorando la seguridad alimentaria (Mahanty *et al.*, 2017). Un biofertilizante contiene microorganismos vivos que pueden acelerar los procesos metabólicos de la microbiota para incrementar la disponibilidad de nutrientes para ser asimilados por las plantas. Estos procesos microbianos incluyen la fijación de nitrógeno (N) atmosférico, producción de fitohormonas y la solubilización de fosfatos y potasio insoluble (Mohd Mazid y Khan, 2014).

Aunque se ha estudiado la eficacia de diversos microorganismos como biofertilizantes en distintos cultivos y condiciones agroecológicas, su efecto en la microbiota del suelo ha sido poco explorado. Las bacterias fijadoras de nitrógeno y las micorrizas arbusculares incrementan el crecimiento y producción de varias plantas frutícolas y mejoran la actividad microbiológica en la rizósfera (Aseri *et al.*, 2008; Ghazi, 2006; Kohler *et al.*, 2007). Zhang *et al.* (2013) demostraron que el uso de *Trichoderma* como biofertilizante alteró significativamente la diversidad de la comunidad fúngica en la rizósfera de pepino, incrementando además el rendimiento del cultivo. Otros estudios en plátano también obtuvieron un incremento en la diversidad de los microorganismos del suelo cuando se emplearon *Bacillus* y *Trichoderma* (Fu *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2013). Investigaciones sugieren que algunos biofertilizantes pueden incrementar la salud del suelo por dos mecanismos: la supresión directa de patógenos y la modificación de la comunidad microbiana nativa (Xiong *et al.*, 2017). Por lo tanto, el impacto de los biofertilizantes en los patrones de diversidad microbianos no está claro aún, lo que sugiere que su efecto pudiera estar condicionado por diversos factores en los sistemas experimentales y de manejo, como el tipo de microorganismo, la adición en conjunto con enmiendas orgánicas, el tipo de cultivo, las condiciones agroecológicas, entre otros (Hartmann *et al.*, 2015) por lo que deben establecerse estudios bajo las condiciones de cada región.

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto sobre las poblaciones microbianas del suelo de la aplicación de *Glomus intraradice* y *Azospirillum brasiliensis* (Micorrizafer® y Maxifer®, Biofabrica Siglo XXI, México) como biofertilizantes en predios para el cultivo de café, naranja y limón en el estado de Veracruz, México.

### MATERIALES Y METODOS

#### ***Establecimiento del experimento en campo***

Se seleccionaron los sitios de estudio localizados en los municipios de Martínez de la Torre (cítricos) y Emiliano Zapata (café), Veracruz: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013; NJ-16 – Naranja 2016; LM-16 – Limón 2016 (Tabla 1). Para elegir los sitios de muestreo se estableció que fueran parcelas donde se han aplicado biofertilizantes y se cultivan cítricos y café, unos de los principales cultivos de interés económico en el país. En cada parcela se identificó paralelamente una propiedad con similares características y manejo agronómico,

pero sin biofertilizantes como testigo. En todos los predios donde se aplicó el biofertilizante se añadieron 2 dosis anuales de los biofertilizantes, una al inicio de la temporada de lluvia y la otra 3 semana después, a una concentración de  $5 \times 10^{11}$  UFC de *A. brasilense* y  $9 \times 10^4$  esporas de *Glomus intraradices*.

Tabla 1. Sitios de estudio y claves de identificación.

Cultivo	Tratamiento	Coordenadas	Ubicación	Inicio de aplicación	Clave de identificación
Café	Testigo	N 19°28'2.74" W 96°52'38.19" Altura 1095.8 m	Emiliano Zapata	NA	CF-T13
	Biofertilizante	N 19°28'0.98" W 96°52'38.20" Altura 1093 m		2013	CF-B13
Café	Testigo	N 25°43'40.7" W 103°24'01.9" Altura 1076 m	Emiliano Zapata	NA	CF-T18
	Biofertilizante	N 25°43'40.7" W 103°24'01.9" Altura 1076 m		2018	CF-B18
Naranja	Testigo	N 20°10'15.6" W 97°2'59.8" Altura 87 m	Martínez de la Torre	NA	NJ-T16
	Biofertilizante	N 20°10'9.2" W 97°02'55.7" Altura 89 m		2016	NJ-B16
Limón	Testigo	N 20°06'07.5" W 97°01'55.1" Altura 68 m	Martínez de la Torre	NA	LM-T16
	Biofertilizante	N 20°06'5.0" W 97°01'55.3" Altura 71 m		2016	LM-B16

En la finca donde se encuentran los dos tratamientos de biofertilizante en café, los biofertilizantes se aplican 2 veces en vivero durante la germinación de las semillas, para posteriormente volverlo a aplicar en campo. En campo, el biofertilizante se aplica un mes después de la siembra en la pata de la planta, para posteriormente aplicar en la temporada de lluvia, que es cuando crece el grano (aproximadamente en el mes de julio). En dicha finca, se muestreó una zona donde se ha aplicado el biofertilizante desde 2013 y otra donde se plantó y aplicó sólo a partir del 2018, cada zona con su respectivo testigo, donde se sigue el mismo manejo agronómico sin aplicación de biofertilizantes. Se dan de dos a tres abonadas químicas al año, en temporada de lluvias (enero, mayo y junio) con Triple 16 y NPK 17:7:14. La densidad de plantas es de 5,000 plantas/ha, mientras que el sombreado en la finca es del 40% con árboles de chalahuite, palo mulato, cedro y caoba.

Por su parte, la finca donde se produce naranja, se usan las variedades swingle y carrizo. Esta finca ha aplicado los biofertilizantes desde el 2016 en la zona de prueba; sin embargo, a partir del 2018 se comenzó a aplicar en toda la huerta. Los fertilizantes y biofertilizante se aplican alrededor del tallo a 50 cm de distancia. El riego es de temporal y tiene una separación de 5 metros entre árboles y 8 m entre calles, teniendo un total de 4450 árboles en la finca. Se realizan anualmente dos podas, una en mayo y otra después de la cosecha como poda de limpieza de las ramas. El control de maleza se realiza manualmente, medio año se aplica el herbicida llamado “cerillo” y medio año machete.

En el predio para cultivo de limón, se usa limón volkameriana injertado con limón persa, tiene una densidad de 450 árboles/ha y se riega por temporal. En temporada de lluvia, antes y después de la cosecha, se fertiliza con 0.5 kg de nitrofoska (NPK) por árbol, y microelementos (Fe, Zn, N, Cu, Mg) de manera foliar. Se han aplicado anualmente biofertilizantes desde el 2016 en bombas aspersoras sin boquilla. Los árboles de limón tienen 10 años de edad, los cuales tienen 2 podas por año (mar-abr y ago-sep). La cosecha del fruto se da en dos periodos: abril – septiembre y diciembre-marzo. No obstante, el primer periodo es la principal cosecha.

#### **Muestreo y preparación de la muestra**

Se establecieron sistemáticamente 4 parcelas de 10x4 m en las huertas de café y de 15x15 m en las de cítricos. En cada parcela se tomaron 12 muestras de suelo rizoférico a 50 cm del tallo y a una profundidad de 0-20 cm. Las muestras fueron identificadas y colocadas en bolsas de plástico, almacenadas a 4°C hasta su análisis. El suelo fue secado al aire, las raíces y otros residuos visibles de plantas fueron removidos y tamizadas directamente a 2 mm de tamaño de partícula antes del análisis. Del suelo colectado se elaboró una muestra compuesta para los análisis.

La densidad aparente (D.A.) del suelo también fue determinada por el método de núcleo en campo en cada una de las profundidades (Fan *et al.*, 2014).

#### **Conteo en placa de bacterias y hongos.**

Se determinaron las unidades formadoras de colonia por ml (UFC/ml) de bacterias heterotróficas totales y hongos en agar soya tripticaseína, y agar papa dextrosa, respectivamente, por el método de conteo en placa (Germida y De Freitas, 2008).

#### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa IBM SPSS Statistics. Se evaluó la normalidad de la base de datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk al 95% de confianza. Dado que se observó generalmente que las muestras eran normales, no se transformaron los datos y se realizó un análisis de t student para examinar el efecto de la aplicación de *Glomus intradice* y *Azospirillum brasiliensis* como biofertilizantes sobre los microorganismos de los suelos analizados.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Los conteos en placa de las UFC/g suelo de bacterias heterotróficas totales demostraron un incremento significativo en las poblaciones cuando se emplearon los biofertilizantes en los cultivos de cítricos (F=84.723, P=0.001; F=12.386, P=0.024, para NJ-16 y LM-16, respectivamente) pero se mantuvieron sin cambio en ambos cultivos de café (F=0.002, P=0.967; F=3.368, P=0.140, para CF-13 y CF-18, respectivamente), (Figura 1). Existen resultados contradictorios en la literatura sobre el efecto de los biofertilizantes sobre las poblaciones microbianas, debido principalmente a la gran variedad de microorganismos contenidos en los biofertilizantes, así como a las múltiples variables medioambientales de cada zona y suelo analizado. Así, mientras que Marks *et al.* (2017) reportaron un incremento en las bacterias heterotróficas por la adición de un lixiviado de *Chlorella* sp., Papp *et al.* (2017) encontraron una disminución del 50% cuando se aplicó un biofertilizante de hongos

y bacterias protectoras y promotoras del crecimiento de las plantas. Por su parte, Mahmoud *et al.* (2014) obtuvieron un incremento en las poblaciones microbianas cuando utilizaron *Azospirillum chroococcum* y *A. brasilense* como biofertilizantes a diferentes concentraciones de N mineral y con y sin la adición de extracto de composta de estiércol y paja de arroz, lo que coincide con los resultados obtenidos en cítricos.

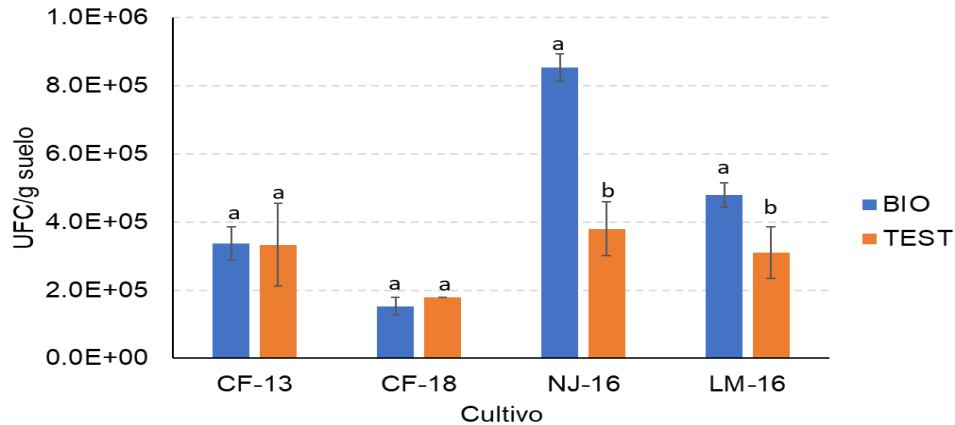


Figura 1. Conteo en placa de las UFC/g suelo de bacterias heterotróficas totales en los diferentes predios con y sin aplicación de biofertilizantes: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013; NJ-16 – Naranja 2016; LM-16 – Limón 2016. Los valores en las columnas que presentan diferentes letras difieren significativamente entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) de acuerdo con la prueba t-student al 95% de confianza.

Además, se realizó el conteo en placa de hongos (Figura 2).

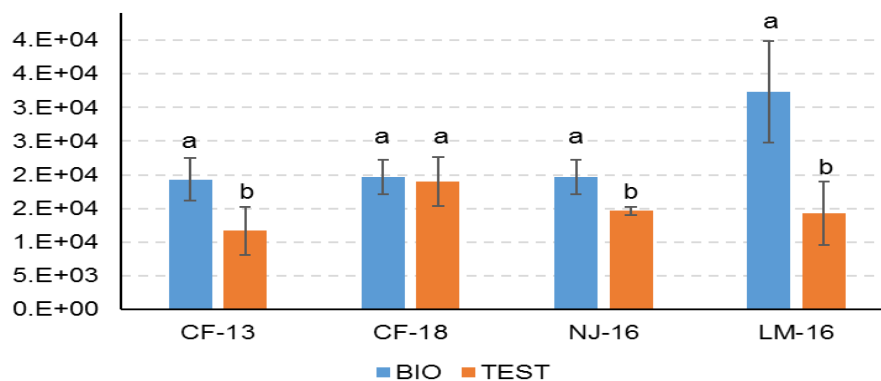


Figura 2. Conteo en placa de las UFC/g suelo de hongos en los diferentes predios con y sin aplicación de biofertilizantes: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013; NJ-16 – Naranja 2016; LM-16 – Limón 2016. Los valores en las columnas que presentan diferentes letras difieren significativamente entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ) de acuerdo con la prueba t-student al 95% de confianza.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la aplicación sinérgica de *A. brasilense* y *G. intraradice* como biofertilizantes ha influido en el incremento en las poblaciones fúngicas a mediano plazo ( $p=0.049$ ,  $F=7.779$ ;  $p=0.028$ ,  $F=11.250$ ;  $p=0.025$ ,  $F=12.356$ , para CF-13, NJ-16 y LM-16, respectivamente), pero no a corto plazo ( $p=0.806$ ,  $F=0.069$ , para CF-18). Este efecto puede estar relacionado con el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas

y biológicas del suelo al incrementarse los niveles de nutrientes, fitohormonas y enzimas por acción de los biofertilizantes (Babu *et al.*, 2017). Así, por ejemplo, existen reportes de que los hongos micorrízicos arbusculares como *G. intraradice* contribuyen a incrementar la disponibilidad y toma de fósforo y micronutrientes (Krishna y Bagyaraj, 1991). De igual forma, algunas bacterias promotoras del crecimiento de las plantas pueden también solubilizar P y liberar K del silicato del suelo, además de estimular el crecimiento de las raíces y fijar nitrógeno (Lynch, 1990; Glodstein y Liu, 1987). Todas estas condiciones influyen para incrementar la población microbiana en general, además de utilizar los exudados de las raíces de las plantas para multiplicarse (las cuales incrementan su biomasa con los biofertilizantes utilizados) (Shivakrishnaswamy, 2001; Aswathy *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

El uso de *G. intraradice* y *A. brasiliensis* como biofertilizantes impacta sobre las poblaciones bacterianas y fúngicas del suelo a mediano y largo plazo.

## BIBLIOGRAFIA

- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., Tribedi, P., (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environ Sci Pollut Control Ser.* 24: 3315–3335.
- Mohd Mazid, Khan, T. A. (2014). Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. *Int J Agric Food Res.* 3: 10–23.
- Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V., Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Sci Hort.* 117(2): 130-135.
- Ghazi, N. A. K., (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with sterile water. *Sci. Hortic.* 109:1–7.
- Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L., Rolden, A. (2007). Interactions between a plant growth-promoting rhizobacterium, an AM fungus and phosphate-solubilizing fungus in the rhizosphere of *Lactuca sativa*. *Appl. Soil Ecol.* 35: 480–487.
- Zhang, X., Liu, W., Schloter, M., Zhang, G., Chen, Q., Huang, J., Li, L., Elser, J. J., Han, X. (2013). Response of the abundance of key soil microbial nitrogen-cycling genes to multi-factorial global changes. *PLoS One.* 8(10): e76500.
- Shen, Z., Zhong, S., Wang, Y., Wang, B., Mei, X., Li, R., Rhuan, Y., Shen, Q. (2013). Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality. *Eur J Soil Biol.* 57: 1-8.
- Fu, L., Penton, C. R., Ruan, Y., Shen, Z., Xue, C., Li, R., Shen, Q. (2017). Inducing the rhizosphere microbiome by biofertilizer application to suppress banana Fusarium wilt disease. *Soil Biol Biochem.* 104: 39-48.
- Xiong, W., Guo, S., Jousset, A., Zhao, Q., Wu, H., Li, R., Kowalchuk, G. A., Shen, Q. (2017). Bio-fertilizer application induces soil suppressiveness against *Fusarium* wilt disease by reshaping the soil microbiome. *Soil Biol. Biochem.* 114: 238-247.
- Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Mader, P., Widmer, F. 2015. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME J.* 9: 1177–1194.
- Fan, J., Ding, W., Xiang, J., Qin, S., Zhang, J., Ziadi, N. (2014). Carbon sequestration in an intensively cultivated sandy loam soil in the North China Plain as affected by compost and inorganic fertilizer application. *Geoderma.* 230–231: 22–28.
- Germida, J. J., De Freitas, J. R. (2008). Cultural methods for soil and root-associated microorganisms. Pp. 341-353, en *Soil Sampling and Methods of Analysis*, (eds.) M.R. Carter y E.G. Gregorich. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.



- 
- Marks, E. A., Miñón, J., Pascual, A., Montero, O., Navas, L. M., Rad, C. (2017). Application of a microalgal slurry to soil stimulates heterotrophic activity and promotes bacterial growth. *Sci Total Environ.* 605: 610-617.
- Papp, O., Biro, B., Abod, E., Jung, T., Tirczka, I., Drexler, D. (2017). *Rhizoctonia solani* infection reduced by bacterial and fungal combination of biofertilizer inoculums on organic potato. Pp. 11965, en *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 19).
- Mahmoud, E., El-Gizawy, E., Gerjes, L. (2015). Effect of compost extract, N<sub>2</sub>-fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. *Arch Agron Soil Sci.* 61(2): 185-201.
- Babu, S. V., Triveni, S., Reddy, R. S., Sathyanarayana, J. (2017). Persistence of PSB-Fungi Biofilmed Biofertilizer in the Soils and its Effect on Growth and Yield of Maize. *Int J Curr Microbiol App Sci.* 6(12): 1812-1821.
- Krishna, K. R., Bagyaraj, D. J. (1991). Role of vesicular arbuscular mycorrhiza in the uptake of micronutrients by ground nut plants. *Curr Res.* 20: 173-175.
- Lynch, J.M. (1990). The rhizosphere. Eds. Mc. Milland. London. 366p.
- Goldstein, A. H., Liu, S. T. (1987). Molecular cloning and regulation of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola*. *Biotechnol.* 5: 72-74
- Shivakrishnaswamy, C. R. (2001). Effect of single and dual inoculation of *Azospirillum* and phosphate solubilizing bacteria on sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.). Doctoral dissertation, University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka, India.
- Aswathy, T. S., Johny, J., Dhanya, M. K., Sathyan, T., Preethy, T. T., Murugan, M. (2017). Effect of biofertilizers and organic supplements on general and beneficial microbial population in the rhizosphere of black pepper cuttings (*Piper nigrum* L.). *IJCS.* 5(6): 1260-1264.

---

## EFFECTO DEL USO DE BIOFERTILIZANTES SOBRE EL ESTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ

**Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Vicenta Constante García<sup>1</sup>, Kassandra Santellanez Arreola<sup>1</sup>,  
Jesús José Luis González Barrios<sup>1</sup>, Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35140,  
Gómez Palacio, Durango, nava.erika@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Las fracciones orgánicas del suelo tienen diferentes características e influyen en distintas propiedades del suelo. La fracción de humus, por ejemplo, juega un papel importante en la actividad química como la conductividad eléctrica, el pH y la capacidad de amortiguación del suelo, además de regular la retención y liberar nutrientes a las plantas. Por otro lado, el carbono orgánico particulado es importante para mantener la estabilidad de los agregados y el ciclo de los nutrientes, además de actuar como la fuente de alimento y energía para varios microorganismos del suelo (Rao et al., 2017). Más aún, la calidad y cantidad de la MOS puede ser determinada por la estimación del contenido total de COS y sus fracciones (Dębska et al., 2016) e incluso, existen reportes de que la determinación de las fracciones químicas de la MOS proporciona un mejor indicador de las dinámicas de C por el manejo agrícola que la determinación del COS total (Guimarães et al., 2013), ya que reflejan el potencial de movilidad del C en el suelo y la tasa de descomposición de la MOS (Błońska et al., 2013). Como los componentes mayoritarios de la materia orgánica estabilizada, las sustancias húmicas (humus o SH) pueden clasificarse como ácidos fúlvicos (AFs), ácidos húmicos (AHs) y huminas (HM) (Tan, 2014), por lo que la separación apropiada y su caracterización son fundamentales para elucidar más las estructuras de la materia orgánica en diferentes ambientes del suelo. Estas sustancias son el resultado de la descomposición de los residuos de plantas y animales a través de su interacción con microorganismos y minerales, y contienen varias porciones de estructuras aromáticas probablemente atribuidas a la presencia de residuos de biocarbono (Mao et al., 2012; DiDonato et al., 2016), estructuras alifáticas, materiales proteínicos, polisacáridos y lípidos (Jindo et al., 2011; DiDonato et al., 2016). Su composición generalmente varía dependiendo del tipo y uso de suelo. Además, las SH tienen un papel crucial en la biogeoquímica del carbono orgánico, el CO<sub>2</sub> atmosférico, el destino de los contaminantes y el crecimiento de las plantas (Piccolo et al., 2004). Su influencia en el crecimiento de las plantas se vincula con el contenido de hormonas de crecimiento como las auxinas (Aguirre et al., 2009, Zandonadi et al., 2010). Las HM son la fracción de materia humificada más pasiva. Por su parte, la relación de C en AHs y C de AFs (CAHs/CAFs) se ha empleado como indicador de la intensidad del proceso de humificación de la MOS (Yang et al., 2004; Dębska et al., 2016). No obstante, es importante tener en cuenta que las propiedades de la MOS pueden modificarse por el manejo y otros factores externos (Orlov, 1986; Dębska et al., 2004; Dębska et al., 2012). Dado el papel esencial de los microorganismos en el proceso de humificación de la MOS, el uso conjunto de hongos y bacterias benéficas con fertilización orgánica puede ser una gran herramienta para incrementar o mantener el contenido de MOS y así promover la fertilidad del suelo (Song et al., 2015). Con esto, se pueden plantear estrategias de manejo que permitan responder a la creciente demanda alimentaria y ayudar a la restauración o prevención de la degradación de suelos (Mortimer et al., 2008). Así, la aplicación de biofertilizantes es una de las principales prácticas de manejo que pueden contribuir a mediano y largo plazo a mantener o incrementar el contenido de MOS (Dębska

et al., 2016). Los biofertilizantes pueden contribuir en la captación de C y la restauración de suelos degradados mediante dos principales vías: la promoción del crecimiento de las plantas o su efecto en la humificación de la materia orgánica. Hasta el momento, la relación de la influencia de la aplicación de biofertilizantes en el contenido de MOS no está clara. Se ha reportado la influencia de los biofertilizantes en la aceleración de la humificación de materia orgánica fresca que se introduce al suelo (Fatunbi y Ncube, 2009; Piotrowska et al., 2012), lo que los vuelve más relevantes sobre todo cuando se aplican en grandes cantidades (como enmiendas orgánicas) para la aceleración de la transformación de la biomasa y la captación de C en el suelo.

## MATERIALES Y METODOS

### ***Establecimiento del experimento en campo***

Se seleccionaron los sitios de estudio, localizados en el municipio de Emiliano Zapata, Veracruz: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013 (Tabla 1). Para elegir los sitios de muestreo se estableció que fueran parcelas donde se han aplicado biofertilizantes y se cultiva café, uno de los principales cultivos de interés económico en el país. En cada parcela se identificó paralelamente una propiedad con similares características y manejo agronómico, pero sin biofertilizantes como testigo. En todos los predios donde se aplicó el biofertilizante se añadieron 2 dosis anuales de los biofertilizantes, una al inicio de la temporada de lluvia y la otra 3 semana después, a una concentración de  $5 \times 10^{11}$  UFC de *A. brasilense* y  $9 \times 10^4$  esporas de *Glomus intraradices*.

Tabla 1. Sitios de estudio y claves de identificación.

<i>Cultivo</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Coordenadas</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Inicio de aplicación</i>	<i>Clave de identificación</i>
Café	Testigo	N 19°28'2.74" W 96°52'38.19" Altura 1095.8 m	Emiliano Zapata	NA	CF-T13
	Biofertilizante	N 19°28'0.98" W 96°52'38.20" Altura 1093 m		2013	CF-B13
Café	Testigo	N 25°43'40.7" W 103°24'01.9" Altura 1076 m	Emiliano Zapata	NA	CF-T18
	Biofertilizante	N 25°43'40.7" W 103°24'01.9" Altura 1076 m		2018	CF-B18

En la finca donde se encuentran los dos tratamientos de biofertilizante en café, los biofertilizantes se aplican 2 veces en vivero durante la germinación de las semillas, para posteriormente volverlo a aplicar en campo. En campo, el biofertilizante se aplica un mes después de la siembra en la pata de la planta, para posteriormente aplicar en la temporada de lluvia, que es cuando crece el grano (aproximadamente en el mes de julio). En dicha finca, se muestreó una zona donde se ha aplicado el biofertilizante desde 2013 y otra donde se plantó y aplicó sólo a partir del 2018, cada zona con su respectivo testigo, donde se sigue el mismo manejo agronómico sin aplicación de biofertilizantes. Se dan de dos a tres abonadas químicas al año, en temporada de lluvias (enero, mayo y junio) con Triple 16 y NPK 17:7:14. La densidad de plantas es de 5,000 plantas/ha, mientras que el sombreado en la finca es del 40% con árboles de chalahuite, palo mulato, cedro y caoba.

**Muestreo y preparación de la muestra**

Se establecieron sistemáticamente 4 parcelas de 10x4 m en las huertas. En cada parcela se tomaron 12 muestras de suelo rizoférico a 50 cm del tallo y a una profundidad de 0-20 cm. Las muestras fueron identificadas y colocadas en bolsas de plástico, almacenadas a 4°C hasta su análisis. El suelo fue secado al aire, las raíces y otros residuos visibles de plantas fueron removidos y tamizadas directamente a 2 mm de tamaño de partícula antes del análisis. Del suelo colectado se elaboró una muestra compuesta para los análisis. La densidad aparente (D.A.) del suelo también fue determinada por el método de núcleo en campo en cada una de las profundidades (Fan *et al.*, 2014).

**Determinación del contenido de C orgánico total (COT)**

El COT fue determinado utilizando un analizador elemental (TruSpec LECO). Todos los análisis se hicieron por triplicado y se calculó en kg/m<sup>2</sup> (Kucuker *et al.*, 2015).

**Composición fraccional del humus**

La composición fraccional del humus se analizó en base a las fracciones de C que se determinaron en los extractos con el siguiente procedimiento de extracción (Chantigny, 2008):

1. Decalcificación del suelo (1 h) con HCl 0.5 M (1:10 p/v).
2. Extracción alcalina (18 h) en el suelo remanente después de la decalcificación con NaOH 0.5 M en agitación a 60 rpm, seguido de centrifugación, en el sobrenadante se encuentra el C de los AHs y AFs (C(AHs + AFs)), mientras que en el suelo residual quedan las HMs.
3. Separación en las fracciones húmicas en donde se añadió poco a poco HCl 6 M en el tubo con el extracto alcalino, agitando constantemente hasta alcanzar un pH de 1.5. Este proceso causa la precipitación de una porción de la materia orgánica color café oscuro o negro (HAS), mientras que la materia orgánica que permanece en solución después de la acidificación son los AFs.

La composición fraccional se expresó en mg kg<sup>-1</sup> de materia seca de una muestra de suelo y como el % de la respectiva fracción en el pool de C total.

**Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa IBM SPSS Statistics. Se evaluó la normalidad de la base de datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk al 95% de confianza. Dado que se observó generalmente que las muestras eran normales, no se transformaron los datos y se realizó un análisis de t student para examinar el efecto de la aplicación de *Glomus intradice* y *Azospirillum brasiliensis* como biofertilizantes sobre las propiedades del suelo analizadas.

**RESULTADOS Y DISCUSION****Contenido de COT en el suelo**

De acuerdo con el análisis estadístico de la cantidad de carbono orgánico total del suelo (COT), existe un mayor efecto en la acumulación de COT a corto plazo (Figura 1), lo que pudo observarse en el café sembrado en 2018. Lo anterior coincide con lo reportado por Valarini *et al.* (2003), quienes observaron un incremento en el C orgánico (CO) después de 3 meses en suelos tratados con varios residuos agrícolas y animales con la adición de microorganismos efectivos (*Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus lactis*, *Rhodopseudomonas capsulatus*, *Rhodobacter sphaeroides*, *Streptomyces albus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*). De acuerdo con los autores, dicho incremento en el CO pudo estar relacionado al rápido proceso de degradación de las enmiendas y al intenso proceso de humificación de la materia orgánica influenciado por el biofertilizante.

En el caso de este estudio, aunque no se añadió materia orgánica endógena, los suelos de café contenían gran cantidad de mantillo al tratarse de sistemas agroforestales, sobre todo en los plantados en 2018, cuya descomposición, favorecida por los biofertilizantes empleados, probablemente influyó en la acumulación de materia orgánica, alcanzando en la zona con aplicación de biofertilizantes un nivel de carbono cercano a 40 ton/ha en comparación con el testigo que tuvo menos de 27 ton/ha. Así mismo, Wu *et al.* (2005) también observaron un incremento en el COS cuando aplicaron una bacteria fijadora de nitrógeno (*Azotobacter chroococcum*), solubilizadores de P y K (*Bacillus megaterium* y *Bacillus mucilaginosus*) y HMA en conjunto con gallinaza en un ensayo en invernadero en maíz, aunque de acuerdo con los autores, el resultado pudo no ser directamente inducido por la actividad de los microorganismos. Cabe destacar que existen datos contradictorios sobre la influencia de los biofertilizantes en el contenido de carbono orgánico en la literatura, ya que mientras algunos, como los anteriores, afirman un incremento, otros mencionan variaciones.

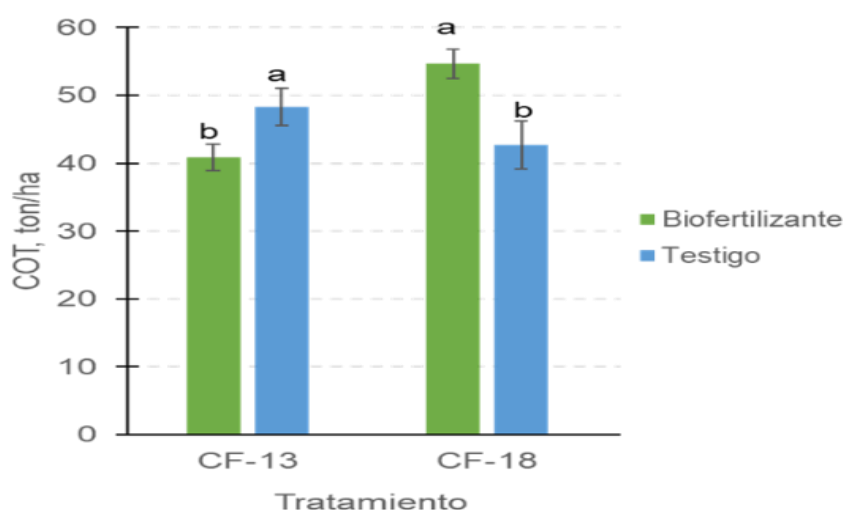


Figura 1. Contenido de COT en los diferentes predios con y sin aplicación de biofertilizantes: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013. Los valores en las columnas que presentan diferentes letras difieren significativamente entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

### **Composición fraccional de la materia orgánica**

Los resultados en este estudio demostraron que, para los cultivos de café analizados, no se presentó diferencia significativa en el porcentaje de contribución de las diferentes fracciones del humus con la aplicación de los biofertilizantes con respecto al control (Tabla 1) después de 6 y 1 año de aplicación. La influencia de los biofertilizantes sobre la distribución del C en las diferentes fracciones del humus es contradictoria. Valarini *et al.*, (2003) reportan un incremento en el porcentaje de contribución del CAFs y CAHs al contenido de COT al emplear enmiendas orgánicas con una mezcla de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, mientras que Dębska *et al.* (2016) encontraron una disminución en la contribución de estas fracciones al pool de COT cuando utilizaron el biofertilizante UGmax en campos de cultivo de trigo y colza de invierno. En todos los casos, la fracción de huminas fue la más grande la materia orgánica del suelo, cuya concentración va de 69.83 al 81.03%, lo que coincide con los resultados, aunque la aplicación de biofertilizantes no influyó significativamente.

Tabla 1. Contribución de las fracciones del humus al contenido de COT (%).

Fracciones de C	Parámetros	CF-13		CF-18	
		Test	BF	Test	BF
C <sub>AFs</sub>	Media	11.09 <sup>a</sup>	12.55 <sup>a</sup>	11.78 <sup>a</sup>	9.49 <sup>a</sup>
	Min	10.77	11.32	9.71	8.33
	Max	11.27	13.19	13.96	10.17
	S	0.28	1.06	2.13	1.01
	CV (%)	2.55	8.47	18.04	10.68
C <sub>AHs</sub>	Media	6.88 <sup>a</sup>	7.41 <sup>a</sup>	6.49 <sup>a</sup>	8.51 <sup>a</sup>
	Min	4.71	5.83	4.90	8.21
	Max	8.29	8.78	8.54	9.01
	S	1.91	1.49	1.86	0.43
	CV (%)	27.70	20.04	28.68	5.10
C <sub>HMs</sub>	Media	82.03 <sup>a</sup>	80.04 <sup>a</sup>	81.72 <sup>a</sup>	81.99 <sup>a</sup>
	Min	80.44	79.23	81.140	74.19
	Max	84.05	80.98	82.28	77.16
	S	1.85	0.88	0.57	1.21
	CV (%)	2.25	1.10	0.70	1.48

El contenido de C de las diferentes fracciones de humus en el suelo se muestra en la Tabla 2. En general, el CAFs presentó un cambio significativo en el predio de café con aplicación de biofertilizantes desde 2013, siendo mayor en la zona con los biofertilizantes, reflejando que para afectar significativamente esta fracción del humus pudiera requerir un tratamiento a largo plazo. Por otro lado, el CAHs se incrementó significativamente en el suelo para el cultivo de café con un año de aplicación de los biofertilizantes.

Asimismo, la fracción de CHMs se incrementó en los dos cultivos de café muestreados. Cabe destacar que, debido a que la fracción del CHMs es la más resistente a la descomposición, un incremento en su concentración en los suelos con adición de como *G. intraradice* y *A. brasiliensis* biofertilizantes puede indicar su papel significativo en el proceso de secuestro de C en el suelo.

Estos incrementos en los suelos donde se emplearon los biofertilizantes en comparación a sus testigos pudieran indicar que la aplicación de las cepas de estudio como biofertilizantes juegan un papel en la activación de los procesos de transformación de la materia orgánica, lo que genera compuestos macromoleculares por mecanismos de humificación como la policondensación y polimerización de compuestos de bajo peso molecular producto de la hidrólisis de macromoléculas como celulosa o lignina (Dębska *et al.*, 2016; Piotrowska *et al.*, 2012; Ventrino *et al.*, 2011).

Tabla 2. Contenido de varias fracciones de carbono del suelo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Fracciones de C	Parámetros	CF-13		CF-18	
		Test	BF	Test	BF
$C_{AFs}$	Media	2097.48 <sup>b</sup>	2752.94 <sup>a</sup>	2031.93 <sup>a</sup>	1900.84 <sup>a</sup>
	Min	2228.57	2621.85	1638.66	1638.66
	Max	2228.57	2818.49	2425.21	2031.93
	S	113.53	113.53	393.28	227.06
	CV (%)	5.41	4.12	19.35	11.95
$C_{AHs}$	Media	1310.92 <sup>a</sup>	1638.66 <sup>a</sup>	1114.29 <sup>b</sup>	1704.20 <sup>a</sup>
	Min	852.10	1245.38	852.10	1638.66
	Max	1638.66	2031.93	1442.02	1835.29
	S	409.34	393.28	300.37	113.53
	CV (%)	31.22	24.00	26.96	6.66
$C_{HM}s$	Media	15500.00 <sup>b</sup>	17600.00 <sup>a</sup>	14066.67 <sup>b</sup>	16400.00 <sup>a</sup>
	Min	15200.00	17000.00	13800.000	16300.00
	Max	15900.00	18500.00	14300.00	16500.00
	S	360.56	793.73	251.66	100.00
	CV (%)	2.33	4.51	1.79	0.61

La relación de CAHs/CAFs de los distintos predios muestreados se encuentran en la Figura 2. A pesar de que en ambos cultivos se presentó una relación CAHs/CAFs mayor con la aplicación de los biofertilizantes, tan sólo en café con aplicación desde 2018 fue significativa.

Este parámetro puede emplearse como un índice de la calidad de la materia orgánica, indicando la tasa de humificación y el grado de las fracciones de polimerización humificadas. Más aún, el contenido y la calidad de las sustancias similares al humus en el producto final se consideran indicadores importantes para la madurez y la estabilidad de la materia orgánica, esenciales para una aplicación exitosa en la agricultura y un impacto ambiental reducido de determinada práctica de manejo agronómico (Piccolo, 1996).

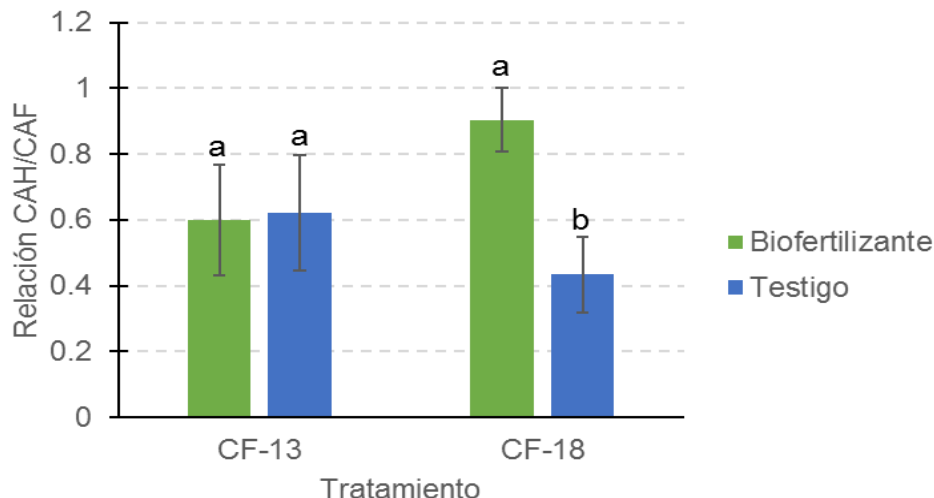


Figura 2. Relación  $C_{AH}/C_{AF}$  bajo los distintos tratamientos: CF-18 – Café 2018; CF-13 – Café 2013. Los valores en las columnas que presentan diferentes letras difieren significativamente entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a lo anterior, la aplicación de los microorganismos evaluados como biofertilizantes pudiera entonces influir positivamente en la fertilidad del suelo y la captura estable del C

## BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, E., Leménager, D., Bacaicoa, E., Fuentes, M., Baigorri, R., Zamarreño, A. M., García-Mina, J. M. (2009). The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. *Plant Physiol Biochem.* 47(3): 215-223.
- Błońska, E., Lasota, J., Januszek, K. (2013). Relation between properties of humus horizon and oak participation in a Scots pine stands. *Soil Sci Annual.* 64(3): 82-87.
- Chantigny, M. H., Angers, D. A., Kaiser, K., Kalbitz, K. (2008). Extraction and characterization of dissolved organic matter. Pp. 617-635, en *Soil Sampling and Methods of Analysis*, (eds.) M.R. Carter y E.G. Gregorich. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Dębska, B. (2004). Properties of humic substances of soil fertilized with slurry, Ph.D. Thesis. UTA, Bydgoszcz.
- Dębska, B., Długosz, J., Piotrowska-Długosz, A., Banach-Szott, M. (2016). The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration—Results from a field-scale study. *J. Soils Sediments.* 16: 2335–2343.
- DiDonato, N., Chen, H., Waggoner, D., Hatcher, P. G. (2016). Potential origin and formation for molecular components of humic acids in soils. *Geochim Cosmochim Acta.* 178: 210–222.
- Fan, J., Ding, W., Xiang, J., Qin, S., Zhang, J., Ziadi, N. (2014). Carbon sequestration in an intensively cultivated sandy loam soil in the North China Plain as affected by compost and inorganic fertilizer application. *Geoderma.* 230–231: 22–28.
- Fatunbi, A. O., Ncube, L. (2009). Activities of effective microorganism (EM) on the nutrient dynamics of different organic materials applied to soil. *AEJA.* 2(1): 26-35.
- Guimarães, D. V., Gonzaga, M. I. S., da Silva, T. O., da Silva, T. L., Dias, N. D., Matias, M. I. S. (2013). Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. *Soil Till. Res.* 126: 177–182.
- Jindo, K., Hernández, T., García, C., Sánchez-Monedero, M. A. (2011). Influence of stability and origin of organic amendments on humification in semiarid soils. *Soil Sci Soc Am J.* 75, 2178–2187.



- Kucuker, M. A., Guney, M., Oral, H. V., Copty, N. K., Onay, T. T. (2015). Impact of deforestation on soil carbon stock and its spatial distribution in the Western Black Sea Region of Turkey. *J Environ Manag.* 147: 227–235.
- Mao, J. D., Johnson, R. L., Lehmann, J., Olk, D. C., Neves, E.G., Thompson, M. L., Schmidt-Rohr, K. (2012). Abundant and stable char residues in soils: implications for soil fertility and carbon sequestration. *Environ Sci Technol.* 46: 9571–9576.
- Mortimer, P. E., Perez- Fernandes, M. A., Valentine, A. J. (2008). The role of arbuscular mycorrhizal colonization in the carbon and nutrient economy of the tripartite symbiosis with nodulated *Phaseolus vulgaris*. *Soil Biol Biochem.* 40: 1019-1027.
- Orlov, D. S. (1986). Humus acids of soils. A.A. Balkema. Rotterdam, Holanda.
- Piccolo, A., Spaccini, R., Nieder, R., Richter, J. (2004). Sequestration of a biologically labile organic carbon in soils by humified organic matter. *Clim Change.* 67(2-3): 329-343.
- Piotrowska, A., Długosz, J., Zamorski, R., Bogdanowicz, P. (2012). Changes in some biological and chemical properties of an arable soil treated with the microbial biofertilizer UGmax. *Pol J Environ Stud.* 21(2): 455–463.
- Rao, C. S., Indoria, A. K., Sharma, K. L. (2017). Effective management practices for improving soil organic matter for increasing crop productivity in rainfed agroecology of India. *Curr Sci.* 112(7): 1497.
- Song, G., Chen, R., Xiang, W., Yang, F., Zheng, S., Zhang, J., Zhang, J., Lin, X. (2015) Contrasting effects of long-term fertilization on the community of saprotrophic fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in a sandy loam soil. *Plant Soil Environ.* 61: 127–136.
- Tan, K. H. (2014). Humic matter in soil and the environment: principles and controversies. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Valarini, P. J., Díaz, M. C., Gascó, J. M., Guerrero, F., Tokeshi, H. (2003) Assessment of soil properties by organic matter and EMMicroorganisms incorporation. *R Bras Ci Solo* 27: 519–525.
- Ventorino, V., De Marco, A., Pepe, O., De Santo, A. V., Moschetti, G. (2011). Impact of innovative agricultural practices of carbon sequestration on soil microbial community. Pp. 145-177, en Carbon sequestration in agricultural soils, (ed.) A. Piccolo. Springer Verlag. Berlin, Alemania.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., Wong, M. H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma.* 125: 155–166.
- Yang, Z. H., Singh, B. R., Sitaula, B. K. (2004) Soil organic carbon fractions under different land uses in Mardi Watershed of Nepal. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 35: 615–629.
- Zandonadi, D. B., Santos, M. P., Dobbss, L. B., Olivares, F. L., Canellas, L. P., Binzel, M. L., Okorokova-Façanha, A. L., Façanha, A. R. (2010). Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activation. *Planta.* 231: 1025-1036.

---

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO

Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Daniel Alejandro Mesta Narvarez<sup>2</sup>, Vicenta Constante García<sup>1</sup>,  
Kassandra Santellanez Arreola<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35140,  
Gómez Palacio, Durango. <sup>2</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LA REGIÓN DE LOS  
LLANOS, Tecnológico No. 200, Oriente, Guadalupe Victoria, Durango. C.P. 34700. E-mail:  
nava.erika@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Los procesos enzimáticos en el suelo están directamente implicados en la transformación de las moléculas complejas de carbono de la materia orgánica en nutrientes fácilmente disponibles para las plantas, por lo que son el paso limitante de la tasa de descomposición y mineralización de nutrientes en las transformaciones químicas que se llevan a cabo en el suelo. Así, al adicionar sustratos orgánicos de origen animal o vegetal como fuentes de materia orgánica en suelos agrícolas, la liberación de los nutrientes es mediada por las distintas enzimas en el suelo libres y/o adsorbidas en las partículas de arcilla. Cabe mencionar que dichas enzimas pueden inhibirse directamente, y los microorganismos pueden disminuir su tasa de producción en presencia de exceso de producto, por lo que la adición de fertilizantes inorgánicos (producto final de la actividad enzimática) pueden reducir su concentración y actividad en el suelo (Ochoa *et al.*, 2007). Así, las enzimas extracelulares pueden ser consideradas como marcadores de los procesos biológicos en el suelo como el metabolismo del C y N (Allison y Vitousek, 2005). Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de distintas enmiendas orgánicas *in vitro* en la actividad enzimática del suelo involucrada en el ciclo del carbono en suelos áridos de la comarca lagunera.

### MATERIALES Y METODOS

#### ***Localización y características de las áreas donde se desarrolló el estudio***

Se localizó una parcela en la Comarca Lagunera donde se emplea agricultura con manejo convencional con agroquímicos para cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.), con una antigüedad mínima de 7 años. Además, se recolectaron distintas enmiendas orgánicas manejadas en otros predios (semicomposta y vermicomposta).

El clima de todos los sitios de muestreo es semiárido. Además, todos los sitios de colecta son caracterizados por la limitación de recursos hídricos, con una precipitación pluvial promedio de 200-250 mm, por lo cual se trata de cultivos irrigados. La temperatura media anual de los cultivos está entre 20-22°C, pero en verano puede rondar los 50°C (INEGI, 2016) y la altitud media es de 1000-1200 m.s.n.m.

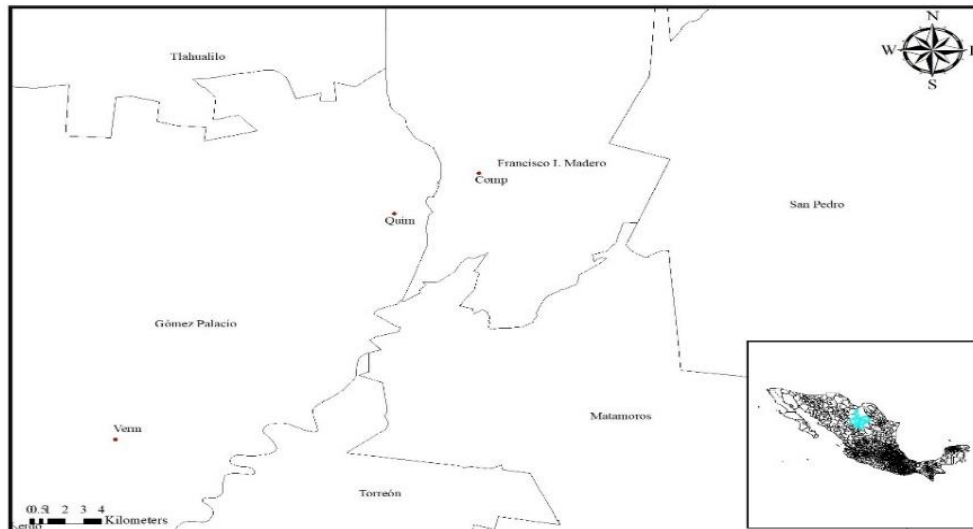


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo: Comp – Composta; Verm – Vermicomposta; Quim – Agroquímicos.

El primer predio donde se colectó semicomposta de estiércol bovino y estiércol crudo se localiza en el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila (N 25° 46' 47.8", W 103° 19' 11.6").

El predio donde se muestreó vermicomposta de estiércol de vaca (Verm) se localiza en el municipio de Gómez Palacio, Durango (N 25°38'47.8"; W 103°19'11.6").

El predio donde se muestreó suelo para el experimento está localizado en el municipio de Gómez Palacio (N 25°48'56.9" W 103°19'19.6"), es regado con agua de presa y fertilizado con 400 l de la fórmula 15-15-05-06+EM.

### **Muestreo de suelo**

Las muestras de suelo se extrajeron con un muestreo aleatorio al azar simple 10 núcleos de la rizósfera del suelo de cada sitio de muestreo (de 0-30 cm), homogenizando manualmente las muestras. Las muestras se colocaron en bolsas estériles a 4°C hasta que fueron procesadas en el laboratorio.

Las muestras fueron tamizadas por 2 mm y secadas al aire hasta perder su humedad para realizar las diversas determinaciones.

### **Incubación de las muestras de suelo**

Las muestras se incubaron a 30°±3°C en oscuridad por 42 días, dentro de frascos de vidrio herméticos de 0.5 l, a las cuales se les añadieron distintas enmiendas orgánicas (Tabla 1). En cada frasco se colocó un vaso de precipitados con 20 ml de NaOH 0.5 N. El contenido de humedad se ajustó cada semana. Cada análisis se realizó por triplicado.

Tabla 1. Tratamientos utilizados para la determinación de tasa de mineralización.

Tratamiento	Suelo: Tratamiento (P/P)
Testigo (sin enmienda)	0:100
Vermicomposta	1:66
Estiércol	1:16
Semicompostado	1:33
Lixiviado	1:50

### ***Estudio de actividades microbianas relacionadas con el secuestro de carbono.***

La actividad de diversas enzimas del suelo involucradas en el ciclo del carbono. Estudios indican que la actividad enzimática del suelo está altamente relacionada con la rotación entre los pools de LC y RC (Allison y col., 2008; Keeler y col., 2009; Jiang y col., 2014). Por lo anterior, diferentes actividades enzimáticas fueron determinadas a la semana 4 y 6 de la incubación.

#### ***Actividad celobiohidrolasa***

La actividad celobiohidrolasa (EC 3.2.1.91) fue medida en suelo mezclado con p-nitrofenil-celobiosido. La reacción se detuvo añadiendo carbonato de sodio y se midió la absorbancia a 400 nm. La actividad fue expresada como micromoles de p-nitrofenol producido por gramo de suelo por hora (Iyyemperumal y Shi, 2008; Šnajdr y col., 2008).

#### ***Actividad $\beta$ -glucosidasa y $\beta$ -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  $\beta$ -D-glucósido (pH 6) y p-nitrofenil-N-acetil- $\beta$ -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  $\beta$ -D-glucopiranosido  $g^{-1} h^{-1}$ .

#### ***Análisis estadístico***

Los datos obtenidos fueron analizados empleando el programa IBM SPSS Statistics. Se evaluó la normalidad de la base de datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk al 95% de confianza. Dado que se observó generalmente que las muestras eran normales, no se transformaron los datos y se realizó un ANOVA simple para examinar el efecto de la aplicación de las distintas enmiendas orgánicas sobre la actividad enzimática.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

La actividad enzimática  $\beta$ -glucosidasa ( $\beta$ -glu) disminuyó con el paso del tiempo, de la cuarta a la sexta semana de incubación (Figura 2) en todos los tratamientos, mientras que la N-acetil- $\beta$ -glucosaminidasa (NAG) se mantuvo en casi todos los tratamientos, a excepción del lixiviado de composta que disminuyó drásticamente y la semicomposta, donde se incrementó. La actividad  $\beta$ -glu es la más predominante de las glucosidasas en el

---

suelo (Eivazi y Tabatabai, 1990) y cataliza la hidrólisis de celobiosa, por lo que juega un papel fundamental en las etapas iniciales de la descomposición de los compuestos de carbono orgánico (Acosta-Martínez *et al.*, 2007). Estas enzimas pueden ser producidas por hongos, levaduras y plantas. Los productos de la hidrólisis de estas enzimas son una importante fuente de energía para los microorganismos en el suelo, por lo cual, se encontraron en mayor concentración a los 28 días que al término de la incubación, ya que los microorganismos requerían mayor fuente de energía para su crecimiento, además de que se encontraba en mayor concentración el sustrato.

Los resultados demostraron que las distintas enmiendas orgánicas incrementan significativamente las actividades de enzimas relacionadas con el ciclo del C en relación al testigo sin tratamiento, tal y como reportaron Wu *et al.* (2018). De acuerdo con los resultados, el estiércol es el tratamiento que mayor actividad  $\beta$ -glu presentó, lo que concuerda con la mayor tasa de mineralización de dicha enmienda orgánica, al ser menos procesada y con mayor cantidad de carbono lábil que es rápidamente metabolizado y regresado a la atmósfera como dióxido de carbono. Por su parte, la mayor emisión de CO<sub>2</sub> y actividad celobiohidrolasa al añadir estiércol al suelo, pudo deberse a la descomposición estimulada por el N que contiene en alta concentración la enmienda de compuestos derivados de plantas como la celulosa, ya que estudios sugieren que la producción de enzimas del metabolismo de C incrementa con la disponibilidad de N (Keeler *et al.*, 2009; Saiya-Cork *et al.*, 2002).

De igual forma, la actividad NAG incrementó con todos los tratamientos con enmiendas orgánicas, lo que coincide por lo reportado por Foster *et al.* (2016), lo que pudo estar relacionado directamente con la mayor concentración de COS o a la colocación y estabilización de las moléculas de C y las enzimas. Además, es posible que el alto contenido de C de las enmiendas orgánicas, haya inducido un mayor requerimiento de N por lo microorganismos, ya que el incremento al acceso a sustratos de C puede aumentar la producción de NAG, una enzima relacionada con el ciclo del C y N (Atkinson *et al.*, 2010)

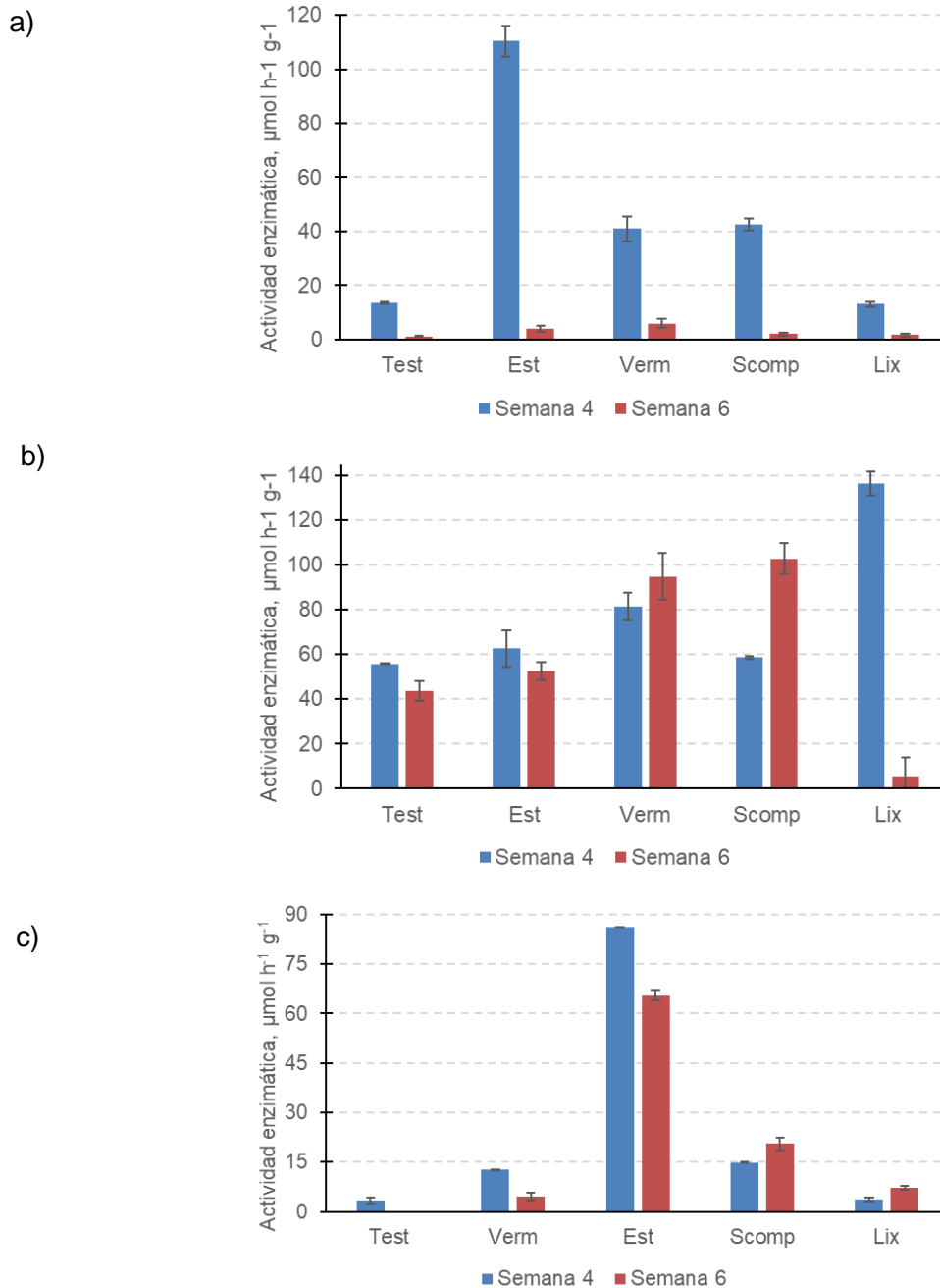


Figura 2. Actividades enzimáticas glucosidasas del suelo a los 28 y 42 días de incubación: a)  $\beta$ -glucosidasa; b) N-acetil- $\beta$ -glucosaminidasa; c) cellobiohidrolasa.

### CONCLUSIONES

La adición de enmiendas orgánicas derivadas de estiércol bovino, incrementa la actividad en enzimas relacionadas con el ciclo del C y N, lo que se relaciona también con la emisión de  $\text{CO}_2$  por la mineralización de la materia orgánica añadida, la cual disminuye con el procesamiento del estiércol, como el proceso de composteo y vermicomposteo, que permite obtener compuesto de carbono menos lábiles.

---

**BIBLIOGRAFIA**

- Acosta-Martinez, V., Mikha, M. M., Vigil, M. F. (2007). Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat–fallow for the Central Great Plains. *Appl Soil Ecol.* 37(1-2), 41-52.
- Allison, S. D., Vitousek, P. M. (2005). Responses of extracellular enzymes to simple and complex nutrient inputs. *Soil Biol Biochem.* 37: 937-944.
- Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., Hipps, N. A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil* 337: 1–18.
- Eivazi, F., Tabatabai, M. A., (1990). Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. *Soil Biol. Biochem.* 22, 891–897.
- Iyyemperumal, K., Shi, W. (2008). Soil enzyme activities in two forage systems following application of different rates of swine lagoon effluent or ammonium nitrate. *Applied Soil Ecology.* 38: 128-136.
- Jiang, X., Cao, L., Zhang, R. (2014). Changes of labile and recalcitrant carbon pools under nitrogen addition in a city lawn soil. *J soils and sediments*, 14(3): 515-524.
- Keeler B. L., Hobbie S. E., Kellogg L. E. (2009) Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites: implications for litter and soil organic matter decomposition. *Ecosystems.* 12: 1–15.
- Saiya-Cork, K. R., Sinsabaugh, R. L., Zak, D. R. (2002). The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an *Acer saccharum* forest soil. *Soil Biol Biochem.* 34(9): 1309-1315.
- Šnajdr, J., Valášková, V., Merhautová, V., Herinková, J., Cajthaml, T., Baldrian, P. (2008). Spatial variability of enzyme activities and microbial biomass in the upper layers of *Quercus petraea* forest soil. *Soil Biol Biochem.* 40(9), 2068-2075.
- Tabatabai, M. A., (1994). Soil enzymes. pp. 775–833. En: *Methods of Soil Analyses, Part 2, Microbiological and Biochemical Properties* Weaver, R.W., Angle, J.S., Bottomly, P.S. (Eds.). Soil Science Society of America. Madison, WI, USA,
- Wu, D., Senbayram, M., Zang, H., Ugurlar, F., Aydemir, S., Brüggemann, N., ... & Blagodatskaya, E. (2018). Effect of biochar origin and soil pH on greenhouse gas emissions from sandy and clay soils. *Appl Soil Ecol.* 129: 121-127.

---

## CARBONATO DE CALCIO APLICADO AL SUSTRATO Y EN ASPERSIÓN FOLIAR SOBRE RENDIMIENTO EN TOMATE Y PIMIENTO MORRÓN CULTIVADOS EN INVERNADERO

Juan Manuel Soto Parra.<sup>1\*</sup>, Esteban Sánchez Chávez.<sup>2</sup>, Francisco Javier Piña Ramírez.<sup>1</sup>, María Antonia Flores Cordova.<sup>1</sup>, Rosa María Yáñez Muñoz.<sup>1</sup>, Ramona Pérez Leal.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Delicias.

\*e mail. [jmsotoparra@gmail.com](mailto:jmsotoparra@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El calcio, es un nutriente importante para aumentar la calidad y rendimiento en los cultivos hortofrutícolas. Los síntomas de la falta de calcio en los frutos de tomate y pimiento morrón es la podredumbre apical, quemaduras en los nuevos crecimientos y muerte en los puntos de crecimiento tanto en las raíces como en los brotes. Durante la maduración de los frutos del tomate y pimiento morrón las propiedades de calidad son afectadas como la: firmeza, diámetro del fruto, color y la vida de anaquel se reduce, pero con las aplicaciones de carbonato de calcio al suelo y foliar antes de la pizca de los frutos se puede mejorar dichos parámetros de calidad.

Los cultivos a campo abierto con suelos ácidos y con alto contenido de sales, es más común la deficiencia de calcio en los frutos. Los cultivos en suelos calcáreos (altos en  $\text{CaCO}_3$ ) se requiere del aporte de calcio, debido a que dicho elemento no necesariamente está disponible para las plantas ya que tiene solubilidad baja.

La calidad en los frutos del pimiento morrón y tomate fresco es evaluada usando la intensidad del color rojo como criterio básico. Esta determinación se realizó mediante un colorímetro por reflexión Minolta  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , el cual se basa en el empleo de funciones trigonométricas. En el sistema de medida de color CIELab\*, la coordenada  $L^*$  mide la oscuridad a luminosidad,  $a^*$  representa al rojo si es positivo y verde si es negativo,  $b^*$  corresponde al amarillo si es positivo y azul en caso de ser negativo.

El espacio de color CIE- $L^*a^*b^*$  describe todos los colores que puede percibir el ojo humano a partir de sus tres coordenadas:  $L^*a^*b^*$ , y es aceptado internacionalmente para evaluar el color en los alimentos y otros productos industrializados (León et al., 2006; Pérez et al., 2009; Jha et al., 2010; Pathare et al., 2013). Otro de los sistemas utilizado para transmitir los valores de color, es el espacio CIE  $L^*C^*h^*$ , el cual es una representación polar del sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , con coordenadas cilíndricas ( $L^*C^*h^*$ ) en lugar de coordenadas rectangulares (McGuire, 1992; Carvajal et al., 2011; Pathare et al., 2013).

Aunque el calcio está clasificado como nutriente secundario, está involucrado en numerosos procesos bioquímicos y morfológicos de las plantas y se ha visto implicado en muchas fisiopatías de considerable importancia económica para la producción y calidad postcosecha de frutas y hortalizas.

El color del fruto es una característica externa y un método para determinar el grado de maduración de frutos y hortalizas, el objetivo de este estudio fue determinar si las aplicaciones de carbonato de calcio al suelo y foliar durante pre y poscosecha influyen en el color del epicarpio y la calidad del fruto de tomate y pimiento morrón cultivado bajo invernadero.



### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un invernadero comercial ubicado en el Seccional de Álvaro Obregón, Municipio de Cuauhtémoc, durante el ciclo productivo 2016. El área del invernadero es de 300 m<sup>2</sup>, equipado con extractores, calefacción central a base de leña, sistema de riego de goteo, medianamente automatizado.

Se utilizaron plantas de tomate en racimo variedad Closter y pimiento morrón variedad Canon, ambas plantadas en bolsas de sustrato tipo bolis con 3 plantas por cada bolsa de 100 cm de largo X 15 cm de alto X 20 cm ancho, con peso aproximado de 3 kg capacidad.

En ambas especies, el arreglo experimental fue Cinco de Oros, experimento factorial 5<sup>2</sup> abreviado a 13 tratamientos para evaluar superficie de respuesta lineal, cuadrática e interacción de factores para generar 13 tratamientos (Cuadro 1), cada uno con 5 repeticiones y cada repetición de dos bolsas (bolis) con tres plantas cada uno. Los niveles de aplicación por cada tipo (suelo y foliar) se fraccionaron en dos aplicaciones separadas espaciadas 30 días.

Cuadro 1. Factores y niveles para las aplicaciones foliares y al suelo en tomate y pimiento morrón

Factores	Niveles				
	1	2	3	4	5
Tomate					
Carbonato de Calcio kg (CaO) ha <sup>-1</sup> (Suelo)	0.0	1600	3200	6400	12800
Carbonato de Calcio (Ca) kg ha <sup>-1</sup> (Foliar)	0.0	1.92	3.84	7.68	15.36
Pimiento Morrón					
Carbonato de Calcio kg (CaO) ha <sup>-1</sup> (Suelo)	0.0	1600	3200	6400	12800
Carbonato de Calcio (Ca) kg ha <sup>-1</sup> (Foliar)	0.0	1.92	3.84	7.68	15.36

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se presenta la superficie de respuesta máxima para color a en pimiento morrón y tomate, tratados con carbonato de calcio al suelo y foliar (factores), en el cual se obtuvo una media general de -2.2 en color y una R<sup>2</sup> 0.5760 para tomate, y la media general para pimiento morrón 17.1 y un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.6198 para el pimiento morrón.

Los cambios de color en los frutos maduros, tienen lugar como resultado de la degradación de la clorofila y un aumento del contenido en carotenos. Los frutos que presentaron una coloración más verde ( $a = -4.0$ ) Cuadro 1, fue el tratamiento con una dosis de 6400.0 Kg ha<sup>-1</sup> al suelo y 7.7 L ha<sup>-1</sup> foliar de carbonato de calcio, progresivamente fue aumentando el color rojo hasta la coordenada a\* con un valor de -2.5 con una disminución del tratamiento al suelo hasta 6172.0 kg ha<sup>-1</sup> y 4.6 L ha<sup>-1</sup> de Carbonato de calcio, en una proporción de un 4 % al suelo y foliar en un 40 %. A partir de la coordenada a\* con un valor de -2.5 siguió aumentando el color rojo en el tomate hasta 2.0 con un aumento en las aplicaciones de carbonato de calcio al suelo 6269.7 Kg ha<sup>-1</sup> mientras que el foliar disminuyó hasta 0.0 L ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Superficie de respuesta máxima<sup>x</sup> para color a en tomate y pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, tratados con carbonato de calcio en aplicación suelo y foliar 2016

Tomate				Pimiento Morrón			
Regresión		Factores		Regresión		Factores	
		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar			CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar
		0.5645 <sup>w</sup>	0.1183			0.5828	0.1173
Lineal (L)	0.1574 <sup>w</sup>			Lineal (L)	0.1450		
Cuad. (C)	0.1810			Cuad. (C)	0.1177		
Productos	0.6470			Productos	0.5683		
Modelo	0.2124	R <sup>2</sup> 0.5760 C.V. -112.86	μ -2.2	Modelo	0.1559	R <sup>2</sup> 0.6198 C.V. 24.17	μ 17.1
Color a	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg / ha <sup>-1</sup>	Color a	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
-4.0	1.49	6400.0	7.7	22.7	2.49	6400.0	7.7
-3.7	1.45	6256.2	6.9	23.1	2.51	6187.7	8.4
-3.4	1.40	6198.1	6.2	23.3	2.51	5906.5	9.1
-3.0	1.35	6176.1	5.4	23.5	2.47	5555.3	9.7
-2.5	1.30	6172.0	4.6	23.6	2.42	5138.8	10.4
-1.9	1.24	6178.0	3.8	23.6	2.35	4666.8	10.9
-1.3	1.23	6190.2	3.1	23.5	2.27	4151.0	11.4
-0.6	1.26	6206.5	2.3	23.4	2.20	3602.6	11.9
0.2	1.36	6225.7	1.5	23.1	2.16	3030.7	12.3
1.0	1.53	6246.9	0.8	22.8	2.17	2442.5	12.7
2.0	1.77	6269.7	0.0	22.5	2.24	1842.9	13.0
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados		Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados	
	-4.20	4768.57	9.79		23.58	4907.26	10.64

<sup>x</sup>Análisis de cordillera (Ridge); μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>w</sup>probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01 <sup>y</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C), productos significativos de ese nutriente con el resto; <sup>z</sup>Error estándar

El color a\* en pimiento morrón Cuadro 2, nos indica que para aumentar de un valor de 22.7 a 23.6 a\* en un 4 %, es necesario una disminución en la aplicación del carbonato de calcio al suelo de 6400.0 hasta 4666.8 Kg ha<sup>-1</sup> en un 37 %, y un aumento en el foliar de 7.7 hasta 10.9 L ha<sup>-1</sup>. A partir de un color a\* de 23.6 hay una disminución del color rojo hasta 22.5 con una disminución de la cantidad de carbonato de calcio aplicado al suelo 1842.9 Kg ha<sup>-1</sup> y un aumento en las aplicaciones foliares a 13.0 L ha<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 3, la superficie de respuesta para color b en tomate y pimiento morrón arroja los siguientes valores, la media general para color en tomate fue de 27.4 con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.5601 y un coeficiente de variación de 3.14. El pimiento morrón presento una media en color de 13.8 y un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.5808 y coeficiente de variación de 7.24. Los factores son aplicaciones de CaCO<sub>3</sub> al suelo y foliar, con diferentes niveles.

En el tomate, el rango en color b\* fluctuó desde 27.0 hasta 28.4 en 5 %, con un aumento de carbonato de calcio desde 6400.0 a 7525.8 Kg ha<sup>-1</sup> al suelo en un 18 % y una disminución del CaCO<sub>3</sub> foliar desde 7.7 a 0.1 L ha<sup>-1</sup>. Esto nos indica que el fruto entra en una etapa de maduración por lo que el color amarillo va aumentando conforme se madura el fruto de tomate.

Cuadro 3. Superficie de respuesta máxima<sup>x</sup> para color b en tomate y pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, tratados con carbonato de calcio en aplicación suelo y foliar 2016

		Tomate Factores				Pimiento Morrón Factores	
Regresión		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar	Regresión		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar
		0.9681 <sup>w</sup>	0.9415			0.3622	0.2386
Lineal (L)	0.1004 <sup>w</sup>			Lineal (L)	0.1106		
Cuad. (C)	0.8141			Cuad. (C)	0.2472		
Productos	0.2014			Productos	0.7268		
Modelo	0.2350	R <sup>2</sup> 0.5601	μ 27.4	Modelo	0.2057	R <sup>2</sup> 0.5808	μ 13.8
		C.V. 3.14				C.V. 7.24	
Color b	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Color a	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
27.0	0.52	6400.0	7.7	14.8	0.60	6400.0	7.7
27.1	0.51	6348.6	6.9	14.9	0.61	6011.0	8.3
27.2	0.49	6367.5	6.1	15.0	0.60	5612.1	8.9
27.4	0.47	6436.7	5.4	15.0	0.59	5204.4	9.5
27.5	0.45	6541.4	4.6	15.1	0.58	4788.6	10.1
27.6	0.44	6671.5	3.9	15.1	0.56	4365.5	10.6
27.8	0.44	6820.3	3.1	15.1	0.55	3935.8	11.2
27.9	0.45	6982.9	2.3	15.1	0.53	3499.9	11.8
28.1	0.48	7156.2	1.6	15.1	0.52	3058.6	12.3
28.3	0.53	7337.7	0.9	15.1	0.53	2612.2	12.9
28.4	0.61	7525.8	0.1	15.1	0.54	2161.2	13.4
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados		Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados	
	26.89	-2.54	11.23		15.13	3550.4	11.71

<sup>x</sup>Análisis de cordillera (Ridge); μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>w</sup>probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01 <sup>y</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C), productos significativos de ese nutriente con el resto; <sup>z</sup>Error estándar

El color b\* en pimiento morrón Cuadro 3, nos indica que para aumentar de 14.8 a 15.1 en un 2 % es necesario disminuir el carbonato de calcio desde 6400.0 a 2161.2 Kg ha<sup>-1</sup> en un 66 %, aumentando el carbonato foliar desde 7.7 hasta 13.4 L ha<sup>-1</sup> en un 74 %. En el pimiento morrón, el aumento del color amarillo está relacionado con la disminución del carbonato de calcio al suelo y un aumento en las aplicaciones vía foliar.

En el Cuadro 4, la superficie de respuesta para color l en pimiento morrón y tomate, dio como respuesta una media general de 54.0 en color l, un coeficiente de determinación de R<sup>2</sup> 0.4233 y un coeficiente de variación de 7.92 en tomate. En pimiento morrón presento una media general de 34.7 en color l, coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.5447 y coeficiente de variación 2.12.

En el cultivo de tomate, se realizaron los siguientes factores CaCO<sub>3</sub> al suelo y foliar con diferentes niveles, dando como resultado que el tratamiento de 6400.0 Kg ha<sup>-1</sup> al suelo y 7.7 L ha<sup>-1</sup> foliar de CaCO<sub>3</sub>, fue el que presento los frutos más brillantes, pero al aumentar el CaCO<sub>3</sub> al suelo hasta 12704.0 Kg ha<sup>-1</sup> y disminución del CaCO<sub>3</sub> hasta un nivel de 6.4 L ha<sup>-1</sup> se obtuvieron frutos con menor brillantes. Por lo que para obtener frutos más brillantes en tomate es necesario aumentar el CaCO<sub>3</sub> al suelo en un 99 %, y disminuir la cantidad en las aplicaciones foliares hasta en un 17 %.

Cuadro 4. Superficie de respuesta máxima<sup>x</sup> para color I en tomate y pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, tratados con carbonato de calcio en aplicación suelo y foliar 2016

		Tomate Factores				Pimiento Morrón Factores	
Regresión		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar	Regresión		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar
		0.7343 <sup>w</sup>	0.5336			0.4946	0.2200
Lineal (L)	0.9470 <sup>w</sup>			Lineal (L)	0.0643		
Cuad. (C)	0.8637			Cuad. (C)	0.9833		
Productos	0.8960			Productos	0.9453		
Modelo	0.9922	R <sup>2</sup> 0.4233	μ 54.0	Modelo	0.2580	R <sup>2</sup> 0.5447	μ 34.7
		C.V. 7.92				C.V. 2.12	
Color I	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Color I	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
58.8	2.59	6400.0	7.7	34.7	0.44	6400.0	7.7
58.8	2.60	7009.0	7.4	34.8	0.45	6037.3	8.3
58.8	2.59	7633.6	7.3	34.9	0.44	5685.8	9.0
58.8	2.57	8263.6	7.1	35.0	0.44	5344.9	9.6
58.6	2.55	8896.1	7.0	35.0	0.43	5014.4	10.3
58.5	2.54	9529.7	6.9	35.1	0.42	4693.9	10.9
58.2	2.55	10164.0	6.8	35.2	0.41	4382.9	11.6
57.9	2.62	10799.0	6.7	35.3	0.40	4081.0	12.3
57.5	2.74	11433.0	6.6	35.4	0.40	3787.9	13.0
57.1	2.96	12068.0	6.4	35.5	0.41	3503.2	13.7
56.6	3.26	12704.0	6.4	35.6	0.44	3226.5	14.3
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados		Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados	
58.85		7280.9	7.36	42.24		-288142	-60.88

<sup>x</sup>Análisis de cordillera (Ridge); μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>w</sup>probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01 <sup>y</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C), productos significativos de ese nutriente con el resto; <sup>z</sup>Error estándar

En pimiento morrón, el brillo en el fruto aumento desde 34.7 a 35.6 el color I en un 3 %, con la disminución de la dosis de CaCO<sub>3</sub> desde 6400 a 3226.5 Kg ha<sup>-1</sup> en un 50 %, y aumentando el CaCO<sub>3</sub> foliar desde 7.7 hasta 14.3 L ha<sup>-1</sup> en un 86 %. Esto nos indica que para aumentar la brillantez en los frutos es necesario disminuir el CaCO<sub>3</sub> al suelo y aumentarlo foliar.

La superficie de respuesta para el diámetro polar del tomate y pimiento morrón Cuadro 5, con los factores CaCO<sub>3</sub> al suelo y foliar, con diferentes niveles, presentaron una media general de 58.0 cm, coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.1460 y un coeficiente de variación de 5.54 para tomate. El pimiento morrón, presento una media general de 82.5 cm, coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.4317 y coeficiente de variación de 3.76.

El diámetro polar en tomate aumento desde 58.0 hasta 60.2 cm en un 4 %, al disminuir la concentración del CaCO<sub>3</sub> al suelo desde 6400.0 a 28.6 Kg ha<sup>-1</sup> en un 99.5 %, y un aumento del CaCO<sub>3</sub> foliar desde 7.7 a 8.4 L ha<sup>-1</sup> en un 9 % Cuadro 2. Para un aumento en el diámetro polar del fruto es necesario disminuir el CaCO<sub>3</sub> al suelo y aumentar la dosis vía foliar.

El fruto del pimiento morrón aumento su diámetro polar desde 80.6 hasta 84.9 cm en un 5 %, con un aumento en la dosis de CaCO<sub>3</sub> al suelo desde 6400.0 hasta 10635.0 Kg ha<sup>-1</sup> en un 66 %, al mismo tiempo disminuye el foliar desde 7.7 hasta 1.9 L ha<sup>-1</sup> en un 75 %. Para lograr un mayor tamaño polar en los frutos es necesario aumentar la dosis de CaCO<sub>3</sub> al suelo y disminuir las concentraciones al follaje.

Cuadro 5. Superficie de respuesta máxima<sup>x</sup> para diámetro polar en tomate y pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, tratados con carbonato de calcio en aplicación suelo y foliar 2016

Regresión		Tomate Factores		Regresión		Pimiento Morrón Factores	
		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar			CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar
Lineal (L)	0.8563 <sup>w</sup>	0.8721 <sup>w</sup>	0.8678	Lineal (L)	0.2348	0.4609	0.5046
Cuad. (C)	0.6609			Cuad. (C)	0.5545		
Productos	0.9912			Productos	0.5276		
Modelo	0.9327	R <sup>2</sup> 0.1460 C.V. 5.54	μ 58.0	Modelo	0.4530	R <sup>2</sup> 0.4317 C.V. 3.76	μ 82.5
Diámetro polar cm	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Diámetro polar cm	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
58.0	1.94	6400.0	7.7	80.6	1.88	6400.0	7.7
58.1	1.94	5923.8	8.2	80.9	1.86	6795.0	7.1
58.2	1.90	5235.3	8.3	81.1	1.82	7200.0	6.5
58.3	1.85	4564.9	8.4	81.5	1.77	7613.0	5.9
58.5	1.81	3906.7	8.4	81.8	1.71	8032.5	5.3
58.6	1.77	3254.8	8.4	82.2	1.65	8457.4	4.7
58.9	1.78	2606.5	8.4	82.7	1.59	8886.5	1.2
59.1	1.83	1960.3	8.4	83.2	1.54	9319.4	3.6
59.4	1.96	1315.5	8.4	83.7	1.52	9755.3	3.0
59.8	2.16	671.7	8.4	84.3	1.55	10194.0	2.5
60.2	2.44	28.6	8.4	84.9	1.63	10635.0	1.9
Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados		Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados	
	58.09	6845.46	9.31		79.94	4256.9	11.59

<sup>x</sup>Análisis de cordillera (Ridge); μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>w</sup>probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01 <sup>y</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C), productos significativos de ese nutriente con el resto; <sup>z</sup>Error estándar

La superficie de respuesta para diámetro ecuatorial en tomate y pimiento morrón bajo invernadero Cuadro 6, nos indica que los factores CaCO<sub>3</sub> al suelo y foliar con los diferentes niveles, presentaron una media de 69.0 cm, coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.0635 y un coeficiente de variación de 5.20 en el tomate. El pimiento morrón presento una media de 80.1 cm, coeficiente de determinación R<sup>2</sup> 0.6795 y un coeficiente de variación 2.15. En el tomate, el diámetro ecuatorial aumento desde 68.9 hasta 70.3 cm en un 2 %, disminuyendo el CaCO<sub>3</sub> al suelo desde 6400.0 hasta 32.4 Kg ha<sup>-1</sup> en un 99.5 %, y aumentando la dosis de CaCO<sub>3</sub> foliar desde 7.7 hasta 8.5 L ha<sup>-1</sup> en un 10 %.

El fruto del pimiento morrón aumento su diámetro polar desde 80.6 hasta 84.9 cm con un aumento en la dosis de CaCO<sub>3</sub> al suelo desde 6400.0 hasta 10635.0 kilogramos por hectárea con una concentración de aspersión 1.9 kilogramos por hectárea. En el pimiento morrón el diámetro ecuatorial aumento desde 78.1 hasta 81.4 cm en un 4 %, con el aumento del CaCO<sub>3</sub> al suelo desde 6400.0 hasta 11690.0 Kg ha<sup>-1</sup> en un 83 %, con una disminución en la dosis de CaCO<sub>3</sub> foliar desde 7.7 hasta 3.4 L ha<sup>-1</sup> en un 56 %.

### CONCLUSIONES

En tomate los frutos que presentaron un rojo más intenso fueron tratados con 6,269.7 Kg ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> al suelo sin aspersión foliar. Los frutos que presentaron mayor brillo fueron con 6400.0 Kg aplicados al suelo y 7.7 kg por hectárea en aspersión foliar. Para tener frutos más alargados y más anchos es necesario aumentar la cantidad de carbonato de calcio en aspersiones foliares. En pimiento morrón, los frutos más brillantes se lograron con una aplicación de carbonato de calcio al suelo de 226.5 kilogramos por hectárea y aspersión foliar 14.3 kilogramos por hectárea. El mayor diámetro polar se obtuvo con

10,635.0 kilogramos por hectárea con una concentración en aspersión foliar de 1.9 kilogramos por hectárea; El mayor diámetro ecuatorial se obtuvo con aplicación al suelo de carbonato de calcio de 11690.0 kilogramos por hectárea y concentración de aspersión foliar de 3.4 kilogramos por hectárea.

Cuadro 6. Superficie de respuesta máxima<sup>x</sup> para diámetro ecuatorial en tomate y pimiento morrón bajo condiciones de invernadero, tratados con carbonato de calcio en aplicación suelo y foliar 2016

Regresión		Tomate Factores		Regresión		Pimiento Morrón Factores	
		CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar			CaCO <sub>3</sub> Suelo	CaCO <sub>3</sub> Foliar
Lineal (L)	0.8764 <sup>w</sup>	0.9638 <sup>w</sup>	0.9668	Lineal (L)	0.0485	0.2147	0.1087
Cuad. (C)	0.9165			Cuad. (C)	0.1621		
Productos	0.8701			Productos	0.5242		
Modelo	0.9902	R <sup>2</sup> 0.0635 C.V. 5.20	μ 69.0	Modelo	0.0942	R <sup>2</sup> 0.6795 C.V. 2.15	μ 80.1
Diámetro ecuatorial cm	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Diámetro ecuatorial cm	E.E. <sup>z</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
68.9	2.17	6400.0	7.7	78.1	1.04	6400.0	7.7
69.0	2.18	5968.9	8.2	78.3	1.03	6750.2	7.0
69.0	2.14	8339.2	8.5	78.5	1.01	7125.4	6.4
69.1	2.09	4655.5	8.6	78.8	0.98	7531.7	5.8
69.2	2.03	3975.8	8.7	79.1	0.95	7975.8	5.3
69.4	1.99	3305.5	8.7	79.4	0.91	8465.6	4.7
69.5	1.99	2642.6	8.6	79.7	0.88	9007.9	4.3
69.7	2.05	1985.2	8.6	80.1	0.86	9606.8	3.9
69.9	2.19	1331.6	8.6	80.5	0.86	10260.0	3.6
70.1	2.41	680.9	8.5	80.9	0.89	10959.0	3.5
70.3	2.73	32.4	8.5	81.4	0.97	11690.0	3.4
Predicho punto fijo		Valores críticos decodificados		Predicho punto fijo		Valores críticos Decodificados	
69.04		7107.32	11.67	77.14		3804.4	13.98

<sup>x</sup>Análisis de cordillera (Ridge); μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>w</sup>probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01 <sup>y</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C), productos significativos de ese nutriente con el resto; <sup>z</sup>Error estándar

### BIBLIOGRAFÍA

Carvajal H.J.J.O, I.D. Aristizábal T., C.E. Oliveros T., J.W. Mejía M. 2011. Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. Rev. Fac. Nal Agr. Medellín 64:6229- 6240.

Jha, S.N., K. Narsaiah, A.D. Sharma, M. Singh, S. Bansal, R. Kumar. 2010. Quality parameters of mango and potential of non-destructive techniques for their measurement: A review. J. Food Sci. Technol. 47:1-14.

León, K., D. Mery, F. Pedreschi, J. León. 2006. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. Food Res. Int. 39:1084-1091.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort. Sci. 27:1254-1255.

Pathare, P.B., U.L. Opara, and F.J. Al-Said. 2013. Colour Measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. Food Bioprocess Technol. 6:36-60.

Pérez L.A., C.A. Villaseñor P., V. Crisanto M., J.J.E. Corrales G. 2009. Propiedades mecánicas y maduración de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) bajo compresión axial. INAGBI 1:19-23.

---

## EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO EN ASPERSIÓN FOLIAR PARA AUMENTAR RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MANZANA

Juan Manuel Soto Parra.<sup>1\*</sup>, Esteban Sánchez Chávez.<sup>2</sup>, Francisco Javier Piña Ramírez.<sup>1</sup>, María Antonia Flores Cordova.<sup>1</sup>, Rosa María Yáñez Muñoz.<sup>1</sup>, Ramona Pérez Leal.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Delicias.

\*e mail. [jmsotoparra@gmail.com](mailto:jmsotoparra@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del manzano, segundo frutal en importancia y derrama económica en el estado de Chihuahua, México, cuenta con 28 mil 515 hectáreas que representan el 47.2% de la superficie nacional con una derrama para 2014 de 3 mil 179.1 millones de pesos que significaron el 76% de la producción en el país. El municipio de Cuauhtémoc es de mayor superficie y tecnificación con 8 mil 264 ha.

Uno de los grandes retos a que se enfrentan los productores es incrementar la producción por unidad de superficie para el cultivo sea redituable -aspecto que ya se ha logrado pues cada vez son más comunes producciones superiores a las 80, 90 y hasta 100 toneladas por hectárea- sin embargo; una vez obtenido la cosecha, la mayoría de ella tendrá que almacenarse como una medida de regulación de los mercados por lo que tendrá que mejorarse sustancialmente la calidad, capacidad de conservación y vida de anaquel, a esto hay que añadir que durante los últimos años la manzana de importación principalmente de estados unidos ha estado saturando el mercado nacional cada vez acercándose más a la época de cosecha, situación que causó crisis en el 2013, año de una producción récord de 24 millones de cajas de manzana. Para el tiempo de cosecha, E.U.A. había introducido alrededor de 11 millones de cajas de manzana, lo que además de la competencia por el mercado, significó la disminución de espacios de almacenamiento refrigerado lo que postró a los productores de manzana que se reflejó en aireadas protestas para contener la importación desmedida de manzana.

A ello hay que añadir un problema que se ha venido recrudeciendo en presencia, tiempo e intensidad, el denominado bitter pit o mancha amarga que de ser una enfermedad de postcosecha, ahora se observa desde cosecha y más grave durante floración en 2014; si no se tiene la previsión (un año antes) y prevención en el año actual, este desorden fisiológico asociado con un desbalance de calcio, puede provocar mermas en cosecha y postcosecha superiores al 20% o más de daño.

Aun cuando se sigue un programa anual de aspersiones foliares de calcio, requisito de los compradores cuando menos 8 aplicaciones, las aspersiones cada vez son más desalentadoras ante el agravamiento del problema de la falta de calidad en cosecha, la pérdida abrupta de la misma en cosecha y postcosecha o bien que esta no se conserva en óptimas condiciones durante almacenamiento y anaquel, aunado al agravamiento de la presencia y recurrencia cada vez más acentuada de la presencia de desórdenes fisiológicos como el mencionado bitter pit, colapso senescente (senescent breakdown), corazón acuoso, entre otros, es tiempo de evaluar alternativas de mayor aportación de calcio como es el carbonato de calcio.

Un aumento en el nivel de calcio del fruto promueve la mejora de su calidad interna, definida por la incidencia de desórdenes metabólicos y la tasa de respiración/ablandamiento (Retamales, 2008); es el elemento mineral con más influencia en los parámetros de calidad, retraso de la senescencia y control sobre diferentes tipos de patógenos en frutas y vegetales (Huber 1980, McGuire y Kelman 1986, Poovaiah 1986, Ferguson y Drobak 1989) y ocupa

una posición central en la nutrición de los árboles frutales (Atkinson *et al.*, 1980, Lucena, 1992) su deficiencia ocasiona un desequilibrio nutricional que se asocia con importantes desordenes fisiológicos del fruto, por ello suele ser preciso la aplicación de calcio para mejorar la calidad de la fruta y prevenir calciopatías como bitter pit y otras (Raese y Drake, 1993; Ferguson *et al.*, 1999). El calcio tiene efectos reconocidos en la calidad de las frutas, cuando las plantas se suministran adecuadamente con Ca (Bangerth, 1979; Tomala, 1997; Vaysse *et al.*, 2001).

Los factores que influyen en la calidad de las frutas están relacionados con diversos parámetros como la firmeza, sólidos solubles, acidez, pH y color, la cual es afectada por enzimas que causan el ablandamiento de los tejidos de frutas y las hace susceptibles a la contaminación por hongos, por ello la importancia del calcio en el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares, aumentando la dureza de la pulpa y retrasando la senescencia (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008; Arguello *et al.*, 2000). Investigaciones recientes han mostrado el efecto del calcio, para mantener la calidad poscosecha de frutas y hortalizas (Silva, 2002).

En fresa aplicando 0,2 % de nitrato de calcio obtuvieron un incremento del 16,4 % en la conservación de la fruta (Casiera y Salamanca (2008), Singh *et al.* (1993) encontraron un incremento del 34 % de la firmeza en la pulpa de mango, con aplicaciones de cloruro de calcio al 8%, conservaron la máxima firmeza, sólidos solubles totales, contenido de ácido ascórbico y la reducción en índice de coloración y pérdida de peso de hasta 4-5 semanas; Shen *et al.*, (2016) encontraron que de manera individual o combinada, el ácido salicílico y el cloruro de calcio tuvieron un efecto positivo sobre el crecimiento, contenido de clorofila, proteína soluble total y actividad enzimática antioxidante en *Rhododendrom* 'Fen Zhen Zhu' bajo estrés por calor.

El objetivo del estudio fue comprobar si el calcio aplicado en forma de sulfato de calcio y carbonato de calcio asperjados de manera foliar representan una alternativa para mejorar producción y calidad en manzana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo vegetativo 2016 en Cuauhtémoc, Chih., en la huerta Campo 22 coordenadas son 28°27'16.85" N, 106°53'46.68" W, 2008 mnsn. La clasificación del clima por Thornthwaite es C<sub>1</sub>dB<sub>2</sub>a' que corresponde a un clima semiseco con nula demasía de agua, templado frío, concentración térmica en el verano < 48%. La textura del suelo es fuertemente arcillosa, pH en CaCl<sub>2</sub> 6.58, contenido de materia orgánica 1.03%, C.E. 0.15 mmhos cm<sup>-1</sup>, CaCO<sub>3</sub> 1.10%, nutrientes en ppm N-NO<sub>3</sub> 142.5, P 26.60, K 87.50, 3112.5, Mg 1537.5, Cu 2.42, Fe 3.96, Mn 3.12, Zn 5.32, por ciento de saturación de cationes básicos (PSCB) 31.60 cmol<sub>c</sub> kg, su distribución relativa es para potasio 7.08%, calcio 49.25%, magnesio 39.88 y sodio 3.78%; la características químicas del agua de riego son pH 7.23, cationes en meq L<sup>-1</sup> son Ca 2.75, Mg 0.75, Na 0.59, K 0.12, aniones en meq L<sup>-1</sup> CO<sub>3</sub> 0.5, HCO<sub>3</sub> 1.28, SO<sub>4</sub> 2.35, Cl 0.08. Se utilizaron árboles de de las variedades 'Top Red'/MM111 (625 árboles por hectárea) y 'Golden Delicious'/MM 111 (1142 árboles por hectárea), los primeros plantados en 1992 y los segundos en 2004. En ambas variedades se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 13 tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, la distribución de tratamientos se indica a continuación:



Cuadro 1. Distribución de tratamientos de fuentes calcio en aspersión foliar

Tratamiento	Descripción	Características	Concentración de aplicación <sup>X</sup> Kg / L ha <sup>-1</sup>	Codificación
1	Testigo productor	4 aplicaciones NICA + 4 aplicaciones CAACL +4 aplicaciones META (2000 ppm de Ca)	0.0	TESP
2	Agua		0.0	AGUA
3	Barrier	Calcio 10%, SiO <sub>2</sub> 24% p/p, Acondicionadores y diluyentes 66% (Cosmocel)	4 <sup>Z</sup>	BARR
4	Poliquel calcio	Ca 10%, Mg 1%, B 0.5%, Mo 10 ppm (Arysta LifeScience)	5 <sup>Z</sup>	POCA
5	Boramin calcio	Aminoácidos libres 5%, Ca 8%, B 0.21%, L aminoácidos 5% p/p (Tradecorp)	5 <sup>Z</sup>	BOCA
6	Calbit C	CaO 15% p/p, 21.7% p/v (Valagro)	3.5 <sup>Z</sup>	CALC
7	Packhard	Ca 8% p/p B 0.25, ácidos polihidroxicarboxílicos 6% p/p (carbono orgánico oxidable total 5.0%) (Productos químicos de Chihuahua SA de CV)	6 <sup>Z</sup>	PACK
8	Matalosate calcio	Calcio 6% Quelato de aminoácido de calcio p/p (Albión)	4 <sup>Z</sup>	META
9	Cloruro de calcio	Ca 35.74% pureza 95%	6	CAACL
10	Calcio Foliar	Ca 22.58%, S 18.07% (Yeso Industrial de Navojoa SA de CV)	20	CAFO
11	Carbonato de calcio	Ca 35.38% (Cementos de Chihuahua)	20	CACO
12	Nitrato de calcio	Ca 19%, 15.5% N, pureza 95%	13.9	NICA
13	Sagaquel calcio	Ca 10%, Mg 1%, Mo 0.001%, B 0.050%, ácidos polihidroxicarboxílicos 6%, carbohidratos naturales 3%, diluyentes y acondicionadores 79.94% (Química Sagal)	5	SAGA

<sup>X</sup>Considera un volumen de aplicación de 1000 litros de solución por hectárea, las aspersiones se realizaron con aspersora de mochila de litros para cubrir árboles, 1.25 litros de solución por árbol. Se utilizó como coadyuvante Bionex (Arysta LifeScience) un mililitro por litro de solución. Se realizaron 8 aspersiones espaciadas cada semana a partir del 22 de junio hasta el 10 de agosto.

### Variables de respuesta

La cosecha experimental en fue el 30 de agosto para 'Top Red' (151 Días después de completa floración, DCF) y 'Golden Delicious' (145 DDCF).

Producción. De cada árbol se estimó la producción en kilogramos, previamente calibrada con la cosecha de un árbol y de común acuerdo con el técnico del huerto, ésta se multiplicó por el número de árboles por hectárea y se expresó en toneladas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>).

Apariencia del Fruto. Se consideró el peso del fruto (g) y su diámetro (medido con un vernier en mm). Para esa determinación se usaron 8 frutos por repetición

Madurez del Fruto. Se evaluó por ciento de color del fruto tomando dos medidas de color por fruto (lados intermedios en cuanto a color) para lo cual se las escalas desarrolladas para 'Red Delicious' y para 'Golden Delicious' por Soto *et al* (2001), expresándolas como porcentaje, se consideran seis categorías, para 'Red Delcious': 1) verde; 2) inicio de formación de estrías color rojo; 3) estrías uniformes de color rojo opaco; 4) estrías de color rojo oscuro evidente; 5) estrías menos uniformes, inicio de color rojo oscuro; y 6) rojo oscuro completo; y seis categorías para 'Golden Delicious': 1) verde; 2) verde rugoso lenticelas ásperas; 3) verde ceroso; 4) transición hacia el color amarillo; 5) amarillo blanquesino (amarfilado); y 6) amarillo fuertemente con tendencia hacia el anaranjado; para hacer la escala más objetiva el color se expresó como porcentaje. Se determinó la firmeza de la pulpa del fruto con un penetrómetro (modelo Effe-Gi 327, 0-28 lb in<sup>2</sup>) se tomaron dos lecturas en los lados en los que se midió el color. Para el contenido de sólidos solubles totales (SST), se obtuvo el extracto de dos gajos de cada fruto (aquellos en donde se introdujo el penetrómetro), se usó un refractómetro (Atago 0 - 32<sup>o</sup>Brix) previamente calibrado con agua destilada. Para la determinación de la acidez titulable, se titularon 10 ml

del extracto de jugo a partir del cual se determinaron los sólidos solubles, se le adicionaron 5 gotas de indicador de fenolftaleína (0.5 g de fenolftaleína más 70 ml de alcohol etílico y se aforaron a 100 ml con agua destilada), titulándose con una solución 0.1 N de NaOH (2.15 g de NaOH 97% pureza, aforados a 500 ml) hasta que se obtuvo un color rosa ladrillo-rojo púrpura; el volumen utilizado se transformó a su equivalente de ácido málico en porcentaje mediante la expresión: Por ciento de ácido málico =  $\frac{((0.1 \cdot \text{ml}) / 10) \cdot 67}{10}$ . Se obtuvo además la relación azúcar acidez expresada como partes de azúcar por una de ácido (SST / Acidez titulable).

La determinación de la madurez de fruto se realizó en los 5 frutos más representativos de los ocho para apariencia; con el propósito de evaluar implícitamente la vida de anaquel, los frutos se dejaron a temperatura ambiente 10 días después de cosecha y entonces se evaluó calidad.

Cabe mencionar que el efecto del calcio es más evidente después de almacenamiento refrigerado por lo que se almacenó en atmósfera controlada una cantidad igual de fruto como aquél que se procesó en cosecha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 'Top Red'

La calidad de un fruto fresco está relacionada con sus características físicas (color, firmeza, tamaño, etc.), su composición química, la cual determina el gusto y sabor característico (Soto *et al.*, 2016). Wilson *et al.* (1998) postularon que la máxima calidad del fruto es alcanzada al momento de la cosecha, generalmente no puede ser mejorada por manejo de postcosecha; en todo caso, las medidas se orientarán a disminuir la intensidad de esas pérdidas para lograr que el fruto llegue a la mesa del consumidor lo más parecido a las condiciones de cosecha.

En el Cuadro 2 se presentan los componentes del rendimiento (producción; diámetro, peso y color del fruto) y calidad del fruto en cosecha (firmeza de la pulpa, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y relación azúcar acidez (SST/acidez titulable). Con respecto a los primeros, la producción promedio por hectárea para esta variedad fue de 25.6 toneladas, que a decir del responsable del huerto, este año fue atípico pues se esperaba mayor producción y se cosechó alrededor del 60% con respecto a 2015, lo que en cierta manera puede ser producto de alternancia debido a una menor densidad de floración, no se descarta el uso de compensadores de frío (en muchos de ellos, elaborados a base de calcio) para una mayor apertura, más uniforme y compacta de yemas florales, problemas de tizón de fuego muy relacionado a su vez con la falta de uso de compensadores y que si bien se centra la atención en disminuir en su daño, por cada árbol puede eliminar 20, 30 y hasta 50 racimos florales que significan desde 4 hasta 10 kg de manzana menos por árbol; además, este año fue extremadamente lluvioso durante los meses de julio y agosto con respecto a 2015, con anegamientos continuos lo que ocasionó caída de fruto en precosecha, en este lote se considera que fue alrededor del 15%.

Cuadro 2. Rendimiento y calidad cosecha manzana 'Top Red' bajo diferentes fuentes comerciales de calcio en aspersión foliar

Producto / concentración ha <sup>-1</sup> L <sup>2</sup> / kg	Producción Kg ha <sup>-1</sup>	Rendimiento			Madurez de fruto				
		Diámetro Cm	Peso g	Color %	Firmeza lb in <sup>2</sup>	SST °Brix	Acidez Titulable % Ac. Málico	SST/Acidez titulable	
TESP	0.0	0.1654 <sup>U</sup> 26.7 abc <sup>V</sup>	0.3666 <sup>U</sup> 75.5 ab	0.4411 175.3 ab	0.0112 70.6 ab	0.2643 11.9 ab	0.0005 11.1 f	<.0001 0.318 bcd	0.0001 36.6 def
AGUA	0.0	23.8 bc	74.5 ab	172.8 ab	76.1 a	12.5 ab	12.3 abcd	0.290 cdef	42.7 abc
BARR	4 <sup>Z</sup>	23.3 bc	76.1 ab	183.5 ab	75.6 a	12.1 ab	12.1 bcde	0.314 abcd	38.9 cdef
POCA	5 <sup>Z</sup>	28.2 abc	74.2 b	163.0 b	66.0 bc	12.0 ab	13.0 a	0.276 ef	47.3 a
BOCA	5 <sup>Z</sup>	29.9 ab	72.9 b	172.1 ab	66.9 bc	12.7 a	12.7 abc	0.290 cdef	44.0 ab
CALC	3.5 <sup>Z</sup>	23.8 bc	75.3 ab	173.8 ab	66.4 bc	11.5 ab	12.0 cdef	0.302 cde	40.6 bcde
PACK	6 <sup>Z</sup>	22.8 bc	74.4 b	171.8 ab	62.2 c	13.1 a	13.0 a	0.316 abc	41.1 bcde
META	4 <sup>Z</sup>	25.7 abc	74.8 ab	167.1 b	65.1 bc	12.6 ab	11.5 def	0.338 ab	34.0 f
CACL	6	32.9 a	75.5 ab	180.8 ab	66.4 bc	12.8 a	12.0 cdef	0.269 f	42.3 abc
CAFO	20	22.8 bc	75.9 ab	180.2 ab	65.2 bc	13.0 a	11.2 ef	0.284 def	39.6 bcde
CACO	6	25.7 abc	78.6 a	196.8 a	65.9 bc	11.6 ab	11.3 ef	0.313 bcd	36.3 ef
NICA	13.9	25.7 abc	76.2 ab	171.8 ab	65.0 bc	11.1 b	11.8 def	0.343 a	34.4 f
SAGA	5 <sup>Z</sup>	21.5 c	74.7 ab	170.4 b	65.2 bc	11.8 ab	12.2 abcd	0.297 cdef	41.6 bcd
DMS <sup>W</sup>		17.5	4.2	25.4	7.4	1.6	0.9	0.031	2.6
CV <sup>X</sup>		26.73	4.79	12.53	9.50	11.42	6.74	8.98	10.92
μ <sup>Y</sup>		25.6	75.3	175.3	67.4	12.2	12.0	0.303	39.96

<sup>U</sup>Probabilidad Pr  $\geq$  0.05 no significativo,  $0.05 \leq Pr < 0.01$  significativo, Pr  $< 0.01$  altamente significativo; <sup>V</sup>Letras diferentes son estadísticamente distintas según prueba de rango múltiple t-Student  $\alpha$  0.05; <sup>W</sup>Diferencia mínima significativa (t-Studente  $\alpha$  0.05); <sup>X</sup>Coefficiente de variación; <sup>Y</sup>Media general. TESP, Testigo productor; Agua, agua del pozo para riego; BARR, Barrier (calcio 10%, Si (SiO<sub>2</sub>) 24% p/p, acondicionadores y diluyentes 66%, Cosmocel); POCA poliquel calcio (Ca 10%, Mg 1%, B 0.05%, Mo 10 ppm, Arysta LifeScience; BOCA, Boramin calcio, aminoácidos libres 5%, Ca 8%, B 0.21%, L aminoácidos 5% p/p, Tradecorp; CALC, Calbit C CaO 15% p/p, 21.7 p/v, Valagro; PACK, Packhard Ca 8%, B 0.25%, ácidos polihidroxicarboxílicos 6% p/p, (carbono orgánico oxidable 5.0%), Innovak; META, Metalosate calcio, Ca 6% p/p, quelato de aminoácido de calcio, Albión; CACL, Cloruro de calcio, Ca 35.74%; CAFO, Calcio foliar, Ca 22.58%, S 18.07%, Yeso industrial de Navojoa, S.A. de C.V.; CACO, Carbonato de calcio Ca 35.38%, Cementos de Chihuahua; NICA, Nitrato de calcio Ca 19%, N 15.5%; SAGA, Sagaquel calcio, Ca 10%, Mg 1%, Mo 0.001%, B 0.050%, ácidos polihidroxicarboxílicos 6%, carbohidratos naturales 3%, diluyentes y acondicionadores 79.94, Química Sagal. SST, sólidos solubles totales.

Aun así, se registraron diferencias significativas por efecto de la aplicación de fuentes comerciales de calcio, la mayor producción la obtuvo cloruro de calcio con 32.9 t ha<sup>-1</sup>, le siguieron en orden de importancia poliquel calcio, testigo productor, metalosate calcio y carbonato de calcio, éstos dos últimos con el mismo nivel de producción (25.7 t ha<sup>-1</sup>); sin embargo, en tamaño de fruto, carbonato de calcio presentó significativamente mayor diámetro y peso, 12.5% superior al testigo lo que abre la posibilidad para mejorar rendimiento en manzano a un costo significativamente menor, con respecto al cloruro de calcio (mayor a carbonato en 3% para producción, menor en 8% en peso de fruto), ambos presentan contenidos semejantes de calcio (35%), sin embargo el costo por kilogramo de cloruro de calcio es 700% veces más caro que el carbonato de calcio, la concentración de aplicación de calcio para el primero fue de 2.14 kg mientras que con carbonato fueron 7.08 kg, un 200% mayor la cantidad de calcio aplicado. Esto también representa una ventaja para una mayor aportación de calcio, ya que el cloruro de calcio aplicado a concentraciones mayores a 19 kg 1000 L<sup>-1</sup> agua, ocasionó quemaduras del follaje, esto muchas veces se pasa por alto pues lo que se trata es de abastecer la mayor cantidad de calcio y en precosecha, el daño se considera que no es relevante, sin embargo si las aplicaciones son desde floración, fruto pequeño y mediano, el daño al follaje puede ser considerable, pues son cuando menos 8 aspersiones foliares.

La madurez de fruto puede ser discutida por una parte con firmeza de la pulpa que nos indica la característica crocante del fruto y por lo tanto su capacidad de almacenamiento y anaquel para seguir conservando esa textura de cierta dureza a la mordida, mientras que la cantidad de azúcar, la acidez titulable y la relación entre ellas nos habla del sabor característico de la variedad, de su jugosidad y frescura, lo ideal es tener tanto en cosecha como en postcosecha una manzana crocante, con un sabor fresco, con un equilibrio entre la azúcar y la acidez (sabor pleno de la variedad) y jugosa, estas cualidades si bien son el ideal al que aspira el productor, las condiciones climatológicas prevalecientes de un año a otro pueden exacerbar las cualidades como fue 2015, un año más bien seco durante los meses de julio y agosto, las lluvias se presentaron después de la primera semana de septiembre, en ese año, la firmeza de la pulpa en 'Top Red' promedió 17 lb in<sup>2</sup>, 13.6 °Brix, 0.33% de ácido málico y relación azúcar acidez de 42.4 en manzanas experimentalmente cosechadas el 3 de septiembre (155 DDCF) mientras que la cosecha comercial fue el 14 de septiembre ya que ese año el mercado demandó manzanas más dulces. En este año con las condiciones de mayor precipitación pluvial, la firmeza en 'Top Red' promedio 12.2 lb in<sup>2</sup>, casi un 30% menor al año pasado, aspecto que también tiene que ver que este año hacia la cosecha apareció de manera súbita (con una intensidad alrededor del 40%) el desorden fisiológico corazón de agua (water core) asociado con un desbalance en el contenido de calcio, cabe mencionar que el problema se presentó con menor severidad (< 5%) en los árboles sujetos a experimentación con fuentes de calcio.

La mayor firmeza la registraron packhard, cloruro de calcio y calcio foliar con 13.0 lb in<sup>2</sup>, superiores al testigo productor y carbonato de calcio en 10%, sin embargo, packhard, significativamente de menor color, presentó la mayor cantidad de azúcar con 13 °Brix, 0.316% de ácido málico lo que arrojó una relación azúcar acidez mayor a 40 que se considera como madurez incipiente, mitigada por una fruto relativamente más crocante (mayor firmeza), esta variedad continua la transformación de almidón a azúcar, una situación de equilibrio de manera distinta la presentó nitrato de calcio con la menor firmeza (11.1 lb in<sup>2</sup>) y mayor acidez titulable (0.343% de ácido málico) dio una relación azúcar acidez de 34.4 (con un contenido de azúcar de 11.8 °Brix, para cosecha mínimo debe alcanzar 11 ° Brix (Bartram, 1975; NMX-FF-061-SCFI-2003) que le da capacidad de amortiguamiento para frescura y jugosidad ya que puede sortear con éxito el incremento en azúcar durante almacenamiento y anaquel. Smith (2016) registró un 5% de incremento en la firmeza de arándanos mediante aplicaciones de carbonato de calcio neutralizado, los datos obtenidos en este estudio indican que prácticamente el testigo productor y carbonato de calcio tuvieron la misma firmeza en cosecha.

Si consideramos las respuestas estadísticas obtenidas en SST, acidez titulable y relación azúcar acidez, la variable incluyente y representativa sería por lo tanto la relación azúcar acidez, (Knee, 1993) reportó la relación azúcar/ácido como una variable asociada al sabor de frutos de manzana la cual tiende a incrementarse conforme avanza la maduración debido a la disminución del contenido de ácido málico que es usado como sustrato respiratorio y al incremento en el contenido de azúcares por efecto de la hidrólisis del almidón acumulado durante el crecimiento. Si establecemos un rango óptimo de sabor pleno de la variedad con capacidad de almacenamiento y anaquel entre 30 y 40; entonces, la mejor calidad la presentaron metalosate de calcio, nitrato de calcio, carbonato de calcio y testigo productor, respectivamente (las tres fuentes de calcio superaron al testigo productor lo que refuerza su impacto pues este huerto se considera que recibe un manejo intensivo muy tecnificado con infraestructura y equipamiento que lo sitúa de bajo riesgo y con alta capacidad de respuesta ante contingencias abióticas y bióticas).

Los valores de la relación azúcar acidez propuestos son menores a aquellos que reportan Bartram (1975) y Hammet (1980) quienes indican que los cultivares rojos

mantienen una excelente calidad de almacenamiento si la relación sólidos solubles/acidez titulable es de 40 a 50 en cosecha; con un valor menor a 40 los frutos tienen una pérdida tremenda de agua en almacenamiento y desarrollan bitter pit y problemas de escaldadura; con una relación sólidos solubles/acidez titulable mayor a 50, los frutos no se deben almacenar por períodos de tiempo largos a causa de los principales cambios en las propiedades texturales, mientras que una relación sólidos solubles/acidez titulable de 35 a 40 es apropiada para venta inmediata o para corto almacenamiento, las implicaciones de esos valores son las mismas que para nuestro caso pero el rango debe fluctuar de 30 a 40.

#### 'Golden Delicious'

Esta Variedad al momento de cosecha transforma todo el almidón en azúcar, generalmente tiene mayor contenido de acidez titulable que le permite paliar sobremaduración dada por una relación azúcar acidez alta, mientras que 'Top Red' como parte del grupo de 'Red Delicious' si bien es una variedad con menor contenido de azúcar que 'Golden Delicious', continúa transformando almidón a azúcar después de cosecha, pero es mucho menos ácida que ésta (Soto *et al.*, 2001) por lo que puede llegar fácilmente a estar sobremadura con esa sensación de harinosidad (menor jugosidad y firmeza).

Los resultados de las aplicaciones foliares de calcio se muestran en el Cuadro 3, la producción promedio fue de 56.4 t ha<sup>-1</sup>, buen nivel de cosecha si consideramos que éste año la fue alrededor de 60% con respecto a 2015, mayor a 'Top Red' debido a una mayor densidad de árboles por hectárea, ésta ha sido la diferencia en la producción de manzana durante los últimos 15 años, ya que según la estadísticas oficiales (SIAP-SAGARPA, 2014) la superficie ha permanecido relativamente constante, lo que ha ocurrido es que los nuevos huertos que han reemplazado a aquellos que su vida útil terminó, han sido con mayor densidad de árboles por hectárea.

A pesar de que no hubo diferencias en producción, diámetro y peso de fruto registraron diferencias entre tratamientos, boramin calcio obtuvo significativamente el mayor peso y diámetro de fruto con 68.3 mm y 139.2 g, seguido por carbonato de calcio con 67.4 mm y 138.5 g, respectivamente, esos valores fueron superiores al testigo productor en 5% para diámetro de fruto y 10% para peso, tendencia similar a la registrada con carbonato de calcio en 'Top Red' por lo que se constituye en alternativa para mejorar rendimiento.

Otra característica que diferencia a 'Golden Delicious' de 'Top Red' es que una vez cosechadas, en la primera la evolución del color continua, mientras que en la segunda el color logrado en cosecha, se constituye en el máximo alcanzado, se recomienda un valor mínimo de 66% (estrías de color rojo oscuro evidente) y es una característica que define la atractividad del producto (frescura, azúcar y jugosidad) a la hora de comprar, mientras que el 'Golden Delicious' el color en cosecha debe fluctuar de 50 a 55% (entre verde ceroso y transición al amarillo) lo que envía un mensaje de frescura, acidez y jugosidad.

Bajo esta perspectiva, boramin calcio quien tuvo el mayor diámetro y peso de fruto presentó también la firmeza más baja con 11.4 lb in<sup>2</sup>, de los menores contenido de sólidos solubles aun con un porcentaje de color mayor a 55% (56.2%, fuera del rango recomendado), mayor acidez titulable que se tradujo a su vez en la menor relación azúcar acidez. Para tener un balance adecuado azúcar acidez, esta relación debe de andar entre 25 y 30 en cosecha, bajo estas condiciones con boramin calcio tendríamos un fruto más ácido lo que predispone a pérdidas fuertes de humedad y con bajas expectativas de almacenamiento debido a su baja firmeza, lo anterior se refleja en deducir los valores óptimos para acidez titulable de 0.50 a 0.55% de ácido málico, y contenido de sólidos solubles mayor a 13 °Brix, tal que esa relación se refleje en valores de azúcar acidez

mayores a 25, es decir, a mayor acidez titulable deberemos tener mayor cantidad de azúcar y viceversa para mantener la relación adecuada que defina el sabor característico de la variedad, que además de la sensación de frescura y tenga capacidad de almacenamiento y vida de anaquel. Lo anterior puede indicar que los frutos de boramin calcio fueron más ácidos que dulces (relación azúcar acidez de 22.7) con muy baja firmeza de la pulpa por lo que su consumo debe ser inmediato.

Cuadro 3. Rendimiento y calidad cosecha manzana 'Golden Delicious' bajo diferentes fuentes comerciales de calcio en aspersión foliar

Producto / concentración ha <sup>-1</sup> L <sup>2</sup> / kg	Rendimiento				Madurez de fruto				
	Producción Kg ha <sup>-1</sup>	Diámetro Cm	Peso g	Color %	Firmeza lb in <sup>2</sup>	SST °Brix	Acidez Titulable % Ac. Málico	SST/Acidez titulable	
	0.1628 <sup>U</sup>	0.0033 <sup>U</sup>	0.0210	0.7240	0.0110	0.0357	0.4504	0.1020	
TESP 0.0	51.4 a <sup>V</sup>	65.1 abcd	125.8 abc	55.0 ab	12.2 abc	13.1 abc	0.509 ab	26.2 abc	
AGUA 0.0	54.2 a	66.0 abcd	135.4 ab	52.5 b	12.1 abcd	13.0 bcd	0.551 a	23.7 bcd	
BARR 4 <sup>Z</sup>	62.0 a	65.5 abcd	133.3 abc	53.2 ab	11.9 bcd	13.2 abc	0.555 a	24.1 bcd	
POCA 5 <sup>Z</sup>	55.2 a	63.0 d	118.4 bc	54.3 ab	11.4 d	11.8 d	0.521 ab	22.8 cd	
BOCA 5 <sup>Z</sup>	58.8 a	68.3 a	139.2 a	56.2 a	11.4 d	12.6 cd	0.559 a	22.7 d	
CALC 3.5 <sup>Z</sup>	56.4 a	63.3 d	114.1 c	52.5 b	12.7 a	12.9 cd	0.526 ab	25.3 abcd	
PACK 6 <sup>Z</sup>	59.1 a	63.3 d	118.0 bc	55.6 ab	12.6 ab	13.7 abc	0.563 a	24.5 bcd	
META 4 <sup>Z</sup>	57.0 a	64.1 bcd	117.9 bc	54.9 ab	12.2 abc	13.2 abc	0.461 b	28.6 a	
CACL 6	47.9 a	64.5 bcd	125.8 abc	53.3 ab	12.2 abc	14.4 a	0.551a	26.3 ab	
CAFO 20	53.3 a	67.4 ab	137.7 ab	53.5 ab	12.1 abcd	14.3 ab	0.554 a	25.8 abcd	
CACO 20	58.9 a	67.4 ab	138.5 a	53.3 ab	11.9 cd	13.3 abc	0.514 ab	26.0 abcd	
NICA 13.9	60.6 a	67.3 abc	133.2 abc	54.4 ab	12.1 abcd	13.1 bc	0.506 ab	26.0 abcd	
SAGA 5 <sup>Z</sup>	58.2 a	63.8 cd	120.1 abc	53.9 ab	12.7 a	13.3 abc	0.511 ab	26.4 ab	
DMS <sup>W</sup>	8.3	4.7	19.9	3.7	1.6	0.9	0.031	3.5	
CV <sup>X</sup>	23.24	4.60	13.50	5.95	5.47	8.22	13.45	11.84	
μ <sup>Y</sup>	30.9	65.3	127.5	54.1	12.2	13.2	0.529	25.3	

<sup>U</sup>Probabilidad Pr ≥ 0.05 no significativo, 0.05 ≤ Pr < 0.01 significativo, Pr < 0.01 altamente significativo; <sup>V</sup>Letras diferentes son estadísticamente distintas según prueba de rango múltiple t-Student α 0.05; <sup>W</sup>Diferencia mínima significativa (t-Studente α 0.05); <sup>X</sup>Coefficiente de variación; <sup>Y</sup>Media general. TESP, Testigo productor; Agua, agua del pozo para riego; BARR, Barrier (calcio 10%, Si (SiO<sub>2</sub>) 24% p/p, acondicionadores y diluyentes 66%, Cosmocel); POCA poliquel calcio (Ca 10%, Mg 1%, B 0.05%, Mo 10 ppm, Arysta LifeScience; BOCA, Boramin calcio, aminoácidos libres 5%, Ca 8%, B 0.21% p/p, L aminoácidos 5%, Tradecorp; CALC, Calbit C CaO 15% p/p, 21.7 p/v, Valagro; PACK, Packhard Ca 8%, B 0.25%, ácidos polihidroxycarboxílicos 6% p/p, (carbón orgánico oxidable 5.0%), Innovak; META, Metalosate calcio, Ca 6% p/p, quelato de aminoácido de calcio, Albión; CACL, Cloruro de calcio, Ca 35.74%; CAFO, Calcio foliar, Ca 22.58%, S 18.07%, Yeso industrial de Navajoa, S.A. de C.V.; CACO, Carbonato de calcio Ca 35.38%, Cementos de Chihuahua; NICA, Nitrato de calcio Ca 19%, N 15.5%; SAGA, Sagaquel calcio, Ca 10%, Mg 1%, Mo 0.001%, B 0.050%, ácidos polihidroxycarboxílicos 6%, carbohidratos naturales 3%, diluyentes y acondicionadores 79.94, Química Sagal. SST, sólidos solubles totales.

Quien presentó la mayor firmeza del fruto fue Calvit c, muy relacionada con el menor tamaño y peso de fruto (la Norma Mexicana contempla un ajuste en firmeza por tamaño de fruto, a menor tamaño disminuye firmeza y a mayor tamaño se compensa), buena cantidad de azúcar, aunque hubiera sido deseable rebasar los 13 °Brix (llegó a 12.9) lo que se reflejó en el mínimo aceptable de la relación azúcar acidez (25.3) para balance adecuado y sabor característico de la variedad. Un comportamiento similar se obtuvo con packhard, que logró una relación de 24.5, probablemente también enmascarada por el menor tamaño de fruto.

En este contexto, los resultados obtenidos por carbonato de calcio, con el mayor peso y tamaño de fruto registró una firmeza de 11.9 lb in<sup>2</sup>, buen contenido de azúcar con 13.3 °Brix, margen de ácido málico para vida de anaquel (0.51%) que se traduce en balance óptimos azúcar acidez de 26, lo que lo posiciona en mejor condición que boramin calcio en términos de madurez e igualdad de condiciones en rendimiento, mientras que con respecto a calvit c y packhard obtuvo un mayor rendimiento con mejor calidad dado por un balance adecuado azúcar acidez.

En términos de la cantidad de calcio, por aplicación carbonato de calcio aportó 7000 pp, mientras que la de calcio foliar fue 4500 ppm –ambos sin daño al fruto ni al follaje-, 1300

y 830 veces respectivamente más que boramin calcio y packard; dos veces y 1.25 veces más que para metalosate de calcio, mientras que, en precio, los dos primeros tuvieron un costo 1500 veces mayor y el segundo fue 3000 veces más caro.

Por otra parte, es muy probable que se pueda mejorar la intensidad de las respuestas obtenidas con aspersiones foliares a través del uso concurrente de aplicaciones de sulfato de calcio y carbonato al suelo, lo que de por sí significaría un parteaguas en el suplemento integral de calcio en manzano; Soto *et al.*, (2016) recomiendan para alto rendimiento de manzana con buena calidad de fruto en cosecha, utilizar una dosis de fertilización al suelo 138N-45P-40K-110Ca-20Mg, esto representa que por cada unidad de nitrógeno 4/5 de calcio, el uso de sulfato de calcio y carbonato de calcio aplicado al suelo puede ser una alternativa viable, respaldada por los resultados obtenidos con las aplicaciones foliares.

### CONCLUSIONES

En 'Top Red' sulfato de calcio obtuvo la mayor firmeza con las características óptimas en sólidos solubles totales y acidez titulable que se reflejó en una adecuada relación azúcar acidez, sulfato de calcio y carbonato de calcio presentaron producción intermedia con 23 a 26 toneladas por hectárea, la mayor producción con 32.9 toneladas por hectárea se obtuvo con cloruro de calcio quien presentó también madurez incipiente.

En 'Golden Delicious' aun cuando no se registraron diferencias en producción, boramín calcio presentó mayor diámetro y peso de fruto, pero con menor calidad de fruto; sulfato de calcio también con mayor peso y diámetro de fruto registró la mejor calidad de fruto, carbonato de calcio con mismas características de rendimiento obtuvo calidad intermedia.

La cantidad de calcio aplicado con sulfato de calcio fue mayor desde 125 hasta 830 veces, mientras que con carbonato de calcio desde 200 hasta 1300 veces que los demás tratamientos de calcio, ambos considerablemente más económicos por unidad de calcio aportada.

Aspersiones foliares de sulfato de calcio y carbonato de calcio concurrentes con aplicaciones al suelo pueden dar la pauta a mediano y largo plazo de mejorar sustancialmente el contenido de calcio en suelo, planta y por consiguiente en fruto con repercusiones sobre rendimiento y calidad del mismo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Arguello, D., M. Murillo, F. Cavallini. 1997. Efecto del calcio en aplicación pre cosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*. (Penz, Saac) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.). Estudios de mango poscosecha. Mercanet: 2-7.
- Atkinson, D. J., Jackson, J. E., Sharples, O. R., Waller, W. M. 1980. Mineral nutrition of fruit trees. Ed. Butterwoths. 29-37.
- Bangerth, F. 1974. Antagonism between calcium and other elements in Apple fruits. Acta Horticulturae. 45: 43-52.
- Bartram D. R. 1975. 'Golden Delicious' apples for high quality and maximum storage life. Cooperative Extension Service, College of Agriculture, Washington State University. Pullman., E. M. 3496.
- Hammet R. H. 1980. Evaluation of fresh market and storage quality of North Carolina apples. North Carolina Agricultural Research Service in Cooperation with the United States Department of Agriculture. Tech. Bu. 262:25.
- Casierra, F., Salamanca R. 2008. Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración postcosecha de frutos de fresa (*Fragaria sp*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2(1): 33-42.
- Hernández-Muñoz, P., E. Almer, Ocio, M.C., Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharves life of strawberries (*Fragaria x ananassa*) Postharvest. Postharves Biol Technol. 39 (3): 247-253.

- Huber, D. M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. *Plant Disease* 5:381-406.
- Ferguson I.B.; Drobak, B.K. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience* 23(2):262-266.
- Ferguson, I. R., Volz, A. Woolf, A. 1999. Pre-harvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 255-262.
- Knee, M. 1993. Pome fruits. In: Seymour GB, Taylor JE and Tucker GA (eds), *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman and Hall, London.:325–346.
- Lucena, J. 1992. El calcio en la nutrición de las plantas. *Horticultura*, 10: 76-83.
- McGuire R. G., Kelman A. 1986, Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology Soc. Hort.Sci.* 120(2):246-253 76(4):401-40
- Monge E., Sanz, M., Val J., Blanco A., Montañes L. 1994. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano.
- Norma Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009. Productos Alimenticios No Industrializados para Consumo Humano Fruto Fresco Nuez Pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) Especificaciones y Métodos de Prueba.
- Poovaliah B. W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technnology*. p.86-89.
- Raese, J. T., Drake, S. R. 1993. Effects of preharves calcium sprays on apple and pear quality. *Journal of Plant Nutrition* 16 (9): 1807-1819.
- Retamales J. B. 2008. Manejo de la nutrición en frutales. La nutrición en frutales templados. 43-110
- Romero-Comezcaña, N. R., Sánchez-García P., Rodríguez-Alcázar J., Saucedo-Veloz, C. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango c.v. Haden. *Agric. Téc. Mex.* 32 (1) 1-5.
- Shen H. Zhao B., Xu J., Zheng X., Huang W. 2016. Effects of salicylic acid and calcium chloride on heat tolerance in *Rhododendron* 'Fen Zhen Zhu'. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 141(4):363-372.
- Singh B. Tandom B., Karla S. 1993. Changes in postharves quality mangoes, affected by preharvest applicaton of calciun salts. *Scientia Horticulturae* 54 (3): 211-219.
- Silva A. P. 2004. Qualidade e conservacao pos-colheita do morango, tratado com cloreto de calcio de pre colheita. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) Facultad de Ciencias Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Botacatu, 132 p.
- Smith D. E. 2016. The effect of foliar calcium treatments on fruit weigh and firmness of rabbiteye blueberry (*Vaccinium cirtatum* Aiton). *Journal of the American Pomological Society* 70 (2): 74-81.
- Soto P. J. M., Sánchez Ch. E., Uvalle B. J. X., Yáñez M. R. M., Montes D. F., Ruiz J.M., Romero L. 2001. Pre-harvest Application Dosages of Aminoethoxyvinylglycine in Relation to Ripening, Fruit Drop and Watercore in 'Red Delicious' and 'Golden Delicious' Apples. *International Journal of Experimental Botany Phytol.* 2001: 171 – 178. ISSN 0031-9457.
- Soto P. J. M., Piña, R. F. J., Chávez S. E., Pérez L. R., Baurto S. M. 2016. Fertilización con macronutrientes en manzano 'Golden Delicious' impacto en rendimiento y calidad de fruto. *Nova Scientia*. Vol 8 162-18.
- Tomala K. 1997. Predicting storage ability of Cortland apples. *Acta Horticulturae*. 448: 67-73.
- Vaysse P., Reynier P., Raynal C., Freixino E., Soing P. 2001. Les equilibres d'alimentation et la conservation. *Nutrition du pommier. Infos-Ctifl* 170: 30-33.



---

## EFFECTO DE CARBONATO DE CALCIO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FERTILIDAD DEL SUELO EN MANZANO

Juan Manuel Soto Parra.<sup>1\*</sup>, Rosa María Yáñez Muñoz<sup>1</sup>, Esteban Sánchez Chávez.<sup>2</sup>,  
Francisco Javier Piña Ramírez.<sup>1</sup>, Ramona Pérez Leal.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Unidad Delicias. Delicias, Chih. México.

\*email [jmsotoparra@gmail.com](mailto:jmsotoparra@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del manzano (*Malus domestica* Bork.) segundo frutal en importancia y derrama económica en el estado de Chihuahua, cuenta con 28 mil 515 ha que representan el 47.2% de la superficie nacional con una derrama para 2014 de 3 mil 179.1 millones de pesos que significaron el 76% de la producción nacional, El municipio de Cuauhtémoc es el de mayor superficie y tecnificación con 8 mil 264 ha.

Una vez obtenido la cosecha, la mayoría de ella tendrá que almacenarse como una medida de regulación de los mercados, para la conservación de la calidad en almacenamiento un papel crítico lo juega el calcio, a ello hay que añadir un problema que se ha venido recrudeciendo en presencia, tiempo e intensidad, el denominado bitter pit o mancha amarga que de ser una enfermedad de postcosecha, ahora se observa desde cosecha; si no se tiene la previsión (un año antes) y prevención en el año actual, este desorden fisiológico asociado con un desbalance de calcio, puede provocar mermas en cosecha y postcosecha superiores al 20% o más de daño.

La creencia que ha prevalecido en el manejo de calcio en manzano para mejora calidad de fruto y capacidad de almacenamiento es que solo se puede lograr con aspersiones foliares de calcio, ya que las aplicaciones de calcio son ineficientes puesto que el elemento tarda alrededor de 10 - 15 años en llegar finalmente al fruto, la paradoja de esto es que se lleva más de ese tiempo diciéndolo, bajo ese supuesto si se hubieran hecho aplicaciones al suelo ya se observarían resultados y no se hubiera agravado el problema de pérdida abrupta de calidad ("manzana de agua" que no tiene suplemento de calcio) ni se exacerbaría el problema de mancha amarga de postcosecha a cosecha e inclusive a precosecha como se ha venido observando a través de los años; puesto que esto no ha ocurrido, es tiempo de volver a un programa de manejo de calcio en el que el uso de enmiendas como el carbonato de calcio.

Aun cuando se sigue un programa anual de aspersiones foliares de calcio, -requisito de los compradores cuando menos 8 aplicaciones-, las aspersiones cada vez son más desalentadoras ante el agravamiento del problema de la falta de calidad en cosecha, la pérdida abrupta de la misma en postcosecha o bien que esta no se conserva en óptimas condiciones durante anaquel, aunado al agravamiento de la presencia y recurrencia cada vez más acentuada de la presencia de desórdenes fisiológicos como la pérdida abrupta de firmeza en postcosecha, el mencionado bitter pit, colapso senescente (senescent breakdown), corazón acuoso, entre otros.

El objetivo del estudio fue comprobar si el carbonato de calcio aplicado al suelo influye sobre la fertilidad del suelo y en manzano en producción, como antesala para mejorar el estado nutricional, producción, calidad y capacidad de conservación en manzano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo vegetativo 2016 en Cuauhtémoc, Chih. México, en la huerta denominada Campo 22, la textura del suelo es fuertemente arcillosa, pH en  $\text{CaCl}_2$  6,58, contenido de materia orgánica 1,03%; C.E.  $0.15 \text{ mmhos cm}^{-1}$ ;  $\text{CaCO}_3$  1,10%; nutrientes en ppm N- $\text{NO}_3$  142,5; P 26,60; K 87,50; 3112,5; Mg 1537,5; Cu 2,42; Fe 3,96; Mn 3,12; Zn 5,32; porcentaje de saturación de cationes básicos (PSCB) 31,60  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , su distribución relativa es para potasio 7,08%; calcio 49,25%; magnesio 39,88 y sodio 3,78%; la características químicas del agua de riego son pH 7.23, cationes en  $\text{meq L}^{-1}$  son Ca 2,75; Mg 0,75; Na 0,59; K 0,12; aniones en  $\text{meq L}^{-1}$   $\text{CO}_3$  0,5;  $\text{HCO}_3$  1,28;  $\text{SO}_4$  2,35; Cl 0,08. Se utilizaron árboles de la variedad 'Top Red'/MM111, 625 árboles por hectárea plantados en 1992, Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento.

Las concentraciones de aplicación al suelo utilizadas fueron:

### Dosis aplicadas para cada tratamiento

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ca ( $\text{t ha}^{-1}$ )	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1400
CaCO <sub>3</sub> ( $\text{t ha}^{-1}$ )	0	282.7	565.3	847.9	1130.6	1413.2	1695.9	1978.5	2261.2	2543.8	2826.5	3957.0

La fecha de aplicación fue el 19 de julio de 2016, 108 Días después de completa floración (DDCF). El producto se distribuyó uniformemente bajo la copa del árbol a lo largo del borde de plantación dentro de la hilera sin traslape entre un árbol y otro.

El muestreo de suelo se realizó a finales de la estación, el 26 de octubre (para permitir una mayor toma de calcio aplicado al suelo) a una profundidad de 0 - 10 cm y se conformaron muestras compuestas por cada tratamiento para determinar el grado de influencia en el área superficial del suelo, la capa más fértil y sujeta convencionalmente para un manejo intensivo de la fertilidad del suelo, práctica común en los huertos de manzano en la región.

Las muestras colectadas se extendieron sobre en platos de cartón y se dejaron a temperatura ambiente en sombra durante 10 días y entonces se procedió al tamizado (tamiz malla 20) de suelo previo a su procesamiento.

La cosecha se realizó el 30 de agosto 151 Días después de completa floración, (DDCF). Se evaluaron 9 frutos por árbol (repetición) siendo estos consideradas como la unidad experimental en caso del arreglo experimental, para calidad los frutos se dejaron previamente 8 días a temperatura ambiente y entonces se determinó madurez.

Las determinaciones básicas y de fertilidad de suelo incluyeron pH en agua (1:2), conductividad eléctrica (extracto de saturación, dS m), contenido de materia orgánica (Walkley y Black, %), capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio 1N a pH 7.0,  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), nitrógeno orgánico (estimación liberado por la materia orgánica,  $\text{mg kg}^{-1}$ ), fósforo (Bray<sup>-1</sup>,  $\text{mg kg}^{-1}$ ); potasio, calcio, magnesio, y sodio (acetato de amonio 1N a pH 7.0,  $\text{mg kg}^{-1}$ ), azufre (S-SO<sub>4</sub>, fosfato de calcio,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); hierro, manganeso, zinc y cobre (DTPA 0.005M pH 7.3,  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Se derivó además la saturación de cationes intercambiables en porcentaje, así como las relaciones (Ca+Mg)/K, Ca/(K+Mg), Mg/(K+Ca), Ca/Mg y K/Mg en  $\text{meq 100 g}$  suelo; se obtuvo además las relaciones de calcio con respecto a cada nutriente (Ca/N, Ca/P, Ca/S-SO<sub>4</sub>, Ca/Fe, Ca/Mn, Ca/Zn y Ca/Cu). Lo que se trata es de enmarcar el contenido de calcio y su relación con los demás cationes pues su manejo no puede ser considerado de manera aislada, a pesar de lo señalado por Hopper (1967), Eckert y McLean (1981) y Olson *et al.* (1982) de que fuera de desbalances extremos las

relaciones de K / Mg o Ca / Mg no son mejores herramientas que el nivel crítico o el porcentaje de saturación de las bases de cambio para diagnosticar una deficiencia de Mg (Hopper, 1967; Eckert y McLean, 1981; Olson *et al.*, 1982). La importancia de la relación de calcio con los demás cationes puede indirectamente ser explorada a través del pH, ya que el pH medido en pasta saturada debe ser menor o igual que el medido en CaCl<sub>2</sub>, pero con frecuencia es mayor, lo que ayuda a detectar desbalances en la relación calcio-magnesio, asociada con bajo calcio y medio a alto manganeso, también puede identificar más claramente la alcalinidad debida a sodio y la falta de capacidad amortiguadora del suelo, además, el pH de la solución del suelo puede limitar la disponibilidad de nutrientes al fomentar procesos de precipitación, absorción, lixiviación o volatilización (Uvalle-Bueno, 2000). Generalmente los suelos calcáreos presentan pH que va de 7.3 hasta 8.4 sin llegar a ser sódicos, en estos suelos el principal limitante es la disponibilidad de Fe y Zn, en menor proporción de manganeso y en ocasiones la del fósforo (Castellanos *et al.* 2000), estos suelos tienen mayor potencial para transformar el fósforo añadido a formas químicas menos solubles y por lo tanto menos aprovechables (Velasco, 1991).

Como herramienta de análisis se utilizó el Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI, Uvalle, 1995, Soto *et al.*, 2004) que consiste en comparar una situación observada contra una ideal, ésta última a su vez dada por el rango sugerido de interpretación (RSI) que se genera en base al DDI, lo que deriva en tres situaciones: desbalance nutricional (o bien fisiológicamente inferior al RSI)  $DN < 0.71$ ; desbalance fisiológico (o bien fisiológicamente superior al RSI)  $DF > 1.41$  y situación que se considera óptima fisiológico  $0.71 \leq OF \leq 1.41$ ; dado que se busca llegar lo más posible al óptimo fisiológico en algunos casos interesa obtener DN (al bajar un nutriente o propiedad del suelo en exceso) o bien DF (al promover aumento de alguna propiedad o nutriente que se encuentre deficiente).

Las contrastaciones DDI incluyeron dos etapas, la primera con respecto al estado del arte (observado / RSI) y la complementaria los tratamientos propuestos con respecto al testigo productor (tratamientos / testigo productor), con ello se jerarquizan los DN y DF para entonces derivar acciones de manejo de la fertilidad del suelo dentro del ámbito de los tratamientos o bien más allá sobre el manejo de la fertilidad del suelo de una manera incluyente e integral.

El fundamento fisiológico y los valores críticos para realizar las contrastaciones propuestas por el DDI se indican a continuación:

### **Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI)**

El Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI), se compone de tres conceptos: 1) DIAGNÓSTICO, el cual se define como el conocimiento de la diferencia entre dos situaciones, una que es considerada como ideal, y la otra que se espera que se comporte de una manera ideal; 2) DIFERENCIAL, conceptualizado en hacer contraste hasta su mínima expresión para comprender la naturaleza de su desviación entre ambas situaciones e 3) INTEGRADO, enfocado de manera multidisciplinaria para profundizar en el conocimiento de los factores Agua-Suelo-Planta-Atmósfera e identificar las causas que limitan la producción y/o productividad de la actividad hortofrutícola (Uvalle-Bueno *et al.*, 1995; Soto *et al.*, 2004, Fig. 1).

El fundamento fisiológico en planta, se basa en los mecanismos de de la cinética enzimática, los principios del catabolismo y la síntesis de los compuestos fosfatados ricos en energía.

Ecuación de carga de energía. Las células contienen una cantidad infinita de compuestos que almacenan energía, particularmente los fosfatos de adenosina (AMP, ADP y ATP) que pueden estar presentes como compuestos de alta o de baja energía, una célula “está totalmente cargada” cuando todos sus adenilatos están presentes como ATP. Cuando

todos los ATP están hidrolizados hasta AMP, la célula está "totalmente descargada". Atkinson (citado por Uvalle-Bueno *et al.* 1995) derivó una ecuación que permite calcular la carga energética cuando se conocen las cantidades relativas de ATP, ADP y AMP.

$$\text{Carga energética (CE)} = \frac{[\text{ATP}] + 0.5 [\text{ADP}]}{[\text{ATP}] + [\text{ADP}] + [\text{AMP}]}$$

Sin embargo, Ziegler (citado por Uvalle-Bueno *et al.*, 1995), estudiando la ecuación de carga energética, propone la siguiente ecuación:

$$\text{CE} = \frac{1}{2} \frac{[\text{ADP}] + 2 [\text{ATP}]}{[\text{AMP}] + [\text{ADP}] + [\text{ATP}]}$$

La carga energética tendrá valor igual a 1 cuando todo el AMP y el ADP celular se hayan convertido en ATP, se tendrá disponible el número máximo de enlaces fosfato ricos en energía; la carga energética tendrá un valor igual a 0.5, cuando todos los compuestos de adenosina aparezcan como ADP, lo cual significa que el sistema adenílico contiene la mitad de los enlaces ricos en energía. La carga energética tendrá un valor igual a cero, cuando el ATP y el ADP se hayan convertido en AMP.

Cuando hay un exceso de ATP la ecuación de carga energética es igual o mayor a 2.0, por lo tanto, la ecuación de Atkinson queda de la siguiente manera:

$$\text{CE} = \frac{1}{2} \frac{[\text{ADP}] + 4 [\text{ATP}]}{[\text{AMP}] + [\text{ADP}] + [\text{ATP}]}$$

Cuando un sistema biológico anormal en relación con uno ideal cae por debajo de 0.5, el mecanismo de homeostasis ya no es capaz de regular los cambios extrínsecos (por ejemplo, la acción climática y/o biótica) y se da una deficiencia fisiológica. El intervalo óptimo nutricional y fisiológico se señala entre 0.71 y 1.19.

Energía libre de activación (G). Es la cantidad de energía necesaria para llevar todas las moléculas de 1 mol de sustancia y a una temperatura determinada, al estado de transición en la cima de la barrera de activación. Cuando el valor de G es negativo, en los procesos biológicos hay liberación de P inorgánico, y si se encuentra un elemento contrario (antagónico) lo inmoviliza y no estará disponible para la planta. La  $Q_{10}$  generalmente tiene un valor de 2, las reacciones enzimáticas difieren de las químicas, debido a que el incremento de la velocidad con respecto a la temperatura se interrumpe entre 45 y 50° C, ya que ocurre una desnaturalización de las proteínas (enzimas); por lo tanto, el  $Q_{10}$  de una enzima para rangos arriba de 40° C será por lo general mucho menor a 2.0 (Lehninger, 1991).

Cinética enzimática (ecuación de Michaelis-Menten). La constante de Michaelis-Menten ( $K_m$ ) es igual a la concentración del sustrato en el cual la velocidad inicial de la reacción es la mitad de la velocidad máxima ( $V_{max}$ ). Las dimensiones de  $K_m$  para una reacción de un solo sustrato son moles por litro y la constante es independiente de la concentración de la enzima (Lehninger, 1991). Entre más pequeña sea  $K_m$ , su afinidad con la enzima es más grande, por lo tanto, su abatimiento es más rápido; y viceversa, entre más grande sea el valor de  $K_m$  su afinidad es más baja, por lo que su abatimiento es más lento.

La ecuación de Michaelis-Menten es:

$$v = (V_{max} * C_{ext} / (K_m + C_{ext}))$$

Valores críticos para generar el Rango Sugerido de Interpretación (RSI) y diagnosticar la situación nutricional (DN) y / o fisiológica (DF)

Para propósitos de interpretación, Y describe la situación nutricional, Z describe la situación fisiológica. Los valores de carga energética ( $CE = 1$ ), constante de Michaelis-Menten ( $K_m = \frac{1}{2}$ ) y  $Q_{10} = 2$ , describen la deficiencia nutricional (DN):

$$Y = (CE * K_m) = 0.5$$

o deficiencia fisiológica (DF):

$$Z = (CE * Q_{10}) = 2.0$$

Corresponde la situación de equilibrio a  $X = 1.0$ .

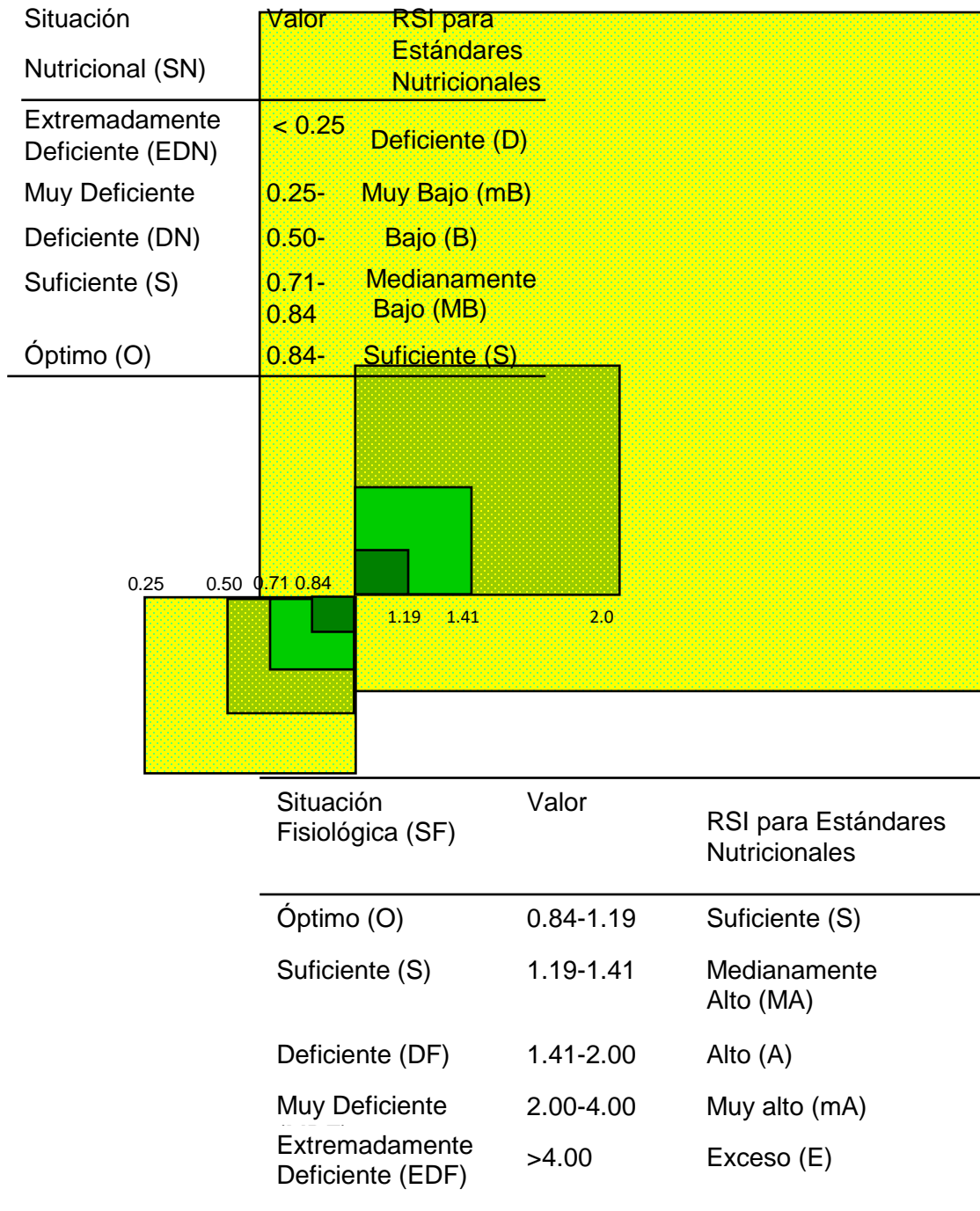
La intensidad del desplazamiento hacia un desorden nutricional o desorden fisiológico es exponencial. El intervalo óptimo nutricional se encuentra entre  $0.71 \leq Y \leq 1.0$ , y el óptimo fisiológico se encuentra entre  $1.0 \leq Z \leq 1.19$ .

A partir de esos valores se genera una escala, en la cual los valores menores de 0.5 indican una deficiencia nutricional (DN), mientras que con valores mayores de 2.0 se tiene una deficiencia fisiológica (DF); un desbalance nutricional se incrementa con una relación inversa exponencial a la del desbalance fisiológico de acuerdo a los siguientes valores en donde Z es una razón inversa de Y.

Nutricional	Fisiológico	Relación inversa
$Y = 0.5$	$Z = 2.0$	$0.5^{-1} = 2.0$
$Y = (0.5)^4 = 0.0625$	$Z = (2)^4 = 16.00$	$0.0625^{-1} = 16.00$
$Y = (0.5)^2 = 0.25$	$Z = (2)^2 = 4.00$	$0.25^{-1} = 4.00$
$Y = (0.5)^{1/2} = 0.71$	$Z = (2)^{1/2} = 1.41$	$0.71^{-1} = 1.41$
$Y = (0.5)^{1/4} = 0.84$	$Z = (2)^{1/4} = 1.19$	$0.84^{-1} = 1.19$

El intervalo óptimo se da al obtener la raíz cuadrada de los valores críticos tanto de Y como de Z; entonces, dentro del rango de 0.84 y 1.19 no se presentan deficiencias nutricionales ni fisiológicas. Además de la situación nutricional y fisiológica, también se puede extrapolar para la generación de estándares nutricionales en tejido vegetal y para obtener los valores de referencia de suelo para cada cultivo (Uvalle-Bueno *et al.*, 1995, Fig. 1, Soto *et al.*, 2004) de acuerdo al siguiente esquema:

Clasificación	Situación nutricional (N)	Situación fisiológica (F)
	$Y = 0.5^4 = 0.0625$	$Z = (2)^4 = 16.00$
Extremadamente Deficiente (ED)	$Y = 0.5^2 = 0.25$ o menor	$Z = (2)^2 = 4.00$ o mayor
Muy Deficiente (MD)	$Y = 0.5^1 = 0.50 - 0.25$	$Z = (2)^1 = 2.00 - 4.00$
Deficiente (D)	$Y = (0.50)^{1/2} = 0.71 - 0.50$	$Z = (2)^{1/2} = 1.41 - 2.00$
Suficiente (S)	$Y = (0.5)^{1/4} = 0.84 - 0.71$	$Z = (2)^{1/4} = 1.19 - 1.41$
Óptimo (O)	0.84	1.19



4.0

Figura 1. Diagrama para la determinación del Rango Sugerido de interpretación (RSI) y diagnosticar desbalances nutricionales (SN) y/o fisiológicos (SF). Uvalle-Bueno (1994), modificado por Yáñez (1998).

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando existe exceso de nutrientes, no hay respuesta al mismo y no se recomienda la adición del fertilizante, pues puede incluso desbalancear otros nutrientes con los que el nutriente en cuestión mantiene relaciones antagónicas (Castellanos *et. al.* 2000).

En el Cuadro 1 se presenta la fertilidad del suelo tratado con carbonato de calcio en una gama de concentraciones desde 0 hasta 4 toneladas por hectárea; el pH se ubicó dentro del rango sugerido de interpretación (RSI) entre 6.0 y 7.0, sobresalen los altos niveles de materia orgánica que fluctuaron desde 6.5 hasta 8.4% e inclusive estuvieron por encima del RSI (subrrayado), como se mencionó, la profundidad de muestreo fue de 0 - 10 cm, este huerto cuenta con un manejo que forma un bordo central de alrededor del árbol de 25 cm de altura que debido a la aplicación de estiércol húmedo alrededor de 200 a 250 kg por árbol cubierto por una capa de rastrojo de maíz de 10 a 15 cm, esto además de conservar la humedad que se aplica mediante riego por microaspersión libera nutrientes de manera gradual a lo largo de toda la estación de desarrollo, generalmente se aplica cada tres años, el momento de aplicación es después de cosecha, en el área experimental, este bordo estuvo en su segundo año, lo que significa que estuvo liberando y conservando la materia orgánica, se observa también que a medida que aumentó la concentración de carbonato de calcio, el contenido de materia orgánica disminuye y cae aún dentro del óptimo, esta es una de las razones por lo que en otros experimentos se trabaja de manera conjunta con carbonato de calcio y enmiendas orgánicas ya que se ha observado que el primero utiliza de manera más intensiva la materia orgánica disponible en el suelo (Soto *et al.*, 2014).

Fósforo y los micronutrientes Mn, Zn y Cu, estuvieron por encima del RSI, esto es, sus niveles fueron altos, su magnitud de acuerdo a la media del índice DDI  $Zn > P > Mn > Cu$ , estos niveles representan una oportunidad para la aportación de carbonato de calcio pues su incorporación en el suelo puede conllevar desbalances nutricionales e incluso deficiencias de P y micronutrientes, se abre también la oportunidad para una combinación de carbonato de calcio – sulfato de calcio para aportar azufre que se registró con desbalance nutricional muy fuerte (IDDI) y también aportar hierro para evitar que llegue a estar por debajo de RSI, ya que parece que hay un aumento incipiente de hierro conforme se incrementó la concentración de carbonato de calcio alcanzando el máximo nivel con dos toneladas por hectárea e inclusive cayó por encima del RSI, esto se confirma cuando se analiza el comportamiento de la fertilidad del suelo con respecto al testigo productor (Cuadro 2), S-SO<sub>4</sub>, Zn y P en ese orden (media índices DDI) al presentaron desbalances nutricionales (DN, negrillas, contenido por debajo del óptimo fisiológico) conforme se incrementó la dosis de carbonato de calcio en tanto que hierro aumentó inclusive fisiológicamente por encima del testigo productor.

Aun cuando el carbonato de calcio se hace evidente cuando se evalúa en el contexto testigo productor, el efecto del mismo se hace más evidente a de la aplicación de 2 toneladas.

El análisis de cationes y la saturación de bases se presenta en el Cuadro 3, sobresale el desbalance fisiológico (contenido mayor al RSI) para potasio y magnesio en ese orden (DF 1.65 y 1.45, respectivamente) y desbalance nutricional para sodio (DN 0.27), sin embargo, en la saturación de bases solamente el sodio permaneció en esa situación. Bajo esta situación consideraríamos que estamos en una situación típica del contenido de cationes en suelo sin trascendencia sobre la fertilidad del suelo debido a la aplicación de carbonato de calcio.

El verdadero trasfondo de las relaciones de los cationes debe ir más allá de la comparación de manera individual y entre parejas, pues claro está que deben guardar una relación entre todos ellos, este se comprende al analizar los resultados de la relación entre

cationes presentados en el Cuadro 4, se observa de manera incipiente (media índice DDI) desbalances nutricionales en orden de magnitud para las relaciones K/Mg, (Ca+Mg)/K, Ca/Mg y Mg/(K+Ca) con valores DN 0.22, 0.48, 0.64 y 0.68, respectivamente, ello indica el desbalance de calcio y potasio de manera conjunta e individual con respecto a magnesio, más intensa para potasio; estos desbalances se registran a nivel del RSI, ya que cuando se comparan con respecto al testigo productor (Cuadro 5) quien realmente emerge como el factor crítico de los desbalances es el magnesio ya que a la dosis de 3 toneladas de carbonato de calcio por hectárea, la relación Mg/(K+Ca) registro desbalance fisiológico con 1.54 (DF); Ca/Mg y K/Mg, desbalances nutricionales (DN) con 0.65 y 0.63, respectivamente.

Cuadro 1. Fertilidad de suelo tratado con carbonato de calcio en manzano 'Top Red'/MM111 en producción

CaCO <sub>3</sub> kg ha <sup>-1</sup>	pH	M.O. %	N- Org.	P	S-SO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	B
0.0	6.80	<u>7.8</u>	58.5	<u>211.0</u>	<b>69.3</b>	<b>20.1</b>	<u>56.7</u>	<u>220.2</u>	<u>20.6</u>	1.3
282.7	7.05	7.2	54.2	<u>304.3</u>	<b>43.2</b>	26.9	<u>33.2</u>	<u>80.2</u>	<u>25.3</u>	1.2
565.3	7.09	<u>7.6</u>	56.7	<u>85.9</u>	<b>15.7</b>	35.0	<u>63.5</u>	<u>148.6</u>	<u>28.5</u>	1.3
847.9	7.04	6.8	51.2	<u>257.9</u>	<b>22.3</b>	42.6	<u>72.5</u>	<u>211.7</u>	<u>27.6</u>	1.0
1130.6	6.99	6.5	49.1	<u>130.2</u>	<b>28.0</b>	33.7	<u>56.2</u>	<u>259.1</u>	<u>17.1</u>	1.2
1413.2	6.94	<u>8.4</u>	63.3	<u>90.8</u>	<b>50.0</b>	35.4	<u>51.0</u>	<u>110.3</u>	<u>27.9</u>	1.4
1695.9	6.98	<u>7.6</u>	57.2	<u>214.4</u>	<b>40.0</b>	<b>22.9</b>	<u>48.5</u>	<u>96.6</u>	<u>14.6</u>	1.3
1978.5	7.09	<u>7.5</u>	56.1	<u>262.0</u>	<b>23.9</b>	38.8	<u>80.1</u>	<u>89.5</u>	<u>16.8</u>	1.2
2261.2	6.99	<u>7.6</u>	56.9	<u>276.9</u>	<b>20.8</b>	51.6	<u>57.5</u>	<u>65.3</u>	<u>23.6</u>	1.6
2543.8	7.09	5.6	42.3	<u>228.7</u>	<b>17.7</b>	29.1	<u>63.7</u>	<u>59.2</u>	<u>22.4</u>	<u>1.8</u>
2826.5	6.97	6.9	51.9	<u>190.7</u>	<b>20.8</b>	44.6	<u>62.1</u>	<u>219.4</u>	<u>15.1</u>	<u>1.8</u>
3957.0	7.11	6.8	51.0	<b>32.0</b>	<b>16.2</b>	37.2	<u>71.7</u>	<u>86.4</u>	<u>19.3</u>	1.1
Media	7.01	7.2	54.2	190.4	30.7	34.8	59.7	137.2	21.6	1.3
RSI	6.5	5.3	48.0	53.0	130.0	35.0	23.0	17.5	8.6	1.2
M DDI	1.08	1.36	1.13	<u>3.59</u>	<b>0.24</b>	1.00	<u>2.60</u>	<u>7.84</u>	<u>2.51</u>	<u>1.12</u>

M.O. Materia orgánica, N-org. nitrógeno orgánico, P fósforo, S-SO<sub>4</sub> azufre, Fe hierro, Mn manganeso, Zn zinc, Cu cobre, B boro; RSI Rango sugerido de interpretación, negrillas por debajo, subrayado por encima de rango suficiente, de otra manera su contenido es óptimo; RSI pH 6.0 – 7.0, M.O. 4.6 – 6.0 N-org. 40 – 56, P 46.0 – 60.0, Fe 30.0 – 40.0, Mn 20.0 – 26.0, Zn 15.0 – 20.0, Cu 7.2 – 10.0, B 1.0 – 1.4.0. M IDDI, media Índice Diagnóstico Diferencial Integrado.

Cuadro 2. Índice DDI<sup>x</sup> con respecto a testigo productor para fertilidad de suelo tratado con carbonato de calcio en manzano 'Top Red'/MM111 en producción

CaCO <sub>3</sub> kg ha <sup>-1</sup>	pH	M.O.	N- Org.	P	S-SO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	B
0.0										
282.7	1.04	0.93	0.93	<u>1.44</u>	<b>0.62</b>	1.34	<b>0.59</b>	<b>0.36</b>	1.23	0.90
565.3	1.04	0.97	0.97	<b>0.41</b>	<b>0.23</b>	<u>1.75</u>	1.12	<b>0.68</b>	1.38	1.00
847.9	1.04	0.87	0.87	1.22	<b>0.32</b>	<u>2.13</u>	1.28	0.96	1.34	0.80
1130.6	1.03	0.84	0.84	<b>0.62</b>	<b>0.40</b>	<u>1.68</u>	0.99	1.18	0.83	0.90
1413.2	1.02	1.08	1.08	<b>0.43</b>	0.72	<u>1.77</u>	0.90	<b>0.50</b>	1.35	1.08
1695.9	1.03	0.98	0.98	1.02	<b>0.58</b>	1.14	0.86	<b>0.44</b>	<b>0.71</b>	1.00
1978.5	1.04	0.96	0.96	1.24	<b>0.34</b>	<u>1.94</u>	<u>1.41</u>	<b>0.41</b>	0.81	0.95
2261.2	1.03	0.97	0.97	1.31	<b>0.30</b>	<u>2.57</u>	1.01	<b>0.30</b>	1.15	1.21
2543.8	1.04	0.72	0.72	1.08	<b>0.26</b>	<u>1.45</u>	1.12	<b>0.27</b>	1.09	1.37
2826.5	1.03	0.89	0.89	0.90	<b>0.30</b>	<u>2.22</u>	1.09	1.00	0.73	<u>1.43</u>
3957.0	1.05	0.87	0.87	<b>0.15</b>	<b>0.23</b>	<u>1.86</u>	1.27	<b>0.39</b>	0.94	<u>0.87</u>
Media	1.03	0.92	0.92	0.89	<b>0.39</b>	<u>1.80</u>	1.06	<b>0.59</b>	1.05	1.05

<sup>x</sup>Negrillas, desbalance nutricional (DN ≤ 0.71), subrayado desbalance fisiológico (DF ≥ 1.41), de otra manera se encuentra en situación óptima (0.71 – 1.19).



Cuadro 3. Contenido de cationes y porcentaje de saturación en suelo tratado con carbonato de calcio en manzano 'Top Red'/MM111 en producción

CaCO <sub>3</sub> kg ha <sup>-1</sup>	Cationes					Saturación cationes básicos			
	K	Ca	Mg	Na	CIC	K	Ca	Mg	Na
	mg kg <sup>-1</sup>					cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	%		
0.0	828.9	5665.5	519.9	28.7	34.83	6.09	81.16	12.28	0.36
282.7	856.2	5198.0	501.7	23.6	32.46	6.74	79.90	12.71	0.32
565.3	693.8	6080.1	489.6	22.1	36.32	4.88	83.53	11.09	0.26
847.9	625.8	5159.4	470.7	21.8	31.35	5.10	82.11	12.35	0.30
1130.6	704.1	5411.6	458.7	20.6	32.77	5.49	82.40	11.51	0.27
1413.2	693.2	5709.8	476.8	21.2	34.36	5.16	82.91	11.41	0.27
1695.9	739.4	5478.3	463.7	22.3	33.20	5.70	82.33	11.49	0.29
1978.5	802.7	5482.1	502.0	26.2	33.74	6.08	81.09	12.24	0.34
2261.2	869.5	5128.4	607.3	26.3	33.01	6.74	77.52	15.14	0.35
2543.8	737.2	5215.0	424.2	22.3	31.58	5.97	82.40	11.05	0.31
2826.5	738.2	5168.0	730.1	24.7	33.85	5.58	76.18	17.74	0.32
3957.0	645.9	5859.7	461.2	20.9	34.82	4.74	83.98	10.90	0.26
Media	744.6	5463.0	508.8	23.4	33.53	5.69	81.29	12.49	0.30
RSI	450.0	7000	350	87.0	27.5	7.0	77.2	15.0	0.80
M IDDI	1.65	0.78	1.45	0.27	1.22	0.81	1.05	0.83	0.38

K potasio, Ca calcio, Mg, magnesio, Na sodio, CIC capacidad de intercambio catiónico; RSI Rango sugerido de interpretación, negrillas por debajo, subrayado por encima de rango suficiente, de otra manera su contenido es óptimo. RSI K 400.0 – 500.0, Ca 6000.0 – 8000.0, Mg 300.0 – 400.0, Na 74.0 – 100.0, CIC, capacidad de intercambio catiónico 25.0 – 30.0, saturación de cationes básicos K 6.0 – 8.0, Ca 71.2 – 83.2, Mg 13.0 – 17.0, Na 0.7 – 0.9. M IDDI, media Índice Diagnóstico Diferencial Integrado.

Cuadro 4. Relaciones entre cationes<sup>X</sup> y calcio / nutrientes<sup>Y</sup> en suelo tratado con carbonato de calcio en manzano 'Top Red'/MM111 en producción

CaCO <sub>3</sub> kg ha <sup>-1</sup>	Relaciones entre cationes del suelo							Ca / nutrientes					
	(Ca+Mg) ) / K	Ca / (K+Mg )	Mg / (K+Ca )	Ca / Mg	K / Mg	N- Org	P	S- SO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	B
0.0				6.6	0.5				282.		25.	27	
	15.37	4.44	0.14	5	0	96.8	26.9	81.7	6	99.9	7	5	4378
282.7				6.3	0.5			120.	193.	156.	64.	20	
	13.75	4.12	0.15	2	3	96.0	17.1	4	3	6	8	5	4476
565.3				7.5	0.4	107.		387.	173.		40.	21	
	19.40	5.25	0.12	8	4	2	70.8	6	5	95.8	9	4	4699
847.9				6.6	0.4	100.		230.	121.		24.	18	
	18.53	4.73	0.14	9	1	9	20.0	9	0	71.2	4	7	5007
1130.6				7.2	0.4	110.		193.	160.		20.	31	
	17.11	4.87	0.13	0	8	3	41.6	1	7	96.3	9	6	4660
1413.2				7.3	0.4			114.	161.	112.	51.	20	
	18.31	5.03	0.13	1	5	90.2	62.9	1	2	0	8	5	4093
1695.9				7.2	0.5			136.	239.	112.	56.	37	
	16.50	4.81	0.13	1	0	95.9	25.6	9	5	9	7	5	4233
1978.5				6.6	0.5			229.	141.		61.	32	4467
	15.36	4.44	0.14	6	0	97.7	20.9	4	2	68.4	2	7	5
2261.2				5.1	0.4			246.			78.	21	
	13.77	3.56	0.18	5	5	90.2	18.5	5	99.4	89.2	5	7	3275
2543.8				7.5	0.5	123.		294.	179.		88.	23	
	15.68	4.86	0.12	0	4	3	22.8	1	2	81.9	1	3	2938
2826.5				4.3	0.3			248.	115.		23.	34	
	16.86	3.28	0.22	2	2	99.6	27.1	4	9	83.2	6	2	2800
3957.0				7.7	0.4	114.	182.	361.	157.		67.	30	
	20.02	5.39	0.12	5	4	9	9	8	5	81.7	8	3	5194
Media	16.72	4.57	0.14	6.69	0.46	101.9	44.8	220.4	168.7	95.8	50.4	267	4185
RSI	35	4.4	0.21	10.5	2.1								

M IDDI	<b>0.48</b>	1.04	<b>0.68</b>	<b>0.64</b>	<b>0.22</b>
--------	-------------	------	-------------	-------------	-------------

<sup>x</sup>meq kg<sup>-1</sup> suelo; <sup>y</sup>mg kg<sup>-1</sup> suelo; RSI (Ca + Mg) / K 30.0 – 40.0, Ca / (K + Mg) 3.7 – 5.1, Mg / (K + Ca) 0.18 – 0.24, Ca / Mg 9.0 – 12.0, K / Mg 1.8 – 2.4. M IDDI, media Índice Diagnóstico Diferencial Integrado.

Las relaciones entre cationes más allá del suelo, también deben mantenerse en el fruto para mejorar y conservar calidad, así como prevenir desórdenes fisiológicos. La manzana es una fruta climatérica con gran potencial de conservación, en excelentes condiciones físicas hasta por un año (Varela *et al.*, 2005). La vida de anaquel depende del manejo de la cosecha y condiciones.

Cuadro 5. Índice DDI<sup>x</sup> con respecto a testigo productor para las relaciones de cationes y calcio / nutrientes en suelo tratado con carbonato de calcio en manzano 'Top Red'/MM11 en producción

CaCO <sub>3</sub> kg ha <sup>-1</sup>	Relaciones entre cationes del suelo						Calcio / nutrientes						
	(Ca+Mg) / K	Ca / (K+Mg)	Mg / (K+Ca)	Ca / Mg	K / Mg	N- Org	P	S- SO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	B
0.0													
282.7	0.89	0.93	1.04	0.95	1.07	0.99	<b>0.64</b>	<u>1.47</u>	<b>0.68</b>	<u>1.57</u>	<u>2.52</u>	0.75	1.02
565.3	1.26	1.18	0.89	1.14	0.89	1.11	<u>2.64</u>	<u>4.74</u>	<b>0.61</b>	0.96	<u>1.59</u>	0.78	1.07
847.9	1.21	1.06	1.01	1.01	0.83	1.04	0.75	<u>2.82</u>	<b>0.43</b>	<b>0.71</b>	0.95	<b>0.68</b>	1.14
1130.6	1.11	1.10	0.93	1.08	0.96	1.14	<u>1.55</u>	<u>2.36</u>	<b>0.57</b>	0.96	0.81	1.15	1.06
1413.2	1.19	1.13	0.92	1.10	0.91	0.93	<u>2.34</u>	1.40	<b>0.57</b>	1.12	<u>2.01</u>	0.75	0.93
1695.9	1.07	1.08	0.93	1.08	1.00	0.99	0.95	<u>1.68</u>	<b>0.85</b>	1.13	<u>2.20</u>	1.37	0.97
1978.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.78	<u>2.81</u>	<b>0.50</b>	<b>0.69</b>	<u>2.38</u>	1.19	1.02
2261.2	0.90	0.80	1.28	0.77	0.90	0.93	<b>0.69</b>	<u>3.02</u>	<b>0.35</b>	0.89	<u>3.05</u>	0.79	0.75
2543.8	1.02	1.10	0.89	1.13	1.09	1.27	0.85	<u>3.60</u>	<b>0.63</b>	0.82	<u>3.42</u>	0.85	<b>0.67</b>
2826.5	1.10	0.74	<u>1.54</u>	<b>0.65</b>	<b>0.63</b>	1.03	1.01	<u>3.04</u>	<b>0.41</b>	0.83	0.92	1.24	<b>0.64</b>
3957.0	1.30	1.22	0.87	1.17	0.88	1.19	<u>6.81</u>	<u>4.43</u>	<b>0.56</b>	0.82	<u>2.64</u>	1.10	1.19
Media	1.10	1.03	1.03	1.01	0.92	1.06	1.73	2.85	<b>0.56</b>	0.95	2.04	0.97	0.95

<sup>x</sup>Negrillas, deficiencia nutricional (DN ≤ 0.71), subrayado deficiencia fisiológica (DF ≥ 1.41), de otra manera se encuentra en situación óptima.

de almacenamiento (Soliva-Fortuny *et al.*, 2002), destaca el calcio por su papel estabilizador en las membranas celulares que contribuye a disminuir la senescencia de varios productos agrícolas (Pervaiz *et al.*, 2002; Hossaim *et al.*, 2005; Abdi *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2006; Naeem *et al.*, 2009). El calcio y el potasio son los que más influyen en la calidad (Faust, 1989). Los frutos de manzano deficientes en calcio pueden desarrollar diversos desórdenes fisiológicos, tales como bitter pit, descomposición interna, pudriciones de almacenamiento, punto corchoso, escaldadura y corazón acuoso (Fallahi, *et al.*, 1997). Una cantidad elevada de K y Mg promueven la aparición de bitter pit (Casero *et al.* 2009, Guerra y Casquero 2010); por lo tanto, su incidencia puede predecirse mejor a través de las relaciones K/Ca, Mg/Ca o (K+Mg)/Ca (van der Boon, 1980). Una cantidad excesiva de K y un contenido bajo de Ca aumentan la relación K/Ca provocando una reducción en la vida de anaquel de la fruta (Casero *et al.*, 1999; Tomala, 1997). La proporción K/Ca en fruto deberá ser alrededor de 25 para aumentar su potencial de almacenamiento (Dilmaghani *et al.* 2004), cuando sea menor se recomienda suprimir las aplicaciones con K y aplicar cuando menor menos ocho aspersiones con Ca para prevenir posibles desórdenes.

El efecto del carbonato de calcio sobre las relaciones nutricionales Ca/nutriente más allá de los cationes tuvo un efecto moderador en aquellos nutrientes que se encontraron por arriba del RSI (Cuadro 1), ordenados por magnitud Zn, P, Mn y Cu con DF 7.84, 3.59, 2.60 y 2.51, respectivamente, ahora al relacionarse con Ca y compararse con respecto al testigo productor, sus valores DDI (Cuadro 5) fueron 2.04, 1.73, 0.95, 0.97, es decir, se logró paliar el exceso de estos nutrientes inclusive bajarlos a nivel óptimo fisiológico en el

caso de Mn y Cu, esto también tiene una implicación adicional, en caso de que los niveles de esos nutrientes estén en situación óptima deberá contemplar su adición más si están en situación deficiente; también se revirtió la deficiencia de azufre en ese mismo tenor, en su relación con calcio y en base al testigo productor pues de registrar DN 0.24 (Cuadro1), ahora tuvo un valor de 2.85 (desbalance fisiológico, por encima del óptimo).

En base a los resultados mostrados se abre un campo prometedor para el carbonato de calcio aplicado al suelo en manzano para mejorar el estado de calcio y su relación conjunta con los demás cationes, así como individual para el resto de los nutrientes, con un efecto moderador en ambos casos. Estos resultados deberán integrarse al análisis del contenido nutricional en hoja y fruto, con la calidad en cosecha y postcosecha, producción y su consistencia a través del tiempo, pues se espera que bajo un suplemento continuo a través de los años equilibre el contenido nutricional, con mayor rendimiento, calidad de fruto y su capacidad de conservación.

### CONCLUSIONES

Aun cuando la influencia del carbonato de calcio se hace evidente cuando se evalúa en el contexto testigo productor, su efecto se hace más evidente a partir de la aplicación de 2 toneladas por hectárea.

Es aconsejable además del carbonato de calcio incluir enmiendas orgánicas debido a un uso más intensivo de la materia orgánica disponible en el suelo.

El verdadero trasfondo de las relaciones de los cationes debe ir más allá de la comparación de manera individual y entre parejas, pues claro está que deben guardar una relación entre todos ellos.

Se registró un desbalance de calcio y potasio conjunta e individual con respecto a magnesio, más intensa para potasio; cuando se contextualizó con respecto al testigo productor, el magnesio emergió como factor crítico.

El efecto del carbonato de calcio sobre las relaciones nutricionales Ca/nutriente tuvo un efecto moderador en aquellos que se encontraron a un nivel alto Zn, P, Mn y Cu. En ese orden, por lo que se debe considerar su adición en caso de tener un contenido óptimo y más cuando se tengan niveles deficientes.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abdi, Gh., M. Khosh-Khui and S. Eshghi. 2006. Effects of natural zeolite on growth and flowering of strawberry (*Fragaria x ananassa*Duch.). Int. J. Agric. Res. 1(4):384-389.
- Casero, T., A. L. Benavides and I. Recasens. 2009. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothee' apple quality. J. Plant Nutr. 33:27-37.
- Casero, T., I. Recasens, V. Carrasco y F. Xucla. 1999. Dinámica de acumulación de nutrientes en manzana. Prod. Prot.Veg. 14(3):465-473.
- Castellanos, J.Z., Uvalle-Bueno, J.X., Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas, colección INCAPA, 2ª. Edición.
- Eckert, D.J. y E.O. McLean. 1981. Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops: I. Growth chamber studies. Agon. J. 75:795-799.
- Fallahi, E., W. S. Conway, K. D. Hickey and C. E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. Hortscience. 32(5):831-835.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons, USA.
- Guerra M. and P. A. Casquero. 2010. Summer pruning: An ecological alternative to postharvest calcium treatment to improve storability of high quality apple cv. 'Reinette du Canada' Food Sci. Technol. Int. 16:343-350.
- Herrera, E. 1996. Manual del Nogal Pecanero. Servicio cooperativo de extensión agrícola. Universidad Estatal d Nuevo México, Las Cruces. Guía H-602:70-76.

- Hopper, L.J. 1967. The uptake of magnesium by herbage and its relationship with soil analysis data. P 160-173. En: Soil potassium and magnesium. Tech. Bull. 14 Her Majesty's Stationary Office, London.
- Hossain, A. K. M. Z., H. Koyama and T. Hara. 2005. Sugar compositions and molecular mass distributions of hemicellulosic polysaccharides in wheat plants under aluminum stress at higher level of calcium supply. *Asian J. Plant Sci.* 4:11-16.
- Lehninger A. L. 1991. *Bioquímica*. Ediciones Omega, S. A. México
- Naeem, M., M. Masroor A. Khan and J. B. Morris. 2009. Agrobotanical attributes, nitrogen-fixation, enzyme activities and nutraceuticals of Hyacinth Bean (*Lablab purpureus* L.): A Bio-functional medicinal legume. *Am. J. Plant Physiol.* 4(2):58-69.
- Olson, R.A., K.D. Frank, P.H. Grabouski and G.W. Rehm. 1982. Economic and agronomic impacts of varied philosophies of soil testing. *Agron. J.* 74:492-499.
- Pervaiz, Z., M. Afzal, S. Xi, Y. Xiaoe and L. Ancheng. 2002. Physiological parameters of salt tolerance in wheat. *Asian J. Plant Sci.* 1(4):478-481.
- Soliva-Fortuny, R. C., G. Oms-Oliu and O. Martín-Belloso. 2002. *J. Food Sci.* 67(5): 1958-1963.
- Soto P. J. M., Manjarrez D. C. B., Sánchez Ch. E., Piña R. F. J., Flores P. J.B., Yáñez M. R. M., Basurto S. M., Pérez L. R. 2014. Enmiendas, Nutrientes y Reguladores de Crecimiento para Mejorar Calidad de la Manzana. En: *Nutrición Mineral de las Plantas: Nuevos Retos en la Producción, Calidad Alimentaria y Sustentabilidad*. Editores Esteban Sánchez Chávez, Pablo Preciado Rangel, Luis Romero Monreal, José Luis García Hernández, Juan Manuel Soto Parra, Mónica Liliana García Bañuelos. Granada España.
- Soto P. J. M., Uvalle B. J. X., Sánchez Ch. E., Yáñez M. R. M., Montes D. F. 2003. Diagnóstico Diferencial Integrado: Una Herramienta para el Uso Racional de los Fertilizantes. In: 1<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal – Agrolatino, “Fertilización, Rentabilidad y Medio Ambiente”. Suplemento de *Fruticultura Profesional* No. 139. Extraordinario 2003:152-156.
- Tomala, K., 1997. Orchard factors affecting nutrient content and fruit quality. *Acta Hort.* 448: 257-264.
- Uvalle-Bueno J. X., Alcalde-Blanco S., Kick H. 1995. *Fundamento Fisiológico del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI)*. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas. México.
- Uvalle-Bueno, J.X. 2000. *Diagnosis. Análisis de Agua, Suelo y Planta, su interpretación y Utilidad agrícola*. Hermosillo, Sonora, México.
- Van der Boon, J. 1980. Prediction and control of bitter pit in apples. I. Prediction based on mineral leaf composition, cropping levels and summer temperatures. *J.Hort. Sci.* 55(3): 307-312.
- Varela, P., A. Salvador and S. Fiszman. 2005. Shelf-life estimation of 'Fuji' apples: Sensory characteristics and consumer acceptability. *Postharvest Biol.Tec.* 38:18-24.
- Velasco, M.H.A. 1991. *Uso y Manejo del Suelo*. Ed. Limusa.

---

## APLICACIONES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS E INORGÁNICAS EN GRANADO (*Punica granatum* L.) 'WONDERFUL': CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJA

**Rosa María Yáñez Muñoz<sup>1\*</sup>; Juan Manuel Soto Parra<sup>1</sup>; Esteban Sánchez Chávez<sup>2</sup>; Linda Citlally Noperi Mosqueda<sup>1</sup>; Angélica Acevedo Barrera<sup>1</sup>; Ramona Pérez Leal<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chih., México.

<sup>2</sup> Investigador Titular. Centro de Investigación en Alimentos y desarrollo. Unidad Delicias. Delicias, Chih., México.

Autor de correspondencia: [rosky1388@gmail.com](mailto:rosky1388@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Rajaei & Yazdanpanah (2015) caracterizan al granado (*Punica granatum* L.) como un árbol de porte pequeño perteneciente a la familia Lythraceae, que ha tomado gran relevancia en los últimos años, por ser considerado un alimento funcional, debido a sus propiedades, ya que su fruto se caracteriza por ser rico en antioxidantes, minerales y vitaminas. Además, el cultivo representa una alternativa en condiciones marginales y con baja oferta hídrica (Carpio, 2013). Según Martínez et al. (2004) el granado presenta alta variabilidad, resultando útil para realizar estudios nutricionales.

La producción mundial actual de granada no se conoce con precisión, pero previamente se ha estimado en aproximadamente 3 millones t año<sup>-1</sup> con 300,000 ha en producción (Hernández, *et al.*, 2012); el valor total del cultivo se desconoce. El cultivo de la granada variedad 'Wonderful' se produce en muchas regiones y es el estándar de la industria para Estados Unidos e Israel (Holanda y Bar-Ya'akov, 2008). 'Wonderful' es una planta vigorosa con la capacidad de producir grandes rendimientos (Levin, 2006) con fruta grande con un exocarpio y jugo rojo oscuro que sus parámetros se ajustan al mercado para ser comercializados en fresco y jugo concentrado (Stover y Mercure, 2007).

Los nutrientes minerales, tienen funciones esenciales y específicas en el metabolismo de las plantas como activadores de reacciones enzimáticas, osmorreguladores y constituyentes de estructuras orgánicas (Latsague, *et al.*, 2014). Aunque la fertilización mineral en el suelo es la estrategia más utilizada para mejorar la producción y la calidad de los cultivos, este tipo de fertilización a largo plazo no será el más efectivo para mantener la fertilidad y el equilibrio del suelo (Cucci, *et al.* 2019). Por su parte, las aplicaciones de fertilizantes orgánicos pueden mejorar las propiedades físicas, la actividad biológica, la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos, aunque la disponibilidad de nutrientes es más lenta (Zaragaoza, *et al.* 2011; Marquez, *et al.* 2010; Bastida, *et al.* 2017). A su vez la aplicación de hongos micorrízicos ayuda a mejorar la absorción de nutrientes (Tarango, *et al.*, 2009).

Tanto los métodos de fertilización mineral como los orgánicos se caracterizan por sus ventajas y desventajas, en las que se ha mantenido un animado debate durante mucho tiempo. Actualmente, se prefiere la fertilización orgánica con bajo aporte químico (Cucci, *et al.*, 2019).

La mayoría de los productores de granada aplican fertilizantes inorgánicos al voleo (Glozer y Ferguson, 2008) o fertirrigación (Blumenfeld, *et al.*, 2000). Aunque en los árboles frutales hace un uso generalizado de las aplicaciones de nutrientes foliares para corregir las deficiencias de los mismos, aumentar el rendimiento y corregir o prevenir desordenes fisiológicos, hay poca evidencia publicada de productores de granada que utilicen

aplicaciones foliares de nutrientes, excepto las aplicaciones de  $ZnSO_4$  para corregir deficiencias de Zn (Glozer y Ferguson, 2008; Stover y Mercure, 2007).

Sin embargo, estudios sobre el manejo nutricional del granado con fertilizantes orgánicos e inorgánicos son muy limitados a nivel mundial. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de la materia orgánica y fertilizantes inorgánicos sobre el estado nutricional del granado, con el propósito de sentar las bases para una producción y rendimiento sostenido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área experimental y tratamientos

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo 2017, en el municipio de Coyame, Chihuahua, México, en árboles de granado 'Wonderful', plantados en 2016, con una distancia de plantación de 5.0 x 2.5 m (800 árboles por hectárea). El clima de la región es desértico, árido y extremo; con una temperatura máxima de 43°C y una mínima de -15°C. La precipitación pluvial media anual es de 307.3 milímetros, con una humedad relativa de 45% y un promedio de 45 días de lluvia, ubicado a una latitud norte 29°28"<sup>TM</sup>, longitud oeste 105°06"<sup>TM</sup>; con una altitud de 1,220 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Guadalupe, al este con Ojinaga, al sur con Aldama y Ojinaga y al oeste con Aldama y Ahumada. El municipio tiene una distancia aproximada a la capital del estado de 143 kilómetros (INIFAP, 2018). El tipo de suelo que predomina es el Calcisol, las propiedades físico-químicas fueron las siguientes: pH 7.71, conductividad eléctrica (C.E) 1.70 dS m<sup>-1</sup>, contenido de materia orgánica (M.O.) 0.85%, para los macronutrientes los valores fueron: Nitrógeno (N) 112.50 kg ha<sup>-1</sup>, Fósforo (P) 3.00 mg kg<sup>-1</sup>, Potasio (K) 362.5 mg kg<sup>-1</sup>, Calcio (Ca) 5312.5 mg kg<sup>-1</sup>, Magnesio (Mg) 275.0 mg kg<sup>-1</sup>, y para micronutrientes fueron: Hierro (Fe) 2.32 mg kg<sup>-1</sup>, Manganeso (Mn) 1.60 mg kg<sup>-1</sup>, Cobre (Cu) 0.20 mg kg<sup>-1</sup>.

Las fuentes empleadas fueron: Humus de lombriz sólido, OptiHumus<sup>MR</sup>, (pH 8.12, C.E. 10.18 ds m<sup>-1</sup>, Relación C/N 6.57, composición en porcentajes: M.O. 21.70, C 12.59, N 1.91, P 0.96, K 1.68, Ca 3.52, Mg 1.35, Na 0.27; en mg kg<sup>-1</sup>: Fe 11850.29, Mn 458.80, Zn 173.65, Cu 34.04, B 164.74.); Humus líquido de lombriz, (pH 8.20, C.E. 4.06 ds m<sup>-1</sup>, Relación C/N 3.13, composición en porcentajes: M.O. 0.11, C 0.06, N 0.02, P 0.13, K 0.13, Ca 0.01, Mg 0.004, Sodio (Na) 0.02; en mg kg<sup>-1</sup>: Hierro (Fe) 3.70, Manganeso (Mn) 1.10, Zinc (Zn) 0.11, Cobre (Cu) 0.60, Boro (B) 7.33); Potasio (K) ( $K_2SO_4$  Sulfato de Potasio SOP51 Ultrasol SQM, 51.0% K<sub>2</sub>O, S 18.0%, pH en Solución al 10% 5.0, Solubilidad a 20 °C 11,14 g/100ml; Calcio (Ca) (sulfato de calcio Solugyp<sup>MR</sup>, 31.31% CaO, 17.0% S), AlgaEnzims (Potenciador orgánico de uso foliar y al suelo, extracto de algas marinas Palau Bloquim, composición en porcentajes: Acondicionadores inherentes a las algas marinas, 93.84; Materia Orgánica (Material Algáceo) 4.15; Proteína 1.14; fibra cruda 0.43; Cenizas 0.28; Azúcares 0.13%; grasas 0.03; Nitrógeno (N) 1.45, Fósforo (P) 0.075, Potasio (K) 1.48, Calcio (Ca) 0.062, Magnesio (Mg) 0.132, Sodio (Na) 1.36; Hierro (Fe) 0.44, Manganeso (Mn) 0.0072, Zinc (Zn) 0.505, Cobre (Cu) 0.0147, Silicio (Si) 0.0004; Micorrizas (Sehumic-Vam<sup>MR</sup>, *Acualospora scobiculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. geosporum* con 20,000 esporas viables Kg<sup>-1</sup>). La evaluación de la investigación se realizó en base a los parámetros del contenido nutricional foliar macro y micronutrientes.

### Contenido nutricional foliar

La concentración de nitrógeno total (Nt) se cuantificó por el método micro-kjeldhal (Bremner y Mulvaney, 1982). El N-NO<sub>3</sub> por el método de Brucina y espectrofotometría UV-visible (APHA, 1992), Para los iones de K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn la muestra se sometió a digestión ácida (Cottenie, 1994) y sus concentraciones fueron obtenidas por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un equipo Perkin Elmer (modelo AAnalyst 100). Para la determinación de P, las muestras se sometieron a digestión ácida (Cottenie, 1994) y recuperación con vanadato-molibdeno de amonio y sus concentraciones se obtuvieron en un espectrofotómetro ultravioleta visible en un equipo modelo Spectronic® Genesys 5. Para la determinación de NO<sub>3</sub><sup>=</sup>, las muestras se sometieron a sequedad y posteriormente se recupera con brucina al 4% (Romiti. N. A. 1951) y sus concentraciones se obtuvieron en un espectrofotómetro ultravioleta visible en un equipo modelo Spectronic® Genesys 5.

### Análisis estadístico

Se utilizó una estructura Taguchi L25 para 6 factores y 5 niveles para cada factor (Tabla 1) con los que se formaron 25 tratamientos con tres repeticiones, cada repetición consistió de un árbol (Tabla 2).

Tabla 1. Factores y niveles de aplicación estructura Taguchi L25, fertilización orgánica, mineral y micorrizas en granado 2017. Coyame, Chih.

Taguchi L25, 6 repeticiones						
Factores / Niveles						
Concentración X	kg ha <sup>-1</sup>				L	
	HUM_LOMB	LIX_LOMB	CaSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Algas_M	Micorrizas
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	150.0	75.0	25.0	3.0	0.50	1.5
5	750.0	375.0	125.0	15.0	2.50	7.5
10	1500.0	750.0	250.0	30.0	5.00	15.0
20	3000.0	1500.0	500.0	60.0	10.00	30.0
<b>Media Simple</b>	<b>1500.0</b>	<b>750.0</b>	<b>250.0</b>	<b>30.0</b>	<b>5.0</b>	<b>15.0</b>

Elemento

20.14	42.34
-------	-------

Tabla 2. Distribución de los tratamientos acotados por el arreglo Taguchi L25

Trat	Material comercial ha <sup>-1</sup>					
	kg					g
	HUM_LOMB	LIX_LOMB	CaSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Algas	Micorrizas
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	75.0	25.0	3.0	0.5	1.5
3	0.0	375.0	125.0	15.0	2.5	7.5
4	0.0	750.0	250.0	30.0	5.0	15.0
5	0.0	1500.0	500.0	60.0	10.0	30.0
6	150.0	0.0	25.0	15.0	5.0	30.0
7	150.0	75.0	125.0	30.0	10.0	0.0
8	150.0	375.0	250.0	60.0	0.0	1.5
9	150.0	750.0	500.0	0.0	0.5	7.5
10	150.0	1500.0	0.0	3.0	2.5	15.0
11	750.0	0.0	125.0	60.0	0.5	15.0
12	750.0	75.0	250.0	0.0	2.5	30.0
13	750.0	375.0	500.0	3.0	5.0	0.0
14	750.0	750.0	0.0	15.0	10.0	1.5
15	750.0	1500.0	25.0	30.0	0.0	7.5
16	1500.0	0.0	250.0	3.0	10.0	7.5
17	1500.0	75.0	500.0	15.0	0.0	15.0
18	1500.0	375.0	0.0	30.0	0.5	30.0
19	1500.0	750.0	25.0	60.0	2.5	0.0
20	1500.0	1500.0	125.0	0.0	5.0	1.5
21	3000.0	0.0	500.0	30.0	2.5	1.5
22	3000.0	75.0	0.0	60.0	5.0	7.5
23	3000.0	375.0	25.0	0.0	10.0	15.0
24	3000.0	750.0	125.0	3.0	0.0	30.0
25	3000.0	1500.0	250.0	15.0	0.5	0.0
Suma ha	27000.0	13500.0	4500.0	540.0	90.0	270.0

La composta y el humus de lombriz se aplicaron al voleo, mientras que los hongos micorrízicos se distribuyeron en cuatro orificios de 10-15 cm de profundidad alrededor del área de goteo del árbol, concordando con los puntos cardinales, el CaSO<sub>4</sub> y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fueron aplicados en banda a una profundidad de 10 cm

### Superficie de respuesta

El análisis de superficie de respuesta contempló los siguientes pasos: 1) ajuste del modelo y análisis de varianza para estimar los parámetros. La superficie estimada será típicamente curvada, una colina cuyo pico ocurre en el en el único punto estimado de máxima respuesta, un valle o una superficie en forma de silla (saddle) sin ningún máximo o mínimo; se determina a) si los tipos de efectos son lineales, cuadráticos o de productos cruzados, que tanto del error residual es debida a la falta de ajuste y cuál es la contribución de cada factor en el ajuste estadístico; 2) correlación canónica para investigar la forma de la superficie de respuesta predicha, se calcula si el punto fijo es un máximo, un mínimo o un punto silla (saddle) y cuál factor o factores son las respuestas predichas más sensibles y 3) análisis de cordillera (ridge) para la búsqueda de la óptima respuesta. Los eigenvalores y eigenvectores del análisis canónico caracterizan la forma de la superficie de respuesta; los eigenvalores señalan la dirección de la principal orientación de la superficie, y los signos y magnitudes de los eighenvectores asociados proporcionan la forma de la superficie en esas direcciones. Eigenvalores positivos indican direcciones de la curvatura hacia arriba y eigenvalores negativos indican direcciones de la curvatura hacia abajo. EL eigenvector para el eigenvalor más grande da la dirección de ascenso pronunciado a partir del punto fijo, si es positivo, o descenso pronunciado, si es negativo. Los eigenvectores correspondientes a eigenvalores pequeños o cero señalan direcciones de aplanado relativo. Para determinar si la solución es un máximo o mínimo, se observa el signo de los eigenvalores: Si los



eigenvalores son todos negativos la solución es un máximo; si son todos positivos la solución es un mínimo, si tienen signos mezclados es un punto silla (saddle) y si contienen ceros la solución es un área aplanada.

#### **Ponderación de factores y variables**

Dada la estructura factorial Taguchi L25 para la generación de tratamientos, el análisis estadístico se realizó mediante superficie de respuesta lineal y cuadrática completa, ajustando la superficie para determinar los niveles de los factores para respuesta óptima. Dicha técnica se emplea cuando cada factor tiene tres o más niveles; se estima una superficie de respuesta por regresión con el método de mínimos cuadrados; para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., SAS/STAT Software: Usage and Reference, Version 6, First Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989).

El análisis para cada variable de respuesta incluyó tres etapas: 1) Análisis de la regresión y la contribución de cada factor al ajuste de la regresión; 2) análisis canónico de la superficie de respuesta para determinar la forma de la curva de aquellos factores que tuvieron respuesta significativa lineal, cuadrática e interacción de factores y 3) los valores predichos según se haya seleccionado la respuesta mínima o máxima de acuerdo con el rango original de los datos; se determina así mismo el porcentaje de incremento o decremento de la variable de respuesta y de cada uno de los factores para alcanzar el máximo o mínimo valor requerido.

Entonces, se resume el comportamiento de todas las variables de respuesta (agrupadas o no por categorías) en un cuadro donde se especifican los factores y la media simple para cada uno de ellos, se toman los eigenvalores resultantes expresados como porcentajes de la media, positivos o negativos según sea el caso; la contribución de los eigenvectores se expresa con signos redondeados a partir de 0.25 (es decir se parte del primer cuartil o mayor) tal que  $0.2501 \leq + \leq 0.3749$ ,  $0.3750 \leq ++ \leq 0.6249$ ,  $0.6250 \leq +++ \leq 0.8749$ ,  $++++ > 0.8750$ , lo mismo sería para el caso de eigenvectores negativos, de esta manera se pondera cuales factores son los que más influyen en esa variable.

Se obtiene la frecuencia de signos para cada eigenvalor y el total para los eigenvalores presentes, este total se multiplican por 0.20 (se seleccionan aquellos factores cuya frecuencia de signos sea mayor al 20% de los signos observados indistintamente positivos o negativos), posteriormente se obtiene el total de signos positivos y negativos, puesto que los eigenvectores positivos son considerablemente mayores a aquellos negativos, se seleccionarán aquellos factores de mayor peso cuya frecuencia de signos (coeficiente de eigenvectores) sea mayor al 0.20, para seleccionar aquellos factores de mayor peso de manera general para todas las variables de respuesta; de los factores seleccionados se obtiene la dosis máxima observada (siempre y cuando hayan sido seleccionados dentro de cada variable de respuesta). Un subsecuente análisis para apoyar la discusión estará conformado por la superficie de respuesta gráfica (lineal, cuadrática e interacción que hayan resultado significativas), de esta manera se calcula si los factores son independientes, presentan sinergismo o antagonismo y con ello se obtendrá el factor o factores más críticos de manera general para el estudio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Contenido nutricional foliar para macronutrientes**

El análisis nutricional foliar es el método más adecuado para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y evaluar la disponibilidad de reservas de la planta (Legaz *et al.*, 1995). El nitrógeno (N) es el elemento mineral que las plantas requieren en grandes cantidades y es considerado el nutriente limitante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Antal *et al.*, 2010).

En el Cuadro 1 se observa que la media para la variable de Nitrógeno fue de 2.05%, sin embargo, el rango de datos fluctuó de 1.21 a 2.49%, para llegar al nivel máximo del % de N, existe una respuesta significativa del N, incrementando principalmente la aplicación de AlgaEnzims con un 8.5 L ha<sup>-1</sup>, el Humus-líquido a 945.9 L ha<sup>-1</sup>, CaSO<sub>4</sub> a 262.3 Kg ha<sup>-1</sup>, y 15.6 Kg ha<sup>-1</sup> de Micorrizas, así como una interacción de Humus Liquido-AlgaEnzims, aumenta el % de N hasta un 2.49%. así como algunos factores incrementan para alcanzar el máximo de N, otros disminuyen como es el Humus sólido de la media simple de 1500.0 a 676.0 Kg Ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 30 a 18.4 Kg ha<sup>-1</sup>. En otro experimento realizado por Zuoping *et al.* (2014), se encontró respuesta a la aplicación de NPK en combinación con el humus.

Cuadro 1. Contenido nutricional foliar para nitrógeno total en granado tratado con materia orgánica, nutriente y microorganismos promotores del desarrollo vegetal. 2017

Regresión		Factores kg - L ha <sup>-1</sup>					
		Hum_sol	Hum_liq	CaSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	AlgaEnzims	Micorrizas
Lineal (L)	0.3092 <sup>V</sup>	0.2160 <sup>V</sup>	0.2899	0.2564	0.2164	0.2152	0.7260
Cuadrática(C)	0.7951	C <sup>X</sup>		L			
Productos	0.2848	Y	AlgaE				
Modelo	0.3542						
		R <sup>2</sup> 0.9610		C.V. 5.15		μ 2.05	
Análisis canónico de la superficie de respuesta							
Predicho punto fijo	36.5885	-8614.369	2167.6413	-7334.672	740.3956	108.3507	9483.9651
Eigenvalores							
50.40		0.8303	0.0510	-0.2057	0.3423	-0.3854	-0.0013
36.39		0.3480	0.5653	-0.0467	-0.1290	0.7349	-0.0198
-11.57		-0.0729	-0.4274	-0.0660	0.7520	0.4898	-0.0472
-20.27		-0.0700	0.4126	0.7963	0.4047	-0.1618	0.0260
Valores predichos							
Nt %	Error E.	Kg - L ha <sup>-1</sup>					
1.21	0.342	1500.0	750.0	250.0	30.0	5.0	15.0
1.27	0.346	1496.0	785.4	241.9	28.9	5.4	15.2
1.33	0.349	1476.9	823.0	238.2	27.9	5.7	15.4
1.41	0.349	1436.9	857.2	237.4	26.8	6.2	15.5
1.51	0.342	1371.7	885.6	238.6	25.7	6.6	15.5
1.63	0.328	1282.6	907.1	241.5	24.5	6.9	15.5
1.76	0.306	1175.3	922.3	245.4	23.3	7.3	15.5
1.91	0.281	1056.8	932.6	250.0	22.0	7.6	15.6
2.08	0.253	932.3	939.3	254.9	20.8	7.9	15.6
2.27	0.229	804.9	943.5	260.0	19.6	8.2	15.6
2.49	0.214	676.0	945.9	262.3	18.4	8.5	15.6
Porcentaje de incremento (+) decremento (-) con respecto a la media simple							
+105.8		-54.9	+26.1	+6.1	-38.5	+69.0	+3.8

<sup>U</sup>Superficie de respuesta máxima, análisis de cordillera (Ridge). μ Media general, C.V. Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación. <sup>V</sup>Probabilidad de F: Pr ≥ 0.05 No significativo, Significativo 0.05 ≤ Pr ≤ 0.01, altamente significativo Pr ≤ 0.01. <sup>X</sup>Respuesta (Pr > |t|) significativa lineal (L), cuadrática (C); <sup>Y</sup>Productos significativos de ese factor con el resto. Fuentes: Hum\_Sol Humus de lombriz sólido (OptiHumus<sup>MR</sup>), pH 8.12, CE 10.16 dS m<sup>-1</sup>, M.O. 21.70%, C 12.59%, relación C/N 6.57, Nt 1.91%, P 0.96%, K 1.68%, Ca 3.52%, Mg 1.35%, Na 0.27%, Cu 34.04 mg L<sup>-1</sup>, Fe 11850.3 mg L<sup>-1</sup>, Mn 458.8 mg L<sup>-1</sup>, Zn 173.7 mg L<sup>-1</sup>, B 164.7 mg L<sup>-1</sup>; Hum\_Liq Humus de Lombriz liquido (OptiHumus<sup>MR</sup>) pH 8.20, CE 4.06 dS m<sup>-1</sup>, M.O. 0.11%, C 0.06%, relación C/N 3.13, Nt 0.02%, P 0.01%, K 0.13%, Ca 0.01%, Mg 0.004%, Na 0.02%, Cu 0.60 mg L<sup>-1</sup>, Fe 3.70 mg L<sup>-1</sup>, Mn 1.10 mg L<sup>-1</sup>, Zn 0.11 mg L<sup>-1</sup>, B 7.33 mg L<sup>-1</sup>; CaSO<sub>4</sub>\_S (SoluGYp) 0.3131 CaO, 0.0072 MgO, 0.0013 SiO<sub>2</sub>, 0.0021 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.0012 K<sub>2</sub>O; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Sulfato de potasio SOP51 Ultrasol SQM, 0-0-51-18, 51% K<sub>2</sub>O; AlgaEnzims, extractos de algas marinas Palau Bloquim, contenido % M.O. 4.15, proteína 1.14, fibra cruda 0.43, cenizas 0.28, azúcares 0.13, grasas 0.03, K 1.48, N 1.45, Na 1.37, Mg 0.132, P 0.075, Ca 0.062, Zn 0.0505, Fe 0.044, Co 0.0275, Cu 0.0147, Mn 0.0072, Si 0.0004; Micorrizas (Sehumic-Vam<sup>MR</sup>, *Acaulospora scobiculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. geosporum* con 20,000 esporas viables kg<sup>-1</sup>). Valores críticos en grises son los eigenvectores de mayor peso para ese eigenvalor. <sup>Z</sup>Valores en negrillas corresponden a la media simple para ese factor.

Los factores que mayor impacto tuvieron en la variable de Nitrógeno fueron AlgaEnzims, Humus líquido y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Esto nos indica que los niveles óptimos para obtener un porcentaje máximo en el contenido de N al 2.49%, fueron 676.0 Kg ha<sup>-1</sup> de Humus sólido, 945.9 L ha<sup>-1</sup> de Humus líquido, 262.3 Kg ha<sup>-1</sup> de CaSO<sub>4</sub>, 18.4 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 8.5 L ha<sup>-1</sup> de Alga Enzimas y por último 15.6 Kg ha<sup>-1</sup> de Micorrizas (Cuadro 1), García (2011) observó que en huertos en producción de granado alcanzaron valores promedio de 3,0% N en hojas jóvenes.

En estudios previos se observó que se presenta una correlación lineal positiva entre las concentraciones de N aplicadas y la concentración de N en la hoja en granada (Hasani *et al.*, 2016).

En nuestra investigación, se encontraron diferencias significativas en el análisis nutricional foliar por efecto de aplicación de las diferentes dosis de composta complementada con los fertilizantes inorgánicos y micorrizas, tanto para macronutrientes (N, Mg), como para micronutrientes (Cu, Fe, Mn, y Zn) (cuadros 2 y 3).

En el Cuadro 2 se observa el resumen de los resultados del análisis estadístico. Para las variables de macronutrientes, donde la media para N fue de 2.05%, P 0.169%, K 0.86%, Ca 1.67%, Mg 0.26%, Na 0.0108% y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 2148.9 mg kg<sup>-1</sup>, Otros estudios reportan las siguientes concentraciones N 1.96%, P 0.11%, K 0.73%, Ca 1.54%, Mg 0.30% y Na 0.0096% (Melgarejo *et al.* 2003). Giménez, *et al.* (1998), mostró los siguientes valores en la variedad 'Wonderful' N 1.89%, P 0.16%, K 1.00%, Ca 3.10%, Mg 0.24. En otro estudio en la variedad 'Hicaz Nar' (Korkmaz y Askin, 2015) encontraron los siguientes valores nutricionales N 1.66%, P 0.085%, K 0.82%, Ca 3.25%, Mg 1.10%

Se observa que la <sup>Y</sup>Frecuencia total observada para esa variable, se multiplica por el 20% para seleccionar los factores de mayor peso; <sup>Z</sup>Frecuencia total para el conjunto de variables, se seleccionan aquellos variables y factores con un subtotal igual o mayor al 20%, indicándonos con esto que las variables de mayor peso fueron N ≥ 26 y Mg ≥ 29. Los principales factores que influyeron en la variable de N son: AlgaEnzims, Humus líquido, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, así como la interacción de Humus Líquido-AlgaEnzims.

Cuadro 2. Resumen del contenido nutricional foliar para macronutrientes en granado tratado con materia orgánica, nutrientes y microorganismos promotores del desarrollo vegetal. 2017

Eigenvalores	Hum_sol 1500.0	Hum_liq 750.0	CaSO <sub>4</sub> 250.0 <sup>T</sup>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30.0	AlgaEnzims 5.0	Micorrizas 15.0	Eigenvalores Total, Frec. +/-
Nitrógeno 2.05 (1.21 – 2.49%)							
50.4 <sup>U</sup>	+++ <sup>W</sup>			+	--		6 4 / 2
36.4	+	++			+++		6 6 / 0
-11.6		--		+++	++		7 5 / 2
-20.3		++	+++	++			7 7 / 0
Frecuencia	4	6	3	6	7	0	26 <sup>Y</sup> 20 / 4
Kg - L ha <sup>-1</sup>	676.0	945.9	262.3	18.4	8.5	15.6	Selección ≥ 5
Regresión	C	AlgaE	L				
Nitratos μ 2148.9 (4419.7 – 1295.3 mg kg <sup>-1</sup> )							
193.6		+++				++	5 5 / 0
-91.2	+++	--		+	-	++	9 6 / 3
-186.5			++	+	+++		6 6 / 0
Frecuencia	3	5	2	2	4	4	20 17 / 3
Kg - L ha <sup>-1</sup>	1405.1	617.2	317.8	33.3	6.8	13.8	Selección ≥ 4
Regresión							
Fósforo μ 0.169 (0.279 – 0.156%)							
28.8		+++	++			++	7 7 / 0
-54.3	+++		-		-		5 3 / 2
Frecuencia	3	3	3	0	1	2	12 10 / 2
Kg – L ha <sup>-1</sup>	1500.0	750.0	250.0	30.0	5.0	15.0	Selección ≥ 2
Regresión	C	CaSO <sub>4</sub>		C			
	CaSO <sub>4</sub>	Mico					
Potasio μ 0.86 (0.57 – 1.06%)							
68.3		--	+++	+	++		8 6 / 2
56.2	+++	+		+	++		7 7 / 0
-54.1		+++	++			+	6 6 / 0
Frecuencia	3	6	5	2	4	1	21 19 / 2

Kg - L ha <sup>-1</sup>	243.9	1142.5	214.1	29.0	5.1	14.2	Selección ≥ 4	
Regresión	C	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	C				
	Hum_líquido			AlgaE				
	AlgaE							
Calcio μ 1.67 (1.39 – 3.83%)								
68.3		--	+++	+	++		8	6 / 2
56.2	+++	+		+	++		7	7 / 0
-54.1		+++	++			+	6	6 / 0
Frecuencia	3	6	5	2	4		21	19 / 2
Kg - L ha <sup>-1</sup>	1888.0	557.0	350.5	43.0	8.6	15.8	Selección ≥ 4	
Regresión	L, C	L	C	L, C	L, C	L		
	CaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	AlgaE					
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Mico						
Magnesio μ 0.26 (0.19 – 0.33%)								
30.2	++	---				++	7	4 / 3
26.7	--		++	+	++		7	5 / 2
-10.4			--	+++		++	7	5 / 2
-22.7	+	++	++			+++	8	8 / 0
Frecuencia	5	5	6	4	2	7	29	22 / 7
Kg - L ha <sup>-1</sup>	1673.8	76.0	305.8	36.9	6.1	17.5	Selección ≥ 6	
Regresión	L, C	L, C	L, C	L, C	L, C	L		
	Hum_líquido	CaSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	AlgaE				
	CaSO <sub>4</sub>	Mico	AlgaE					
	AlgaE							
Sodio μ 0.0108 (0.0128 – 0.0082%)								
30.6	+		+	+++	++		7	7 / 0
-28.7	--	+++	++				7	5 / 2
Frecuencia	3	3	3	3	2	0	14	12 / 2
Kg - L ha <sup>-1</sup>	614.4	1286.2	320.6	25.2	4.2	13.8	Selección ≥ 3	
Regresión								
<b>Resumen</b>								
Subtotal	24	34	27	19	24	15	143	143
Selección	2 / 7	6 / 7	5 / 7	2 / 7	5 / 6	3 / 7	Total, prop.+ / -	
Proporción+/-	20 / 4	23 / 11	24 / 3	19 / 0	20 / 4	15 / 0	121 <sup>2</sup> / 22	
Promotor %	83.3	67.6	88.9	100.0	83.3	100.0	<b>Selección ≥ 24</b>	
Supresor %	16.7	32.4	11.1	0.0	16.7	0.0		
Máximo	1500.0	1286.2	350.5		8.6			

<sup>T</sup>Media simple niveles de los factores; <sup>U</sup>Eigenvalores expresados como porcentaje de la media de la variable respuesta; <sup>V</sup>Rango; <sup>W</sup>Cada signo corresponde a múltiplos de 0.25 redondeado al cuarto más cercano; <sup>Y</sup>Frecuencia total observada para esa variable, se multiplica por el 20% para seleccionar los factores de mayor peso; <sup>Z</sup>Frecuencia total para el conjunto de variables, se seleccionan aquellos variables y factores con un subtotal igual o mayor al 20%. Intervalo nutricional entre paréntesis, negrillas por debajo del rango óptimo, subrayado por encima del rango óptimo, de otra manera suficiente; regresión L lineal, C cuadrática, factores como interacción.

Marathe, *et al.* (2017) mencionan que los incrementos en el contenido de N, P, K y Mg en hoja, disminuyen el contenido de Zn y Mn conforme se incrementaba la dosis de aplicación de fertilizantes de N, P, K para el caso de granado variedad 'Arabi'. En este estudio se observa que el K ayuda que el N se encuentre en nivel optimos en cultivo de granado, por lo contrario (Plesis y Koen, 1984) mencionan que la deficiencia de K incrementa el contenido de N y Mg en las hojas. La relación anatgonica entre K y N está bien establecida, disminuye la toma de N debido a que se incrementa la fertilización con K en naranjo 'Valencia'.

Las concentraciones de N en la hoja que son menores del 2% generalmente se consideran bajo en muchos árboles frutales, incluidos almendros, manzanas, albaricoque, cereza, higo, limón y durazno (Benton-Jones *et al.*, 1991). Concentraciones similares de N en hoja (en el rango de 1.73% a 1.94%) se localizan en Iran, donde existen granados cultivados en campo sin ninguna fertilización (Hasani *et al.*, 2012, 2016) o con un manejo estándar de fertilizantes (Davarpahan *et al.*, 2017). En uno de las principales áreas de cultivo de granada en Turquía, las concentraciones foliares de N en agosto fueron del 2.2%, siendo valores superiores a los encontrados por (Korkmaz y Askin, 2015).

En trabajos similares (Zaragoza *et al.*, 2011) observaron que la concentración nutrimental foliar, mostró diferencias significativas entre tratamientos para el K y para el Mg, sin diferencias para el resto de los elementos, para el caso de nogal pecanero.

El papel más conocido del magnesio (Mg) en las plantas es su presencia en el centro de la molécula de clorofila y por esto es esencial para la fotosíntesis, también está

involucrado en el metabolismo de proteínas (Mengel y Kirkby, 2001). Por lo tanto, en el Cuadro 2 se observa que la media para la variable de Magnesio fue de 0.26%, sin embargo, el rango de datos fluctuó de 0.19 a 0.33%, para llegar al nivel máximo del % de Mg, existe una respuesta significativa del Mg, incrementando principalmente la aplicación de Micorrizas 17.5 3 Kg ha<sup>-1</sup>, CaSO<sub>4</sub> a 305.8 Kg ha<sup>-1</sup>, así como una interacción de CaSO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; CaSO<sub>4</sub>-AlgaEnzims, aumenta el % de Mg hasta un 0.33%. así como algunos factores incrementan para alcanzar el máximo de Mg, otros disminuyen como es el Humus líquido de la media simple de 750.0 a 76.0 L ha<sup>-1</sup>. Por su parte, Soto, *et al.* (2016). reportaron que la aplicación de hongos micorrízicos influyó en la producción y en el aumento del contenido de materia orgánica en el suelo.

En otro experimento realizado por Hernández, *et al.* (2014) observaron que el análisis nutricional de Mg, indica para la dosis de 10 t ha<sup>-1</sup> de composta más 436 kg ha<sup>-1</sup> de 11-52-00, reflejó una dinámica nutricional mayor a las demás dosis evaluadas, siendo para la dosis de 15 t ha<sup>-1</sup> de composta más 406 kg ha<sup>-1</sup> de 11-52-00, fue la que reflejó la menor concentración en la etapa de crecimiento del fruto y en la apertura del endocarpio en pistacho.

Los micronutrientes son aquellos elementos que los cultivos requieren en bajas cantidades y su concentración en el tejido vegetal es del orden de mg kg<sup>-1</sup>. Hasta el momento, se incluyen al boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y Zinc (Zn) (Torri, *et al.*, 2014).

En el Cuadro 3 se observa el resumen de los resultados del análisis estadístico. Para las variables de micronutrientes, donde la media para Fe fue de 90.7 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 30.5 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 16.4 mg kg<sup>-1</sup>, y Cu 9.9 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que en otros estudios el contenido de Fe, Mn y Zn fue de 113.16, 74.35 y 14.07 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente en la variedad 'Ardestani' (Davarpanah, *et al.* 2018), donde el contenido de Fe y Mn se encuentran por arriba de nuestros valores.

Así como Korkmaz y Askin (2015) para Fe 97.92 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 15.0 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 11.18 mg kg<sup>-1</sup>, y Cu 11.42 mg kg<sup>-1</sup>, donde se observó que únicamente el contenido de Fe se encuentra por arriba de lo reportado aquí en este estudio, también Melgarejo, *et al* (2003) encontró Fe 143.4 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 56.6 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 50.9 mg kg<sup>-1</sup>, y Cu 18.4 mg kg<sup>-1</sup>, estas concentraciones se encuentran por arriba de las concentraciones que se obtuvieron en este estudio. <sup>2</sup>Frecuencia total para el conjunto de variables, se seleccionan aquellos variables y factores con un subtotal igual o mayor al 13%, indicándonos con esto que las variables de mayor peso fueron Fe ≥ 20, Mn ≥ 22, Zn ≥ 19 y Cu ≥ 21. Los principales factores que influyeron en la variable de Fe son: Humus líquido, CaSO<sub>4</sub>, para Mn los factores que inciden son: Humus Sólida, Humus Líquido y CaSO<sub>4</sub>, así como las interacciones de Humus Sólido con Humus líquido, CaSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y AlgaEnzims.

Cuadro 3. Resumen del contenido nutricional foliar para micronutrientes en granado tratado con materia orgánica, nutrientes y microorganismos promotores del desarrollo vegetal. 2017

Eigenvalores	Hum_sol 1500.0	Hum_líq 750.0	CaSO <sub>4</sub> 250.0 <sup>T</sup>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30.0	AlgaEnzims 5.0	Micorrizas 15.0	Eigenvalores Total, Frec. +/-
Fierro 90.7 (107.9 – 89.2 mg kg <sup>-1</sup> )							
9.9 <sup>U</sup>		+++ <sup>W</sup>	+			++	6 6 / 0
-9.3		--	++	+++		+	8 6 / 2
-16.5	+++		-		--		6 3 / 3
Frecuencia	3	5	4	3	2	3	20 <sup>Y</sup> 15 / 5
Kg - L ha <sup>-1</sup>	1500.0	750.0	250.0	30.0	5.0	15.0	Selección ≥ 4
Regresión							
Manganeso μ 30.5 (15.3 – 32.3 mg kg <sup>-1</sup> )							
39.3	--	+++			+		6 4 / 2
20.8	--	--	++		+	+	8 4 / 4
-17.0	++	+	++	+	+	+	8 8 / 0
Frecuencia	6	6	4	1	3	2	22 16 / 6
Kg - L ha <sup>-1</sup>	1769.2	80.8	188.2	24.6	3.7	13.9	Selección ≥ 4

Regresión	Hum. líq CaSO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> AlgaE	C Mico						
Zinc $\mu$ 16.4 (11.0 – 34.3 mg kg <sup>-1</sup> )								
103.5	+++		+		++		6	6 / 0
64.1	--				+++		6	4 / 2
-69.8		++	++	++			7	6 / 1
Frecuencia	5	3	3	2	6	0	19	16 / 3
Kg – L ha <sup>-1</sup>	1992.8	872.9	307.2	27.1	9.5	14.8	Selección $\geq$ 4	
Regresión	L, C	CaSO <sub>4</sub> AlgaE	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> AlgaE	L	L, C	L		
Cobre $\mu$ 9.9 (8.3 – 15.5 mg kg <sup>-1</sup> )								
41.1	+++		+		++		6	6 / 0
25.0	--		+++		+		7	4 / 3
-28.9		+++	++	++			8	7 / 1
Frecuencia	5	4	6	2	4	0	21	17 / 4
Kg – L ha <sup>-1</sup>	2059.1	775.8	366.3	30.8	9.0	15.2	Selección $\geq$ 4	
Regresión								
<b>Resumen</b>								
Subtotal	19	18	16	8	15	5	82	82
Selección	3 / 4	3 / 4	3 / 4	0 / 4	5 / 6	0 / 4	Total, prop.+ / -	
Proporción+/-	11 / 8	13 / 5	15 / 1	8 / 0	11 / 4	5 / 0	64 <sup>2</sup> / 18	
Promotor %	57.9	72.2	93.8	100.0	73.3	100.0	<b>Selección <math>\geq</math> 13</b>	
Supresor %	42.1	27.8	6.2	0.0	26.7	0.0		
Máximo	2059.1	775.8	366.3		9.5			

<sup>T</sup>Media simple niveles de los factores; <sup>U</sup>Eigenvalores expresados como porcentaje de la media de la variable respuesta; <sup>V</sup>Rango; <sup>W</sup>Cada signo corresponde a múltiplos de 0.25 redondeado al cuarto más cercano; <sup>Y</sup>Frecuencia total observada para esa variable, se multiplica por el 20% para seleccionar los factores de mayor peso; <sup>Z</sup>Frecuencia total para el conjunto de variables, se seleccionan aquellos variables y factores con un subtotal igual o mayor al 20%. Intervalo nutricional entre paréntesis, negrillas por debajo del rango óptimo, subrayado por encima del rango óptimo, de otra manera suficiente; regresión L lineal, C cuadrática, factores como interacción.

para Zn: AlgaEnzims y Humus Sólido y por ultimo para el Cu fue: CaSO<sub>4</sub>, Humus Sólido, Humus líquido y AlgaEnzims. La mayoría de los micronutrientes se encuentran asociados con enzimas que regulan distintos procesos metabólicos, principalmente la respiración (Cu, Fe, Mn, Zn), la fotosíntesis (Cu, Mn) y la síntesis de clorofila (Cu, Fe, Zn). El Mn interviene, además, en el proceso de regulación enzimático y la permeabilidad de las membranas (Torri, *et al.*, 2014).

Si bien el desarrollo y el crecimiento de las plantas está vinculado a las respuestas de factores del medio ambiente también está altamente regulados por complejos y acción coordinada por hormonas endógenas y bioestimulantes, estos poseen la capacidad de incrementar la productividad y calidad a través de su influencia en procesos metabólicos (Rahman *et al*, 2013). Los bioestimulantes son conocidos por mejorar la apariencia y el tamaño de la fruta de granado, además de la calidad del arilo (parte acuosa) (Rahman *et al*, 2013).

El uso de extractos derivados de algas marinas en la agricultura ha tenido un crecimiento importante (Zodape *et al*, 2011). Son considerados como bioestimulantes y no como fertilizantes debido a que su preparación se diluyen con altas cantidades de agua (relaciones de 1:1000) que no permite la adición significativa de nutrientes (Briceño-Domínguez, 2011).

El principio fisiológico en el que estos productos basan su éxito es la rápida recuperación de elementos hormonales y nutricionales de los cultivos acuáticos, propiedades que se transfiere a los cultivos agrícolas mediante su aplicación (Carrera y Canacúan, 2011).

La aplicación foliar de algas marinas en el cultivo de frijol puede significar incrementos que van desde el 30-40% (Zodape *et al*, 2010; Pramanick *et al*, 2013). Por otra parte, en el cultivo de soya se han reportado incrementos de hasta 57% en su rendimiento con aplicaciones foliares de este bioestimulante (Rathore, 2009; Kumar y Sahoo, 2011).

Canales (1999) menciona que las algas marinas se aplican en la agricultura en forma de harina, extractos y polvos solubles. Algunos experimentos que se han realizado en diversos países demuestran la efectividad de las algas marinas en cultivos como: el cacahuate, en el cual incrementó el volumen de semilla, el contenido de proteína; coliflor, el diámetro del florete se incrementó significativamente; en crisantemo, se redujo considerablemente la población de araña roja y de áfidos; en chile pimiento, se incrementó la absorción de B, Cu, Fe, Mn y Zn; en maíz y frijol, se obtuvieron incrementos en el rendimiento de 1.5 % y 7.7 %, respectivamente; en pepino cv. 'pepinova', el rendimiento se incrementó más de 40 %, la vida de anaquel se incrementó de 14 a 21 días y se redujo la población de araña roja; y en Tomate, se incrementó la resistencia a heladas. La aplicación de algas marinas como bioestimulantes son una tecnología muy prometedora, los resultados en su aplicación práctica son favorables, además de que son amigables con el ambiente, pues no contaminan ni son residuales.

### CONCLUSIONES

Las aportaciones de enmiendas orgánicas (HS, HL y AE), mejoraron el contenido foliar de N, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu. El uso de CaSO<sub>4</sub> influyó principalmente en la concentración nutricional de microelementos Fe, Mn, Zn y Cu. La fertilización con humus sólido, humus líquido y AlgaEnzims complementada con CaSO<sub>4</sub> se considera una buena estrategia de fertilización en granado para sentar las bases para una producción sostenible y presente beneficios al medio ambiente.

### BIBLIOGRAFÍA

- Antal, T.; Mattila, H.; Hakala-Yatkin, M.; Tyystjarvi, T. and Tyystjarvi, E. 2010. Acclimation of photosynthesis to nitrogen deficiency in *Phaseolus vulgaris*. *Planta* 232:887-898.
- APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA American Public Health Association.
- Bastida F., Torres I.F., Hernández T., García C., The impacts of organic amendments: Do they confer stability against drought on the soil microbial community?, *Soil Biology & Biochemistry*. **2017**, 113, 173-183, <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.06.012>.
- Benton Jones Jr, J., Wolf, B., Mills, H.A., 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro-Publishing, Athens, GA, U.S.A.
- Blumenfeld, A., Shaya, F., Hillel, R., 2000. Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Ser. A* 42, 143–147.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. *Methods of Soil Analysis* In: Page, A. L., R. H. Miller, D. R. Keeney (eds). *Agronomy No. 9, part 2*. 2<sup>nd</sup> edition. ASA Soil Science Society or American Books. Madison. W. I., USA. p. 495-624.
- Briceño-Domínguez, R. 2011. Producción y Evaluación de Extractor Líquidos obtenidos a partir de Alga Gigante *Macrocystis Pyrifera* (L.) C. Agardh, como estimulantes del crecimiento vegetativo. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 86pp.
- Canales, L. B. 1999. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra latinoamericana*. Vol. 17, no. 3, p.271-276.
- Carpio, C. 2013. Bases para el manejo integrado del chanchito blanco (*pseudococcus viburni*) en granado (*punica granatum*): evaluación de métodos de seguimiento y control (Tesis para optar al grado de magister) Universidad de Chile, Chile. Recuperado de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1342/1/T-SENESCYT-00468.pdf>
- Carrera, D. y Canacuán A. 2011. Efecto de tres bioestimulantes orgánicos y un químico en dos variedades de frijol arbustivo, cargabello y calima roja (*Phaseolus vulgaris* L.) en coatacachi-imbabura. Universidad Técnica del Norte Ecuador.

- Cottenie, A. 1994. Workshop on Standardization of Analytical Methods for Manure, Soil Plant and Water. Commission European Communities. FAO Soils Bulletin 38/2. pp: 28-33.
- Cucci, G., Lacolla, G., Summo, C., & Pasqualone, A. Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.). *Sci. Hortic. Amsterdam*, **2019**, *243*, 338-343, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.051>.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Sci. Hortic.* *210*, 57–64.
- Davarpanah, S; Tehranifar, A; Davarynejad, G; Mehdi A, I; Abadía, J; Khorassani, R. 2017. Effects of Foliar Nano-nitrogen and Urea Fertilizers on the Physical and Chemical Properties of Pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) Fruits. *HORTSCIENCE* *52(2)*:288–294. 2017. doi: 10.21273/HORTSCI11248-16
- Davarpanah, S; Tehranifar, A; Abadía, J; Val, J; Davarynejad, G; Aran, M; Khorassanid, R. 2018. Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punicagranatum*cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae* *230* (2018) 86–91.
- El-Rahman, A.A., A. Naira, A. Moieza. 2013. Effect of plant biostimulants on fruit cracking and quality attributes of pomegranate cv. Kandhari kabuli. *Academic journals, Scientific Research and essays*. DOI: 0.5897/SRE2013.702.
- García Gómez, K. I. 2011. Estimación de la acumulación de biomasa y extracción estacional de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio en plantas de granado (*Punica granatum* L.). Tesis Maestría en ciencias agropecuarias: Producción frutícola. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Posgrado. Santiago de Chile p.104.
- Giménez, M., Martínez, J., Oltra, M.A., Martínez, J.J., Ferrández, M., 2000. Pomegranate (*Punica granatum* L.) leaf analysis: correlation with harvest. *Options Méditerranéennes Ser. A* *42*, 179–185.
- Glozer, K., Ferguson, L., 2008. Pomegranate Production in Afghanistan. University of California, Davis. College of Agricultural and Environmental Sciences, pp. 32.
- Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G., Fatahi, R., 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. *J. Soil. Sci. Plant Nutr.* *12*, 471–480.
- Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G., Sheikh Sofla, H., 2016. Effect of foliar and soil application of urea on leaf nutrients concentrations, yield and fruit quality of pomegranate. *J. Plant Nutr.* *39*, 749–755.
- Hernández, F., Legua, P., Melgarejo-Sánchez, P., Martínez Font, R., 2012. The pomegranate tree in the world: its problems and uses. *Options Méditerranéennes Ser. A* *103*, 11–26.
- Hernández, S. R; Sánchez, Ch. E; Guerrero, M. S; Rivas, L. B. A; Anchondo, N. A. 2014. Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.5 no.4 Texcoco jun./ago. 2014.
- Holland, D., Bar-Ya'akov, I., 2008. The pomegranate: new interest in an ancient fruit. *Chron. Hort.* *48* (3), 12–15.
- Korkmaz, N., Askin, M.A., 2015. Effects of calcium and boron foliar application on pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit quality yield, and seasonal changes of leaf mineral nutrition. *Acta Hortic.* *1089*, 413–422.
- Kumar, G. y D. Sahoo. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Tretica Aestivum* va. Pusa Gold, *Journal of Applied Phycology* *23(2)*:251-255.
- Latsague, M., Sáez, P., Mora, M. 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.*, **2014**, *71(1)*, 37-42, ISSN 0016-5301.
- Levin, G.M., 2006. Pomegranate, first ed. Third Millennium Publishing, Tempe.
- Marathe, R.A., Sharma, J., Murkute, A.A., Babu, K.D., 2017. Response of nutrient supplementation through organics on growth, yield and quality of pomegranate. *Sci. Hortic.* *214*, 114–121.
- Martínez, J.; Melgarejo, P.; Fernández, F.; Martínez, R.; Leguía, P. 2004. Comparación de la fenología floral de cuatro clones de granado (*Punica granatum* L.). *Fruticultura Profesional* *141*: 33-44.



- Márquez Q. C., Cano-Ríos P., Moreno R. A., Figueroa-Viramontes U., Sánchez C. E., De la Cruz-Lázaro E., Robledo-Torres V. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. ITEA, **2010**, *110* (1), 3-17. <http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.001>.
- Melgarejo, P. & Salazar, D. 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Ediciones MV y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 194-195.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publisher, ISBN: 978-94-010-1009-2
- Plesis SF, Du, Koen TJ (1984) Effect of nitrogen on fruit size of citrus. In: Proceedings of international society of citriculture, vol I, pp 148–150.
- Pramanick, B., K. Brahmachari, A. Ghosh. 2013. Effect of seaweed asps on growth and yield improvement of green gram. African Journal of Agricultural Research. 8(13):1180-1186.
- Rajaei, H & Yazdanpanah, P. 2015. Buds and leaves in pomegranate (*Punica granatum* L.): Phenology in relation to structure and development. Flora 214: 61-69.
- Romiti, Noemí Amelia. (1951). Determinación de nitratos por el método de la brucina: su aplicación a la determinación de nitratos en aguas de consumo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0670\\_Romiti.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0670_Romiti.pdf)
- Soto-Parra, J., Sánchez-Chávez, E., Pérez-Leal, R., Piña-Ramírez, F., Basurto-Sotelo, M., 2016. Alternativas orgánicas para disminuir la aplicación de nitrógeno en nogal pecanero. Nova Scientia. 2016, 140-161.
- Stover, E., Mercure, E.W., 2007. The pomegranate: a new look at the fruit of paradise. HortScience 42 (5), 1088–1092.
- Tarango R. S., Moorillón, V. N., Borunda, E. O. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. Bioresource. Technol., 2009, *100*(6), 1992-1998, doi: 10.1016/j.biortech.2007.12.078.
- Torri, S. I., S. Urricariet, y R. S. Lavado. 2014. Micronutrientes y elementos traza. Pp: X-XX. En: H. E. Echeverría, y F. O. García. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Zaragoza, L. M. M; Preciado, R. P; Figueroa, V. U; García, H. J. L; Fortis, H. M; Segura, C. M. A; Lagarda, M. A; Madero, T. E. 2011. Aplicación de composta en la producción del nogal Pecanero. Revista Chapingo. Serie Horticultura. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.17(1), 33-37. spe 1 Chapingo ene. *versión On-line* ISSN 2007-4034*versión impresa* ISSN 1027-152X.
- Zodape, S. A., S. Gupta, R. Bhandari, D. Rawat, K. Chaudhary, J. Essartant y J. Chikara. 2011. Folie application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Journal of Scientific & Industrial Research. Vol:70. 215-219.
- Zuoping, Z., Y. Sha, L. Fen, J. Puhui, W. Xiaoying, and T. Yan'a. 2014. Effects of chemical fertilizer combined with organic manure on Fuji apple quality, yield and soil fertility in apple orchard on the Loess Plateau of China. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 7(2):45-55.

## RESPUESTA DE LA HIGUERA A LA FERTILIZACION FOLIAR DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO, DURANTE SU ETAPA DE FRUCTIFICACION EN RIEGO POR GOTEO Y ALTA POBLACION

Miguel Rivera González<sup>1</sup>, Gerardo Esquivel Arriaga<sup>1</sup>, Julián Cerano Paredes<sup>1</sup>, Hilario Macías Rodríguez<sup>1</sup> y Vicenta Constante García

<sup>1</sup>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. E-mail: rivera.miguel@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

Los trabajos de investigación realizados por el CENID-RASPA del INIFAP a la fecha han generado resultados en los aspectos de propagación de plantas (Macías *et al.*, 2014, Macías *et al.*, 2015) densidades de población, poda (Muñoz *et al.*, 2015) y manejo de agua (Rivera *et al.*, 2016), todos con la finalidad de desarrollar un paquete tecnológico, que permita aumentar la producción y calidad del fruto. Sin embargo, en lo que respecta al manejo de la fertilización, son escasos los trabajos de investigación realizados al respecto. No obstante, a nivel internacional se han realizado trabajos para evaluar la respuesta del cultivo en sus primeros años de producción y en alta población a las aplicaciones de diferentes dosis de nitrógeno y niveles de aplicación de agua (Hernández *et al.*, 1994) y en huertas de 15 a 20 años de edad en bajas poblaciones (Birgul *et al.*, 2008). También se ha evaluado la respuesta de este cultivo a la interacción nitrógeno potasio (Tamayo e Incapie, 2002) así como estudios realizados en huertas de Turquía donde se han comparado diferentes sistemas de fertilización: orgánica, biodinámica y convencional (Hallac y Aksoy, 2011). Algunos trabajos de investigación no han encontrado respuesta del cultivo a dosis de aplicación de nitrógeno superiores a 100 o 150 g p<sup>-1</sup> (Hernández *et al.*, 1994; Birgul *et al.*, 2008) y sin embargo si se han encontrado incrementos de rendimiento con la interacción nitrógeno-potasio (Tamayo e Incapie, 2002), así como incrementos de rendimiento a la fertilización con potasio aplicada mediante fertirrigación (Holstein *et al.* 2017). En base a los antecedentes presentados se planteó el presente trabajo de investigación cuyo objetivo principal fue evaluar la respuesta de la higuera a la aplicación foliar de potasio, magnesio y calcio durante la etapa de fructificación.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en una huerta de higuera de cinco años de edad, ubicada en el ejido Poanas del municipio de Gómez Palacio Durango, establecida en una plantación de 2.5 m entre hileras y 2.0 m entre plantas (población de 2000 p ha<sup>-1</sup>) regada mediante riego por goteo. Para la aplicación del agua de riego se utilizó cintilla de goteo con goteros espaciados cada 20 cm con un gasto de 2 L h<sup>-1</sup> humedeciendo un área de 2 metros lineales por árbol. El cálculo del consumo de agua se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Rivera *et al.* (2016) aplicando únicamente el 75% de la evapotranspiración real y regando cada tercer día. Previo al inicio de los tratamientos de fertilización se sacaron muestras de suelo de un estrato de 0-30 cm para su caracterización físico-química dichas características se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Características fisicoquímicas del suelo antes de iniciar los tratamientos de fertilización (huerta de higuera ejido Poanas)

Característica	Concentración	Característica	Concentración
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	29.0 mg kg <sup>-1</sup>	Cationes solubles	
Fosforo (P) (Olsen)	34.6 mg kg <sup>-1</sup>	Calcio (Ca)	5.13 meq L <sup>-1</sup>
Potasio disponible (K)	1089 mg kg <sup>-1</sup>	Magnesio (Mg)	1.26 meq L <sup>-1</sup>
Amonio (N-NH <sub>4</sub> )	21.2 mg kg <sup>-1</sup>	Sodio (Na)	2.31 meq L <sup>-1</sup>
Materia orgánica (m.o)	1.55 (%)	Potasio (K)	0.72 meq L <sup>-1</sup>
pH	8.4	Conductividad eléctrica (CEs)	0.95 (dS m <sup>-1</sup> )
Textura	Franco arcillosa	Densidad aparente (Da)	1.3 g cm <sup>-3</sup>

En base la norma oficial mexicana (NOM-21-SEMARNAT-2000) de análisis de suelo, con respecto al contenido de nitrógeno en forma de nitrato (NO<sub>3</sub>) el suelo se clasifica con un suelo con un contenido medio de nitrógeno y muy alto en fosforo. Con respecto a la clasificación del suelo en base al contenido de potasio, este se clasifica como un suelo con un contenido muy alto de potasio (Castellanos *et al* 2005). Con respecto a la conductividad eléctrica del suelo, se clasifica como un suelo sin problemas de salinidad.

Los tratamientos de fertilización evaluados se presentan en el Cuadro 2. Las dosis de nitrógeno, para todos los tratamientos se aplicaron mediante fertigación al suelo, durante el mes de junio, las dosis de potasio, magnesio y calcio se aplicaron en forma foliar durante la última semana de julio y la primera semana de agosto.

Los fertilizantes usados fueron el sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>), sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfato de magnesio (Mg SO<sub>4</sub>) y el nitrato de calcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) como fuentes de nitrógeno, potasio, magnesio y calcio respectivamente.

Cuadro 2. Tratamientos de fertilización evaluados, descripción y observaciones de cada uno de ellos

Tratamientos	Descripción	Observaciones
T1	81.9 g. de N por árbol	Para todos los tratamientos el nitrógeno se aplicó al suelo mediante el sistema de riego, fraccionado en 3 aplicaciones (una aplicación por semana)
T2	117 g. de N por árbol	
T3	81.9 g. de N + 32.3 g. de K por árbol	El potasio se aplicó en forma foliar, mediante 5 aplicaciones de 6.5 g. por planta cada una
T4	117 g. de N + 12 g. de Mg por árbol	El magnesio se suministró en forma foliar mediante 4 aplicaciones de 3 g. por planta cada una
T5	117 g. de N + 20 g. de Ca por árbol	El calcio se suministró en forma foliar mediante 5 aplicaciones de 4 g. por planta cada una

La necesidad o requerimiento de nitrógeno (RN) se estimó utilizando la siguiente ecuación.

$$RN = [(MR \times TEN) - (Ns + Nm.o)] / Ea$$

Donde:

RN= es el requerimiento de nitrógeno del cultivo ( $kg\ ha^{-1}$ )

MR= meta de rendimiento que comprende la materia seca (fruto +hojas) del cultivo ( $ton\ ha^{-1}$ )

TEN= tasa de extracción de nitrógeno por el cultivo ( $kg\ ton^{-1}$  de m.s)

Ns= nitrógeno mineral del suelo ( $kg\ ha^{-1}$ )

Nm.o = nitrógeno aportado por la materia orgánica del suelo por ciclo de cultivo ( $kg\ ha^{-1}$ )

Ea= eficiencia de aprovechamiento del nutriente (fraccional)

Se propuso una meta de rendimiento de  $10\ ton\ ha^{-1}$  de higo maduro para venta, de acuerdo a Rodríguez y Valdez (1999) la relación frutos-hojas es de 1:1.65 por lo tanto tenemos  $16.5\ ton\ ha^{-1}$  de hojas verdes, de acuerdo a Turk y Aksoy (2011) que consideran que la materia seca corresponde a un 33% de la biomasa total verde (fruto y hojas), entonces tendríamos  $8.745\ ton\ ha^{-1}$  de biomasa o materia seca (frutos+hojas). Las tasas de extracción de los macronutrientes (N, K, Ca y Mg) se tomaron de Leonel y Tecchio (2009) estas se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tasas de extracción de nutrientes (g Kg<sup>-1</sup> de m.s)  
(Leonel y Tecchio, 2009)

Nutriente	Fruto	hoja
Nitrógeno (N)	19	38
Potasio (K)	18	20
Calcio (Ca)	4	17
Magnesio (Mg)	2	4

El nitrógeno mineral del suelo (Ns) se calculó sumando la concentración de nitrógeno del suelo en forma de nitrato (NO<sub>3</sub>) y Amonio (NH<sub>4</sub>) para una profundidad del suelo de 30 cm. y una densidad aparente de 1.3 g cm<sup>-3</sup>. Se consideró una eficiencia de aprovechamiento del nitrógeno del 60%.

En base a este procedimiento se estimó un requerimiento de nitrógeno del cultivo de 234 kg de nitrógeno por hectárea. También se calculando la disponibilidad del suelo de potasio, calcio y magnesio en función de su concentración como cationes solubles. Se realizó un muestreo foliar para para determinar la concentración de los nutrientes antes del inicio de los tratamientos cuyo resultado se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis foliar de higuera, previo al inicio de los tratamientos de fertilización y niveles de suficiencia

Nutrientes	Concentración	Niveles de suficiencia	Requiere fertilización
Nitrógeno total (NT, %)	2.4	2 - 2.5	No
Fosforo total (P, %)	0.1	0.1- 0.3	No
Calcio total (Ca, %)	2.61	> 3.0	Si
Magnesio total (Mg, %)	0.26	> 0.75	Si
Potasio total (K, %)	1.69	>1.0	No

Los niveles de suficiencia se tomaron de (Jones *et al* 1991)

La tolerancia de las concentraciones de nutrientes en aplicaciones foliares se tomaron de Segura (2002) y se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tolerancia de concentraciones de nutrientes en aplicaciones foliares (Segura, 2002)

Nutriente	Fertilizante	Kg. del fertilizante disueltos en 400 L. de agua
Nitrógeno	Sulfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ )	2-3
Fosforo	Ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )	1.5-2.5
Potasio	Sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	3-5
Calcio	Nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )	3-6
Magnesio	Sulfato de magnesio ( $\text{Mg SO}_4$ )	3-12

Los tratamientos de fertilidad evaluados se analizaron como un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento, donde cada unidad experimental correspondió a 4 higueras. Las variables respuesta fueron la producción de higos maduros en ton/ha, la producción de frutos por árbol, el peso del fruto y el número de frutos por árbol. También durante el desarrollo del experimento se efectuaron muestreos de hoja y fruto para determinar la concentración de nutrientes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 6. Se presenta la producción frutos por árbol (kg), el peso del fruto (g), el número de frutos por árbol y la producción de frutos por hectárea ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), para cada uno de los tratamientos de fertilización evaluados.

A realizar el análisis de varianza se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización para cada una de las variables analizadas. Los tratamientos de la interacción nitrógeno y magnesio (T4) y nitrógeno potasio (T3) presentaron las producciones de rendimiento (higo fresco) más altas de 9.9 y 8.5  $\text{ton ha}^{-1}$ , lo anterior debido a un mayor peso del fruto y un mayor número de higos por planta. Otros investigadores también han encontrado respuesta positiva de la higuera a las aplicaciones de potasio (Brizola *et al* 2005; Holstein *et al* 2017).

Cuadro 6. Producción por árbol, peso del fruto, numero de frutos por planta y producción de frutos para cada tratamiento de fertilización evaluados

Tratamientos de fertilización	Producción por árbol (kg.)	Peso del fruto (g.)	Numero de frutos por árbol	Producción de frutos (t ha <sup>-1</sup> )
T1	3.763 <sub>c</sub>	30.1 <sub>c</sub>	125 <sub>c</sub>	7.526 <sub>c</sub>
T2	2.350 <sub>d</sub>	30.5 <sub>c</sub>	77 <sub>d</sub>	4.700 <sub>d</sub>
T3	4.268 <sub>b</sub>	32.7 <sub>b</sub>	131 <sub>b</sub>	8.538 <sub>b</sub>
T4	4.982 <sub>a</sub>	33.3 <sub>a</sub>	150 <sub>a</sub>	9.964 <sub>a</sub>
T5	3.269 <sub>c</sub>	26.5 <sub>d</sub>	124 <sub>c</sub>	6.538 <sub>d</sub>

DMS  $\alpha = 0.05$

Debido a que las determinaciones de la concentración de nutrientes en hoja y fruto, únicamente se realizaron de una sola muestra compuesta para cada tratamiento únicamente el análisis del comportamiento de estas variables se interpreta en forma cualitativa. Para los tratamientos donde únicamente se aplicó nitrógeno (T1 y T2) la concentración en las hojas tiende a aumentar a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno aplicada, sin embargo, esta tendencia es contraria en el fruto (Cuadro 7). En todos los tratamientos devaluados la concentración de calcio en las hojas tiende a reducirse esto coincide con los resultados encontrados por Hernández *et al* (1994) quien explica que este comportamiento es debido a un efecto antagónico entre el calcio y nitrógeno. Al comparar la concentración de nutrientes en la hoja antes de la aplicación de los tratamientos de fertilización evaluados, se observa un incremento en la concentración de nitrógeno para todos los tratamientos evaluados, una reducción para calcio, manteniéndose constantes las concentraciones de magnesio y fosforo esto comparándolas con las concentraciones del muestreo foliar realizado durante la cosecha.

Cuadro 7. Concentración de nutrientes (g. por kg de m.s.) en hojas y fruto durante el periodo de cosecha para los tratamientos de fertilización evaluados

Tratamientos de fertilización por árbol	Hojas					Fruto				
	N	P	Ca	Mg	K	N	P	Ca	Mg	K
T1	49	1.0	20	3.0	16	7.5	0.6	2.0	0.5	8.6
T2	52	1.0	19	3.0	20	6.2	0.6	1.8	0.6	8.2
T3	51	0.9	19	3.2	20	7.1	0.7	2.3	0.8	12.1
T4	49	0.8	21	5.4	14	4.6	0.5	1.7	0.6	7.9
T5	54	0.9	19	2.7	15	5.5	0.7	2.0	0.6	8.2
Cond. inicial	24	1.0	26	2.6	16.6					

### CONCLUSIONES

- El tratamiento de fertilización más sobresaliente fue el T4 (17 g de N+ 12 g. de magnesio este último aplicado vía foliar) con 9.936 ton/ha de higo siguiéndole en orden descendente el tratamiento T3 (81 g. de N + 32.3 g de K este último aplicado vía foliar) con 8.538 ton/ha, esto debido a un mayor peso del fruto y un mayor número de higos por planta.
- En los tratamientos donde únicamente se aplicó nitrógeno presentaron una tendencia a reducir el rendimiento conforme aumento la dosis de nitrógeno aplicada
- No hubo respuesta de la interacción nitrógeno calcio tratamiento (117 g. de N + 20 g. de Ca, este último aplicado vía foliar.
- La concentración de nitrógeno en la hoja tendió a aumentar a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno aplicada, no obstante, la concentración de calcio tendió a disminuir.

### BIBLIOGRAFIA

- Brizola O., R.M., S. Leonel, M.A. Tecchio y M.M. Mischán. 2005. Extração de macronutrientes por ramos de figueira e frutos em resposta a fertilizantes potássicos. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* vo. 27 núm. 1 pp. 33-37
- Castellanos R., J. J. A. Cueto W., J. Macías C., J.R. Salinas G., L. M. Tapia V., J.M. Cortez J., I.J. González A., H. Mata V., M. Mora G., A. Vásquez H., C. Valenzuela S. y S. Enríquez. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Folleto técnico N° 1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).



- Birgul E., C. Ferit, S. Berrin, A. Belge, K. Ramazan y T. Mahmut. 2008. Effects of nitrogen rates on yield and fruit quality of fig (*Ficus carica* L.). International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology Turkey. pag. 403-411.
- Hallac T., F y U. Aksoy. 2011. Comparison of organic, biodynamic and conventional fig farms under rain-fed conditions in Turkey. Cell. and Plant Sci. vol 2(3) pag. 22-33
- Holstein H., G.M. Crisosto y C.M. Crisosto. 2017. Fertigation with potassium increases size and yield in fresh figs growing in California. Acta Hort. 1173 pag. 177-182
- Hernández., F.B.T, J.C. Modesto, M.A Suzuki, L.S. Correa y K. Reichardt. 1994. Effects of irrigation and nitrogen levels on qualitative and nutritional aspects of fig –trees (*Ficus carica* L.). Sci. Agric., Piracicabavol 5(2) pag. 292-297
- Jones J., B., B. Wolf y H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro publishing. Inc. 183 Paradise Blvd. Suite Athens, Georgia USA. Pag. 2013
- Leonel S. and M.A. Tecchio. 2009. The nutritional levels in leaves and fruit of fig trees as a function of pruning time and irrigation. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 30(29) pag. 347-360
- 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. Publicación semestral de investigación científica. Vol. 14 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2014. pag. 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. Publicación semestral de investigación científica. Vol. 15 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2015. Pag. 81-89.
- Muñoz, V. J. A., M. Palomo R., H. Macías R., M. Rivera G., G. Esquivel A. 2015. Dinámica de crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-túneles. Revista AGROFAZ. Edición especial. Publicación semestral de investigación científica. Vol. 15 Núm. 2. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. Diciembre 2015. pp 133-141.
- NOM-21 SEMARNAT 2000. Norma oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios muestreo y análisis.
- 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 G. Valdez. 1999. Riego de la higuera. Estación experimental Agraria
- Segura M., A. 2002. Principios y aplicaciones de la fertilización foliar. Memorias CIA/UCR. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de Suelos y Foliars. Pag.19-25
- Tamayo V., A, y M.Z. Hincapié 2002. Respuesta del brevo (*Ficus carica* L.) a la fertilización química y orgánica en un andisol del Oriente Antioqueño. IV Seminario Nacional de Frutales de Clima frío moderado.
- Turk A., F y Aksoy U. 2011. Comparison of organic, biodynamic and conventional fig farms under rain-fed conditions in Turkey. Cell. and Plant Sci. vol 2(3) pag. 22-33

## **IDENTIFICACIÓN DE ECOTIPOS CAPRINOS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA DEL ESTADO DE COAHUILA, MÉXICO.**

**Jorge Alonso Maldonado-Jáquez<sup>1\*</sup>, Franko Moyao-Ariza<sup>2</sup>, Glafiro Torres-Hernández<sup>3</sup>,  
Rubén Darío Martínez-Rojero<sup>2</sup>, Lorenzo Danilo Granados-Rivera<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México. C.P. 27440. <sup>2</sup>CSAEGRO. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C.P. 40000. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. C.P. 56230. <sup>4</sup>Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400.

\*autor de correspondencia: [maldonado.jorge@inifap.gob.mx](mailto:maldonado.jorge@inifap.gob.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

Desde la domesticación de la cabra hace 10,000 años, muchos factores han contribuido a la diferenciación de razas, mismos que se pueden resumir en dos categorías: (1) adaptación a diferentes sistemas de producción o propósito y (2) adaptación a diferente ambiente (Bertolini *et al.*, 2018). En este sentido, muchas especies domésticas pueden presentar diferencias fenotípicas debidas a la adaptación a condiciones ambientales locales y selección artificial (Cao *et al.*, 2019), por ello, la caracterización de los recursos genéticos locales es la base para conocer variaciones en sus características morfológicas (Benyoub *et al.*, 2018). En particular en México, existe poca información sobre la variabilidad genética y fenotípica de las poblaciones caprinas locales (Dorantes-Coronado *et al.*, 2015). Por otra parte, en el caso del ganado caprino, las diferencias fenotípicas se pueden observar en el tamaño del animal, color, forma de los cuernos y dimensión de los mismos, así como, características productivas y reproductivas que se han adaptado a un amplio rango de condiciones bioclimáticas (Qanbari y Simianer, 2014).

La selección que se practica en la actualidad, otorga altos valores al tamaño corporal, el cual está relacionado de manera directa con el peso, sin embargo, en términos prácticos, éstos influyen en los costos de producción y afectan la eficiencia biológica y económica de los rebaños (Cerqueira *et al.*, 2013), en el mismo sentido, el tamaño también se relaciona con la estructura corporal, armonía y el balance de los animales, los cuales junto con diversas variables fisiológicas actúan directamente sobre los mecanismos de adaptación al ambiente (Peters, 1993), por lo que no deben considerarse únicamente los indicadores de peso y tamaño al momento de seleccionar animales. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar si existen diferencias fenotípicas en los machos cabríos locales en la porción que comprende a la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, con la finalidad de determinar si existen diferentes ecotipos en el ganado caprino local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en 9 localidades de los municipios de Francisco I. Madero, San Pedro de las Colonias, Torreón y Viesca, Coahuila, mismos que se ubican dentro de la Comarca Lagunera. Esta zona se ubica entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte y 102° 22' y 104° 47' Longitud Oeste y a una altitud de 1100 msnm, al norte de México, entre los estados de Coahuila y Durango. El clima, según la clasificación de Köppen, 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 incluyó 46 machos cabríos locales, los cuales dieron servicio a 1667 hembras adultas. Los animales fueron manejados de manera tradicional para un esquema de producción basado en el pastoreo extensivo, en donde el manejo sanitario se limita al control de parásitos internos y externos cada 6 meses. La alimentación se realiza mediante pastoreo diurno de especies vegetales nativas y por la tarde los animales descansan en corrales contiguos a la vivienda del productor, en donde tienen libre acceso a agua y en algunas ocasiones a sales minerales. Sólo se consideraron los machos que participaron en la pasada temporada de empadre los cuales tenían edades entre 8 y 72 meses. Se midieron longitud de la cara (LCa), longitud de oreja (LO), longitud de cuernos (LCur), como variables de apariencia, y longitud de cuello (LCue), longitud corporal (LCo), altura a la cruz (AC) y circunferencia escrotal (CE) como variables de estructura corporal. Se realizó un análisis de varianza entre localidades y entre municipios para cada variable utilizando el paquete estadístico INFOSTAT/L y las diferencias entre grupos se estimaron por medio de la prueba Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre municipios para las variables LCa, LCur, y entre localidades para la variable LO (Cuadro 1). No se encontraron diferencias ( $p > 0.05$ ) entre municipios para las variables LCue, LCo, AC y DT con valores de  $29.2 \pm 7.0$ ,  $51.1 \pm 2.5$ ,  $72.3 \pm 2.9$ ,  $27.0 \pm 1.5$ , así como para las localidades en las mismas variables con valores de  $29.1 \pm 2.4$ ,  $51.2 \pm 3.6$ ,  $72.3 \pm 4.2$  y  $26.8 \pm 2.1$ , respectivamente. Estos resultados difieren del reporte de Fantaum *et al.* (2013), en el cual señalan diferencias en las poblaciones de dos distritos de Bench Maji al suroeste de Etiopía.

Los resultados encontrados sugieren que se han desarrollado diferentes ecotipos caprinos en la Región Lagunera para el estado de Coahuila, en rasgos de apariencia (cara, orejas y cuernos) y sin diferencia en estructura corporal (tamaño y altura). Lo cual sugiere, que los diferentes grupos genéticos han desarrollado mecanismos evolutivos para realizar procesos de termorregulación más eficientes (Lenis-Sanin *et al.*, 2015), logrando con ello una mejor adaptación al ambiente árido y semiárido (Bedada *et al.*, 2019), lo cual, es probable esté relacionado de forma directa a las condiciones climáticas y geográficas propias de cada localidad.

**Cuadro 1.** Medias de medidas corporales lineales ( $\pm$ E.E.) para machos cabríos locales de municipios y localidades de Coahuila.

<b>Municipio</b>	<b>LCa (cm)</b>	<b>LO (cm)</b>	<b>LCur (cm)</b>
Torreón	14.95 $\pm$ 1.08 <sup>b</sup>	15.45 $\pm$ 1.55 <sup>a</sup>	24.00 $\pm$ 9.15 <sup>b</sup>
San Pedro	17.73 $\pm$ 1.01 <sup>ab</sup>	15.53 $\pm$ 1.46 <sup>a</sup>	31.30 $\pm$ 7.09 <sup>b</sup>
Francisco I. Madero	18.50 $\pm$ 1.29 <sup>a</sup>	13.75 $\pm$ 1.85 <sup>a</sup>	57.25 $\pm$ 7.93 <sup>a</sup>
Viesca	18.57 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>	14.65 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>	28.47 $\pm$ 4.00 <sup>b</sup>
Valor de "p"	0.0060	0.1481	0.0246
<b>Localidad</b>			
Juan Eugenio	14.40 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>	14.40 $\pm$ 1.65 <sup>ab</sup>	37.38 $\pm$ 6.47 <sup>a</sup>
Vida Nueva	15.40 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>	15.60 $\pm$ 1.65 <sup>ab</sup>	16.00 $\pm$ 12.95 <sup>a</sup>
Barreal de Guadalupe	15.50 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>	16.50 $\pm$ 2.62 <sup>ab</sup>	24.00 $\pm$ 9.15 <sup>a</sup>
20 de Noviembre	17.80 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>	22.00 $\pm$ 1.65 <sup>a</sup>	32.60 $\pm$ 5.79 <sup>a</sup>
Nuevo Reynosa	17.86 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup>	14.79 $\pm$ 1.40 <sup>ab</sup>	33.38 $\pm$ 6.47 <sup>a</sup>
Jaboncillo	17.75 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>	13.25 $\pm$ 2.62 <sup>ab</sup>	58.50 $\pm$ 9.15 <sup>a</sup>
Jalinche	18.75 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>	13.50 $\pm$ 2.62 <sup>ab</sup>	19.25 $\pm$ 9.15 <sup>a</sup>
Hidalgo	19.25 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>	14.25 $\pm$ 2.62 <sup>ab</sup>	56.00 $\pm$ 12.95 <sup>a</sup>
Zaragoza	19.11 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	15.66 $\pm$ 0.96 <sup>ab</sup>	32.78 $\pm$ 4.32 <sup>a</sup>
Flores Magón	20.00 $\pm$ 2.57 <sup>a</sup>	9.00 $\pm$ 3.70 <sup>b</sup>	30.00 $\pm$ 12.95 <sup>a</sup>
Valor de p	0.4928	0.0384	0.5844

<sup>ab</sup>Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia ( $p < 0.05$ ); E.E.= error estándar.

Por otra parte, los machos de los municipios de Viesca tuvieron el mayor tamaño de cara, con valores similares a los que reportan Benyoub *et al.* (2018) para cabras locales en Algeria. Los machos cabríos del municipio de Francisco I. Madero tuvieron el mayor tamaño de cuernos, sin embargo, los valores para esta variable fueron muy superiores a los de cabras indígenas de Etiopia (Gatew *et al.*, 2017). Finalmente, los machos de las localidades del municipio de San Pedro tuvieron el mayor tamaño de orejas, con tamaño similar al que se reporta en diversos estudios (Gebreyowhens y Kumar, 2017), en cabras indígenas Maefur en Tigray, Etiopía.

### CONCLUSIONES

Los resultados encontrados indican que, dentro de la Comarca Lagunera en la porción perteneciente al estado de Coahuila, existen varios ecotipos caprinos que se diferencian por características de apariencia. Por lo tanto, se sugiere que se continúen con los trabajos de caracterización fenotípica de las diferentes poblaciones y se definan diferencias en manejo y características geográficas y climáticas en las que se desarrollan, así como sus niveles productivos, con el fin de establecer estrategias de utilización y conservación a largo plazo para mantener la variabilidad genética presente.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Qanbari, S., and Simianer, H. (2014). Mapping signatures of positive selection in the genome of livestock. *Livest Sci.* 166:133–43.
- Cao, Y., Xu, H., Li, R., Gao, S., Chen, N., Luo, J., Jiang, Y. (2019). Genetic basis of phenotypic differences between Chinese Yunling Black goats and Nubian goats revealed by allele-specific expression in their F1 hybrids. *Frontiers in genetics*.10:145. doi: 10.3389/fgene.2019.00145
- Bertolini, F., Servin, B., Talenti, A., Rochat, E., Soo Kim, E., Oget, C., Palhiere, I., Crisa, A., Catillo, G, Steri, R., Amills, M., Colli, L., Marras, G., Milanese, M., Nicolazzi, E., Rosen, B., Van tessel, C., Guldbbrandtsen, B., Sonstegard, T., Tosser-klop, G., Stella, A., Rothschild M., Joost, S., Crepaldi, P. (2018). Signatures of selection and environmental adaptation across the genome post-domestication. *Genetics Selection Evolution.* 50:57. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0421-y>
- Peters, R. H. The ecological implications of body size. New York, Cambridge University Press, 1993. p.329.
- Lenis-Sanin, Y., Zuluaga-Cabrera, A., Tarazona-Morales, A. (2015). Adaptive responses to thermal stress in mammals. *Rev. Med. Vet.* 31:121-135.
- Bedada, Z.E., Gilo, B.N., Debela, G.T. (2019). Morphometric and physical characterization of Borana Indigenous goats in Southern Oromia, Ethiopia. *Universal Journal of Agricultural Research.* 7(1): 25-31.
- Cerqueira, J.O.L., Araújo, J.P.P., Vaz, P.S., Cantalapiedra, J., Blanco-Penedo, I., Niza-Ribeiro, J.J.R. (2013). Relationship between zoometric measurements in Holstein-Friesian cow and cubicle size in dairy farms. *Int. J. Morphol.* 31(1): 55-63.
- Benyoub, K., Ameer Ameer, A., Gaouar, S.B.S. (2018). Phenotypic characterization of local goats populations in Western Algerian: Morphometric measurements and milk quality. *Genetics and Biodiversity Journal.* 2(1): 73-80.
- Dorantes-Coronado, E.J., Torres-Hernández, G., Hernández-Mendo, O., Rojo-Rubio, R. (2015). Zoometric measures and their utilization in prediction of live weight of local goats in Southern Mexico. *SpringerPlus.* 4: 695. DOI 10.1186/s40064-015-1424-6
- Fantaum, T., Alemayehu, K., Abegaz, S. (2013). Identification and phenotypic characterization of goat ecotypes in the Bench Maji zone, southwestern Ethiopia. *Animal Genetic Resources.* 53: 19-26.
- Gatew, H., Hassen, H., Kedebe, K., Haile, A., Lobo, R.N.B., Yetayew, A., Rischkowsky, B. (2017). Husbandry practices and phenotypic characteristics indigenous goat populations in Ethiopia. *12(36):2729-2741.*
- Gebreyowhens, W. y Kumar, R. (2017). Phenotypic characterization of indigenous Maefur goat population in Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation.* 9(5): 130-145.

## LOS DÍAS LARGOS ARTIFICIALES ANTES DEL NACIMIENTO NO ACELERAN LA TASA DE CRECIMIENTO EN LOS CABRITOS NACIDOS EN EL OTOÑO

Manuel de Jesús Flores Najera<sup>1</sup>, Leonardo Iván Vélez Monroy<sup>1</sup>, Horacio Hernández Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. CP 27440. Matamoros, Coahuila, México.

[mflores\\_najera@hotmail.com](mailto:mflores_najera@hotmail.com)

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.

### INTRODUCCIÓN

En vaquillas y corderos criados en latitudes templadas está bien documentado que la aplicación de un fotoperiodo artificial durante los días decrecientes de invierno, incrementan su ganancia diaria de peso en comparación a los animales mantenidos bajo fotoperiodo natural (Forbes et al 1975; Tucker et al., 1984). Por ejemplo, la ganancia diaria promedio es más alta en las vaquillas expuestas a días largos artificiales (980 g/ día), que en aquellas que son mantenidas bajo fotoperiodo natural (840 g/día). Similarmente, en corderos, la ganancia diaria promedio fue mayor en los corderos expuestos a un fotoperiodo artificial (260 g/día) que en aquellos que fueron mantenidos bajo fotoperiodo de días cortos naturales (157 g/día).

En el norte de México, en un estudio publicado por Hernández et al. (2016), se demostró por primera vez el efecto de los días largos artificiales sobre el crecimiento de cabritos. En ese estudio, los cabritos expuestos a días largos ganaron más peso (160 g/d) que los cabritos mantenidos bajo fotoperiodo natural (140 g/d). Sin embargo, en ese estudio, no se comprobó si el crecimiento de los cabritos se debió al efecto directo de los días largos o al consumo de leche de las crías, debido a que las madres también se encontraban en días largos. Recientes estudios reportados por Flores et al. (2018), demostraron que los cabritos mantenidos en días largos artificiales tuvieron mayor peso al destete que aquellos fueron mantenidos en días decrecientes naturales; independientemente si las crías fueron amamantadas o no por sus madres. El mecanismo mediante el cual los días largos incrementan el peso de los cabritos aún no está totalmente entendido. Sin embargo, es probable que la ganancia de peso corporal se debió a un incremento en las concentraciones de IGF-1 (Flores et al., 2018). En este estudio, los cabritos recibieron el tratamiento

fotoperiódico a partir de los cuatro días de edad. Es probable que, si el tratamiento de días largos inicie antes del nacimiento, los cabritos puedan incrementar aún más su tasa de crecimiento. Estudios previos efectuados en corderos indican que la aplicación de días largos durante la vida fetal, induce cambios reproductivos importantes en la vida postnatal (Sunderland et al., 1995). En estas especies, la información fotoperiodica, es transmitida al feto de la circulación maternal hacia la placenta (Yellon y Longo, 1987). De esta manera el feto detecta los cambios del fotoperiodo determinados en la melatonina de la circulación fetal y adquiere una historia fotoperiodica antes del nacimiento (Ebling y Foster, 1989). Así, en el presente estudio, investigamos si los días largos artificiales proporcionados antes del nacimiento acelera la tasa de crecimiento en los cabritos nacidos en el otoño.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Ubicación del área de estudio

El presente estudio fue llevado a cabo en el ejido Filipinas, municipio de Matamoros, Coahuila ubicado a una latitud 26° 23' N y una longitud, 104° 47' W. El estudio fue realizado durante los días decrecientes de otoño, la salida del sol fue a las 7 horas con 12 minutos, mientras que metida fue a las 18 horas con 7 minutos, resultando en una duración promedio del día de 11 horas con 19 minutos.

### Condiciones experimentales y tratamientos

En el presente estudio, se usaron 80 hembras caprinas las cuales fueron alimentadas a base de pastoreo de la vegetación nativa del agostadero desde las 10 de la mañana hasta las siete de la tarde. En la noche, las hembras fueron encerradas, donde ellas tuvieron acceso al agua y sales minerales a libre acceso. Con el objetivo obtener los partos durante la estación de otoño, las hembras anovulatorias fueron expuestas al macho sexualmente activo en el mes de abril. A los 120 días de gestación estimado a partir de la fecha de empadre, las 80 hembras fueron distribuidas en dos grupos. Un grupo de hembras (n=60) fue mantenida bajo fotoperiodo natural, mientras que el otro grupo (n=20), fue sometido a un fotoperiodo de días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad).

La fecha promedio parto para todas las hembras fue el 19 de septiembre. En el grupo de hembras mantenidas bajo fotoperiodo natural, dos grupos de cabritos fueron seleccionados en base a su fecha de nacimiento, peso y sexo. Un grupo de crías fue mantenido bajo fotoperiodo natural (Grupo NP; n=20), mientras un segundo grupo de cabritos fue sometido

a un fotoperiodo artificial a partir de los cuatro días de edad (16 h luz:8 h oscuridad: Grupo AP-A; n=18). En el grupo de hembras expuestas a días largos antes del parto, al momento del parto, un grupo de cabritos continuó recibiendo días largos hasta los 30 días de edad (n=18; AP-B). En los tres grupos, las crías fueron amamantadas por sus madres durante todo el periodo experimental.

#### Tratamiento fotoperiódico

Los corrales de los cabritos tratados con días largos artificiales, fue equipado con lámparas de luz que emitían una intensidad de 400 lux a nivel del ojo de la cría. La programación de luz fue controlada por medio de un timer. Las luces se encendían a las seis de la mañana y se apagaban a las 9 de la mañana y, por la tarde se encendía de las 5 de la tarde a las diez de la noche para extender la duración del día natural y obtener un total de 16 horas de luz por día.

#### Mediciones

##### Consumo de leche

El consumo individual de leche fue determinado cada siete días hasta los 30 días de edad usando el método del peso de la cría antes y después de amamantarse.

##### Peso corporal

El peso de todos los cabritos fue determinado al nacimiento y a los 30 días de edad. Los cabritos fueron pesados en una báscula móvil con capacidad de 40 kg y una precisión de 0.05 kg.

##### Tasa de crecimiento

En el presente estudio, la ganancia diaria promedio fue considerada como la tasa de crecimiento. Así, usando la ganancia diaria individual de los cabritos de cada grupo, la tasa de crecimiento fue calculada como sigue:

Ganancia diaria= (Peso final-peso al nacimiento) /días de estudio (30 días).

##### Análisis estadístico

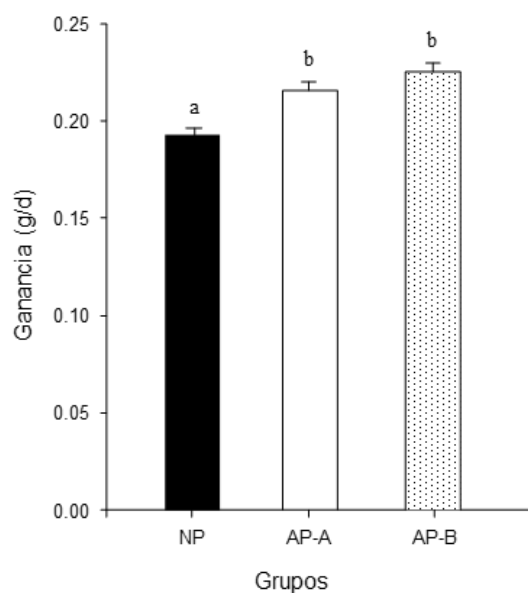
El peso y la tasa de crecimiento fue analizada mediante un análisis de varianza a una vía para efecto de grupo (ANOVA). Los datos de consumo de leche fueron analizados mediante un análisis de varianza a dos vías (ANOVA) con medidas repetidas. En caso de un efecto



significativo del tratamiento, las comparaciones de media fueron desarrolladas usando la prueba de Bonferroni. Los datos fueron presentados como promedio  $\pm$  EEM, y los resultados fueron considerados como significativos cuando la  $P < 0.05$ . Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados usando el software SYSTAT 12 (Systat Software, San Jose, CA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de los cabritos al nacimiento no fue diferente entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, a los 30 días de edad, el peso corporal de los cabritos fue más alto en los grupos tratados con días largos que en los mantenidos bajo fotoperiodo natural ( $P < 0.01$ ). En efecto, los cabritos tratados antes del nacimiento (AP-B) tuvieron un peso de  $10.2 \text{ kg} \pm 0.2 \text{ kg}$ , similar al de los cabritos tratados después del nacimiento (AP-A;  $9.9 \pm 0.2 \text{ kg}$ ). En cambio, en los cabritos mantenidos bajo fotoperiodo natural (NP), el peso fue menor al observado en los grupos tratados ( $9.2 \pm 0.1 \text{ kg}$ ). Similarmente, la tasa de crecimiento fue mayor en los cabritos expuestos a días largos, que en los mantenidos bajo fotoperiodo natural ( $P < 0.01$ ; Figura 1). Interesantemente, el consumo de leche fue similar en todos los grupos experimentales (Cuadro 1).



**Figura 1.** Ganancia de peso promedio ( $\pm$  EEM) de los cabritos mantenidos bajo fotoperiodo natural (NP) o expuestos a un fotoperiodo artificial antes (AP-B) o después del nacimiento (AP-A).

Estos resultados demuestran que, los días largos artificiales antes del nacimiento no aceleran la tasa de crecimiento en los cabritos nacidos en el otoño. Sin embargo, la tasa de crecimiento fue más alta que los cabritos mantenidos bajo fotoperiodo natural. En el presente estudio, los días largos artificiales aplicados antes del nacimiento no fueron eficaces para inducir una respuesta en el crecimiento de los cabritos. Resultados similares han sido reportados en otros estudios. En un estudio publicado por Deveson et al (1992), reportó que la aplicación de 62 días largos antes del parto tuvo un efecto en el retraso de la pubertad en los cabritos nacidos en el otoño. Sin embargo, la ganancia de peso no modificada por los días largos artificiales. Similarmente en los Ciervos, el peso corporal no fue modificado en los animales expuestos a 14 semanas a días largos antes del nacimiento (Adam et al., 1994).

**Cuadro 1.** Consumo de leche promedio ( $\pm$  EEM) de los cabritos mantenidos bajo fotoperiodo natural (NP) o expuestos a un fotoperiodo artificial antes (AP-B) o después del nacimiento (AP-A).

Grupos		Días de edad			
		7	14	21	28
NP	g/d	1090 $\pm$ 62.4	1290 $\pm$ 78.0	1331 $\pm$ 82.0	1291 $\pm$ 77.0
AP-B	g/d	1124 $\pm$ 62.7	1147 $\pm$ 56.9	1246 $\pm$ 82.2	1280 $\pm$ 57.8
AP-A	g/d	1155 $\pm$ 72.2	1299 $\pm$ 73.9	1409 $\pm$ 78.2	1475 $\pm$ 77.7

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que los días largos artificiales aplicados antes del nacimiento no acelera la tasa de crecimiento en los cabritos nacidos en el otoño.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adam, C.L., Kyle, C.E., Young, P. 1994. Influence of prenatal photoperiod on postnatal reproductive development in male red deer (*Cervus elaphus*). J. Reprod. Fert. 100: 607-611.
- Deveson, S., Forsyth, I.A., Arend, J. 1992. Retardation of pubertal development by prenatal long days in goat kids born in autumn. J. Reprod. Fert. 95: 629-637.
- Ebling, F.J.P Foster, D.L. 1989. Pineal melatonin rhythms and the timing of puberty in mammals. Experientia. 45: 946-955.
- Flores, M.J., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Delgadillo, J.A., Hernández, H. 2018. Artificial long-day photoperiod in the subtropics increases body weight in goat kids born in the autumn. Small Rumin. Research. 169: 181-185.

- Forbes, J.M., Driver, P.M., El Shahat, A.A., Boaz, T.G., Scanes, C.G., 1975. The effect of daylength and level of feeding on serum prolactin in growing lambs. *J. Endocrinol.* 64: 549–554.
- Hernández, H., Flores, J.A., Delgadillo, J.A., Fernández, I.G., Flores, M.J., Mejía, A., Elizundia, J.M., Bedos, M., Ponce, J.L., Ramírez, S. 2016. Effects of exposure to artificial long days on milk yield, maternal insulin-like growth factor 1 levels and kid growth rate in subtropical goats. *Anim. Sci. J.* 87: 484–491.
- Sunderland, S.J., Callaghan, D.O, Boland, M.P., Roche, J.F. 1995. Effect of photoperiod before and after birth on puberty in ewe lambs. *Biol. Reprod.* 53:1178-1182.
- Tucker, H.A., Petitclerc, D., Zinn, S.A., 1984. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 59: 1610–1620.
- Yellon, S.M., Longo, L.D. 1987. Melatonin rhythms in fetal and maternal circulation during pregnancy in sheep. *Am. J. Phys.* 252: E799-E802.

## **INFLUENCIA EL NIVEL NUTRICIONAL SOBRE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN LOS MACHOS CABRÍOS TRATADOS CON DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

**Manuel de Jesús Flores Nájera<sup>1</sup>, Leonardo Iván Vélez Monroy<sup>1</sup>, Adán Ulises Chávez Solís<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. CP 27440. Matamoros, Coahuila, México.  
[mflores\\_najera@hotmail.com](mailto:mflores_najera@hotmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5., Celaya, Guanajuato, México. C.P 38010.

### **INTRODUCCIÓN**

En la Comarca Lagunera, el fotoperiodo es utilizado para inducir la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo et al., 2004). En condiciones intensivas de alimentación, los machos expuestos a 2.5 meses de días largos (16 h luz: 8 oscuridad), a partir del 1 de noviembre, seguido de un implante de melatonina o de días naturales, se estimula su comportamiento sexual (latencia a la monta) y la secreción de testosterona de febrero a abril (Delgadillo et al., 2002, 2004). Además, las características cuantitativas y cualitativas del semen de los machos tratados son de mejor calidad que la obtenida por los machos no tratados. No obstante, otros estímulos medioambientales tales como la disponibilidad de alimento y las interacciones sociales pueden modificar la calidad de la respuesta de los machos al tratamiento de fotoperiódico. En los carneros y machos cabríos, por ejemplo, está bien documentado que los cambios en la dieta por encima o por abajo de los requerimientos nutricionales para mantenimiento y reproducción induce cambios importantes en el crecimiento testicular y la producción espermática (Martin et al., 2010). En efecto, en los carneros de la raza Merino, una complementación alimenticia con grano de lupino por un periodo de 9 semanas, produjeron 8 millones de espermatozoides/g de testículo más que los machos no complementados (Oldham et al., 1978). Similarmente, en los machos cabríos de la raza Cashmere en Australia, una dieta de baja calidad provocó una disminución del volumen testicular y una baja producción espermática, en comparación a los machos alimentados con una dieta de alta calidad (Walkden-Brown et al., 1994). Estos hallazgos sugieren que la influencia de la nutrición que actúa sobre la actividad reproductiva del macho puede ser determinante en el éxito de los tratamientos de luz durante el periodo reposo sexual.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del nutricional sobre la calidad espermática de los machos cabríos tratados con días largos artificiales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Diseño experimental*

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Diez y seis machos cabríos (n=16; 2 años de edad), fueron obtenidos de un rebaño caprino del sistema de producción extensivo característico de la Comarca Lagunera.

Del 1 de noviembre de 2016 al 15 de enero del 2017 (tratamiento de días largos artificiales), los machos fueron alimentados a libre acceso con heno de alfalfa (18% proteína cruda (PC), 1.95 Mcal de energía metabolizable (EM)/kg de materia seca (MS) y 300 g de concentrado comercial (14% PC, 1.7 Mcal de EM/kg de MS). A partir del 16 de enero y hasta el 15 de abril, los machos fueron divididos en dos grupos experimentales difiriendo en su nivel alimenticio, y balanceados por peso, condición corporal y circunferencia escrotal. Un grupo de machos (G-75; n=8), recibió el 75% de sus requerimientos correspondientes al estado de mantenimiento y reproducción (NRC, 2007). En este grupo el consumo diario promedio fue de 1.1 kg MS con 2.1 Mcal de EM y 71 g de proteína. El otro grupo de machos (G-120; n=8), recibió el 120% de sus requerimientos nutricionales de mantenimiento y reproducción. El consumo en este grupo fue de 1.8 kg MS con 3.4 Mcal de EM y 112 g de PC. La dieta base utilizada en ambos tratamientos experimentales estuvo compuesta de heno de alfalfa (10%), heno de avena (30%), concentrado comercial (5%), rastrojo de maíz (50%) y melaza (5%). El consumo de materia seca fue ajustado semanalmente considerando el 3% del peso vivo de los animales. La alimentación fue proporcionada dos veces al día (09:00 h y 16:00 h) y los machos tuvieron acceso libre al agua y a las sales minerales que fueron proporcionadas en bloques de 25 kg. Para evitar el contacto visual y olfativo entre los grupos de machos. Cada grupo fue ubicado en corrales (12 x 6 m, 1 corral/grupo), equipados con comederos individuales provistos con sombra y separado uno de otro por un espacio de 100 m.

### *Tratamiento fotoperiódico*

Antes de iniciar el tratamiento nutricional, el grupo de 16 animales fue sometido a un tratamiento fotoperiódico para inducir su actividad sexual. El tratamiento consistió de 16 h luz y 8 h oscuridad aplicados del 1 de noviembre al 15 de enero de 2017. Para ello, el corral (10x4m) fue equipado con lámparas fluorescentes que emitían una intensidad luminosa de 300 lux a nivel de los ojos de los animales. Las luces fueron encendidas de 0600 a 0900 h y de 1700 a 2200 h para extender la duración del día natural y obtener un total de 16 h luz por día. Al terminar el tratamiento de luz (16 de enero) los machos percibieron las variaciones naturales del fotoperiodo.

### Mediciones

#### Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal fue medida semanalmente con una cinta métrica flexible graduada en milímetros; la medición fue tomada de la parte más ancha de ambos testículos.

#### Calidad espermática

La calidad seminal fue evaluada durante cuatro días consecutivos por semana por un periodo de 13 semanas iniciando una semana antes de iniciar el tratamiento nutricional. En cada periodo de evaluación, el semen de los machos fue colectado a las 10:00 h usando una vagina artificial previamente preparada con agua a una temperatura de 40°C. Para la colección del semen, los machos fueron expuestos por un periodo de 5 minutos a una hembra intacta inducida al estro (Delgadillo et al., 1991). Inmediatamente después de la colección del semen, la motilidad espermática progresiva fue observada en un microscopio (x400; Cx LABOMED, Inc. USA). Para ello, una gota de semen no diluido fue colocado entre un portaobjetos y un cubreobjetos de vidrio precalentado (37°C). La escala empleada para esta medición fue de 0 a 5, donde 0 indica células sin movimiento y el valor de 5 corresponde a movimiento de células progresivo muy rápido <sup>(1)</sup>. El volumen del eyaculado (mL) se midió leyendo directamente de un tubo graduado, cuya capacidad fue de 15 mL y una graduación de 0.1 mL.

### Análisis estadístico

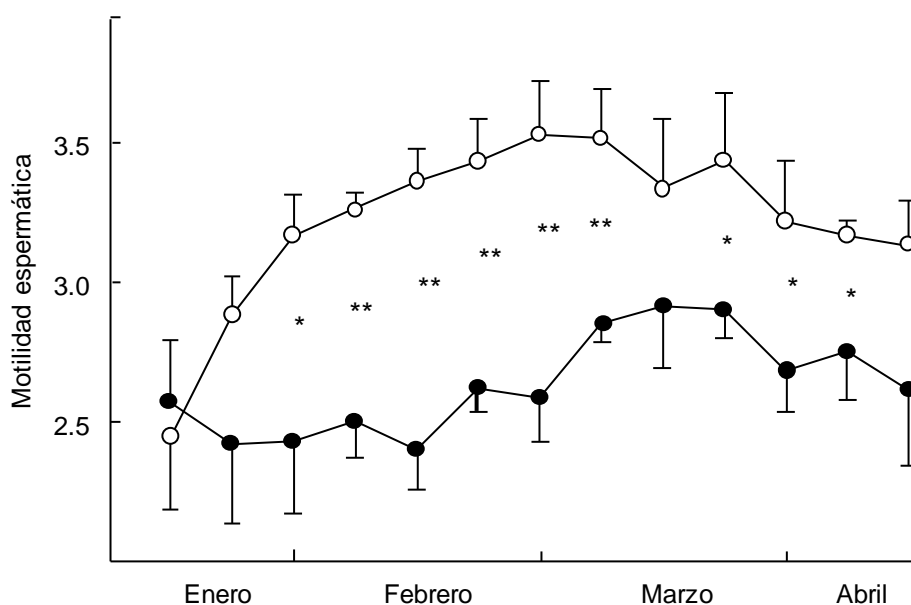
Los datos de la circunferencia escrotal, el volumen de semen y la motilidad espermática fueron sometidos a un análisis de varianza a dos vías (grupo y tiempo del experimento). Cuando existió una interacción entre grupo y tiempo, los datos fueron comparados mediante la prueba de Tukey". Los datos fueron presentados como promedio  $\pm$  SEM, y los resultados fueron considerados como significativos cuando la  $P < 0.05$ . Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SYSTAT 12.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La circunferencia escrotal promedio no fue diferente entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, hubo efecto del tiempo ( $P < 0.001$ ), así como también una interacción entre el tratamiento y el tiempo sobre la circunferencia escrotal ( $P < 0.001$ ). Así, durante las últimas tres semanas de estudio, la circunferencia escrotal fue más alta en los machos del grupo G-120 ( $30.3 \pm 0.7$  cm) que la registrada en el grupo G-75 ( $28.0 \pm 0.6$  cm). Similarmente, el volumen del eyaculado difirió dependiendo del tiempo de estudio (interacción;  $P < 0.0001$ ). Así, a partir del 15 de marzo y hasta finalizar el estudio, el volumen de eyaculado fue más alto en los machos del grupo G-120 ( $1.0 \pm 0.1$  mL), que el obtenido en el grupo G-75 ( $0.5 \pm 0.05$  mL). La motilidad espermática progresiva promedio fue más alta en los machos del grupo G-120, que la obtenida en el grupo G-75 ( $P < 0.001$ ; Figura 2). Además, hubo un efecto del tiempo ( $P < 0.001$ ), así como una interacción entre el tratamiento y el tiempo sobre la motilidad espermática ( $P < 0.001$ ). En efecto, a partir de la segunda semana de iniciado el tratamiento nutricional y hasta finalizar el estudio, la motilidad fue más alta en los machos del grupo G-120 ( $3.3 \pm 0.1$ ), que la obtenida en los machos del grupo G-75 ( $2.7 \pm 0.1$ ).

Los resultados del presente estudio demuestran que, la restricción nutricional de un 25% de sus necesidades nutricionales redujo la circunferencia escrotal, el volumen de eyaculado y la motilidad espermática de los machos cabríos tratados con días largos artificiales. En efecto, durante el periodo de actividad sexual, los valores de volumen de semen y motilidad espermática progresiva, fueron menores en los machos del grupo G-75 que los registrados en los machos del grupo G-120, los cuales fueron alimentados con una dieta que cubrió el 120% de sus requerimientos nutricionales. La calidad espermática en los machos del grupo G-120 confirman lo previamente reportado por Delgadillo et al. (2001). En ese estudio, el cual se desarrolló con machos estabulados, las características cuantitativas y cualitativas

del semen se incrementaron de febrero a abril, alcanzando su máximo nivel 10 semanas después de terminar el tratamiento de días largos. Estos resultados y los reportados por Delgadillo et al. (2001, 2002) confirman claramente que, en los machos cabríos alimentados intensivamente, la aplicación de 2.5 meses de días largos artificiales seguido de días naturales pueden ser utilizados eficazmente para inducir la actividad sexual e incrementar la calidad espermática durante el periodo de reposo sexual. Sin embargo, en los machos del grupo G-75, el tratamiento nutricional causó una disminución de la circunferencia escrotal, así como también una reducción de la calidad espermática principalmente en los meses de marzo y abril, tiempo durante el cual los machos responden al tratamiento fotoperiódico.



**Figura 1.** - Motilidad espermática de los machos cabríos tratados con días largos artificiales que recibieron el 75% (G-75, ●) o el 120% de sus requerimientos nutricionales (G-120, ○; media  $\pm$  EE).

Diferencias significativas entre tratamientos son indicados por un asterisco (\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ).

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que, la restricción nutricional de un 25% de sus necesidades nutricionales reduce la circunferencia escrotal, el volumen de semen y la motilidad espermática de los machos cabríos tratados con días largos artificiales.



**BIBLIOGRAFÍA**

- Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. 1991. Decrease in the seasonality of sexually behaviour and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*. 36:755-770.
- Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52:727-737.
- Delgadillo JA, Carrillo E, Moran J, Duarte G, Chemineau P, Malpoux B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J Anim Sci*. 79: 2245-2252.
- Delgadillo JA, Flores JA, Veliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, et al. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci*. 80: 2780-2786.
- Delgadillo JA, Fitz G, Duarte G, Veliz G, Carrillo E, Flores JA, et al. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil Dev*. 16: 471-478.
- Martin GB, Blache D, Miller DW, Vercoe PE. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*. 4: 1214-1226.
- Oldham CM, Adamas NR, Gherardi PB, Lindsay DR, Mackintosh JB. 1978. The influence of level of feed intake on sperma producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J Agric Res*. 29:173-179.
- NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Washington, DC, USA National Academy Press; 2007
- Walkden-Brown SW, Restal BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ, Martin GB. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentrations, testicular mass, sebaceous gland volumen and odour in Australian cashmere goats. *J Reprod Fertil*. 102:351-360.

## ANÁLISIS DEL TIEMPO DE INTERACCIÓN DE LOS USUARIOS CON LA APLICACIÓN MÓVIL PREMMAC

**MITC. Mario. P. Narváez Mendoza\***, **Dr. Miguel Angel González González\***,  
**MC. Luis Antonio González Jasso\***, **MC. Noé Chávez Sánchez\*\*** y **ITIC. Sergio Alejandro Juárez Torres\***

\*INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: [narvaez.mario@inifap.gob.mx](mailto:narvaez.mario@inifap.gob.mx)

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

### INTRODUCCIÓN

La programación de riego, es una técnica que permite determinar el manejo óptimo de agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo. Esta técnica permite responder a dos preguntas fundamentales: ¿cuándo regar? y ¿cuánto regar?, es decir, conocer la dosis y las frecuencias de riego requeridas. Para ello, se debe considerar las condiciones climatológicas locales, características físicas del suelo, cultivo y el manejo agronómico en general. El propósito de una programación de riego es abastecer al cultivo de maíz y manzano con el agua necesaria para obtener un rendimiento óptimo y una buena calidad del producto; así mismo, incrementar la eficiencia del agua aplicada, especialmente en zonas donde es escasa (Smith, 1991).

Hoy en día el uso de dispositivos móviles con acceso a internet se ha convertido en una herramienta que permite acceder a bases de datos en tiempo real. Ante esta posibilidad de conexión, se plantea el uso de los teléfonos inteligentes para auxiliar al productor o técnico en la programación del riego en tiempo real. Con base en este criterio, se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles (PREMMAC), con la cual se realiza la programación del riego en tiempo real para calendarizar el riego para un área específica (Shayya y Bralts, 1990).

Para analizar y ver áreas de mejora en la aplicación se utilizó Google Analytics®, el cual sirvió en el monitoreo del tiempo que los usuarios utilizan la aplicación PREMMAC y establecer una relación entre las consultas que se realizan (Alhlou et al., 2016).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La estructura de la aplicación integra varios componentes de las tecnologías de información, tales como medio de comunicación de celular, internet, bases de datos de clima, sistemas de información geográfica y software que hacen posible la aplicación del conocimiento científico actual para hacer un uso eficiente del agua en los cultivos de maíz y manzano.

Por medio de un análisis de requerimientos, PREMMAC se diseñó y generó en los Sistemas Operativos Android e iOS (Figura 1), siguiendo el proceso de ingeniería de software (James y James, 1994). Como procedimiento se utilizó la estadística básica para obtener el tiempo de interacción de los usuarios con la aplicación (porcentaje), es decir, como primer paso se realizaron: 1) El reporte de sesiones Google Analytics, mediante el módulo que fue previamente puesto en la aplicación. 2) Gráficas de porcentaje los datos arrojados por el reporte por medio del Software Excel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los datos que arroja el reporte de Google Analytics, se obtuvo que el mayor tiempo en los que los usuarios interactuaron con PREMMAC, que comprendió el período de enero 2018 a julio 2019 con un número de 2693 sesiones, fue de 0 a 10 segundos (60%) (Figura 2). Posteriormente, se determinó que el porcentaje de las sesiones de los usuarios entre 11 y 1800 segundos, fue del 39%, y el porcentaje menor, conde 1801 segundos fue del 1 %.

Los datos reflejan que los usuarios no utilizan la aplicación en un período más allá de 10 segundos, esto se debe a que la aplicación ahorra tiempo en el proceso de consulta, por medio de facilitar el proceso de capturas de los datos de la parcela del productor, ya que se registran los datos en una sola ocasión. Posteriormente para utilizar la aplicación en el módulo de consulta solo se cambian los períodos de consulta.

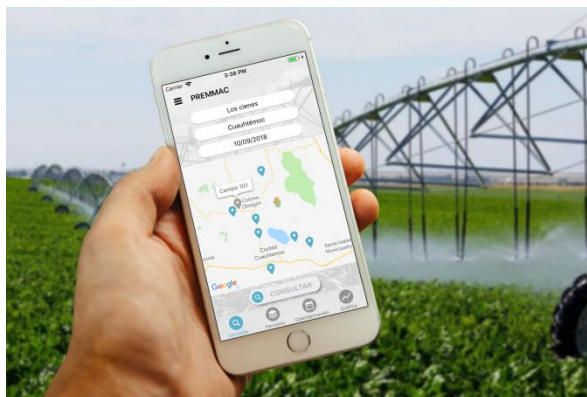


Figura 1. Aplicación móvil PREMMAC, La descarga e instalación de la aplicación (Disponible en Google Play® y App Store®)

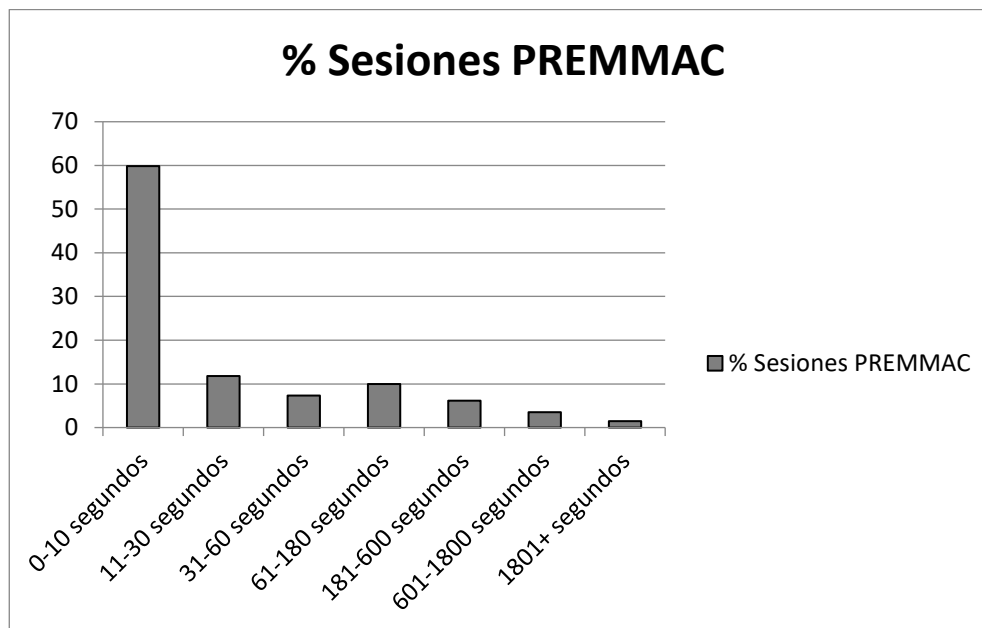


Figura 2. Porcentaje de sesiones por parte de los usuarios de la aplicación PREMMAC.

## CONCLUSIONES

En resumen:

- La presentación de los datos de manera visual, apoya al usuario a interpretar la información para el establecimiento de riegos en maíz y manzano.
- El tiempo que interactúan los usuarios con la aplicación se realiza en un tiempo corto.
- Los mecanismos para registrar los datos y posteriormente consultar la información es adecuada.
- Se detectaron áreas de mejora en la aplicación, como mejoras en el manejo interno de los procesos para permitir que la aplicación realice los cálculos en un corto período de tiempo.
- La aplicación realiza los cálculos básicos y confiables para definir cuándo y cuánto regar al maíz y manzano al desplegar la información gráfica que permite la definición de estrategias eficientes del manejo del riego; de tal forma que se riega en el momento oportuno, sin que el cultivo sufra estrés hídrico, y se aplique solo el agua necesaria; lo cual permite lograr altos rendimientos y una alta eficiencia en el uso del agua de riego.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alhlou F., Asif S., y Fettman E. 2016. Google Analytics Breakthrough: From Zero to Business Impact, ISBN: 978-1-119-14401-4.
- James M., y James O. 1994. "Análisis y Diseño Orientado a Objetos". Prentice Hall. México.
- Shayya, W. H., Bralts, V. F., & Olmstead, T. R. 1990. A General Irrigation Scheduling Package for Microcomputers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 5:197-212. [https://doi.org/10.1016/0168-1699\(90\)90011-D](https://doi.org/10.1016/0168-1699(90)90011-D).
- Smith, M., R.G. Allen, J.L. Monteith, A. Perrier, L. Pereira, and A. Segeren. 1991. "Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 54. pp.

## USO DE HORMONAS PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ACODOS AEREOS EN HIGUERA (*Ficus carica* L.)

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos<sup>1</sup>, Hilario Macías Rodríguez<sup>1</sup>, Ma. Magdalena Villa Castorena<sup>1</sup>, María del Rosario Jacobo Salcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera, INIFAP. Km 6 + 500, margen derecha canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. E-mail: villalobos.arcadio@inifap.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

Con los acodos aéreos se producen clones o plantas con las mismas características de la planta madre. Estas nuevas plantas resultan idénticas a las que les dieron origen. Las células vegetativas al dividirse mitóticamente, mantienen constante su información genética, a esta duplicación se le llama clonación y a las poblaciones de plantas descendientes se les llama clones (Hartmann y Kester 1995; López *et al.*, 2005). La clonación se logra a través de la reproducción asexual (también llamada vegetativa) empleando partes o fragmentos de una planta para formar otras idénticas a la planta madre (ó material parental). Estos fragmentos pueden ser estacas, o estaquillas (estacas de menor tamaño), bulbos, tubérculos, rizomas, pedazos de tallo, hojas o partes de estas. Estos órganos o fragmentos de plantas, suelen ser llamadas esquejes o también desquejes (Boutherin y Bron, 1994).

La higuera (*Ficus carica* L) se ha venido cultivando en México durante muchos años como una especie marginal y a nivel nacional apenas se superan las 800 hectáreas de este cultivo, con rendimientos promedio de siete toneladas de higo fresco por hectárea. Tradicionalmente ha sido propagado por estacas, en algunos estados de México como Morelos, Hidalgo, Veracruz, Baja California Sur, Distrito Federal, Puebla, Durango, San Luis Potosí y Sonora, y recientemente se están estableciendo plantaciones comerciales en los estados de Durango y Coahuila, con algunas decenas de hectáreas destinadas al cultivo de este frutal. Actualmente los sistemas de propagación de esta planta no han demostrado ser eficientes para producir grandes cantidades de planta. El uso de los acodos aéreos está tomando auge para hacer una multiplicación masiva, en corto tiempo, ya que cada acodo generará una planta con las características de la planta madre

(clones), lo cual cumple con las expectativas de producción. Con la técnica del acodo aéreo para la propagación de plantas, se asegura la obtención de material vegetal con mejor calidad agronómica y en cualquier época del año (Macías, *et al.*, 2012; Mendoza, 2013). El experimento se estableció en la pequeña propiedad Poanas, del municipio de Gómez Palacio, Durango con el objetivo de evaluar tres enraizadores en una huerta con árboles de cinco años de edad. Se seleccionaron para hacer los acodos aéreos. El mejor tratamiento fue el Raizal 400 y el Hortiroot con protección de estacas con túnel durante 10 días. Este tratamiento incrementó producción de raíces, hojas y brotes. Las diferencias entre las medias de peso de raíz en base a materia seca fueron significativas entre los tratamientos (enraizadores).

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El experimento se estableció en la pequeña propiedad Poanas, del municipio de Gómez Palacio, Durango, con el objetivo de evaluar tres enraizadores en una huerta con árboles de cinco años de edad. Se seleccionaron cinco árboles para hacer los acodos aéreos, usando un árbol por repetición. La época en que se estableció el experimento y para la aplicación de esta técnica se requirió que las plantas se encontraran en la etapa vegetativa. Los acodos se establecieron en las ramas de las plantas seleccionadas y, 60 días después, se cortaron para obtener el peso de raíz en seco de cada uno de los acodos con sus respectivos tratamientos.

En esta evaluación experimental, se mantuvieron uniformes el riego a través de goteo con cintilla y la nutrición a través del propio sistema de riego. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y con cinco repeticiones (se seleccionó un árbol para cada repetición); los tratamientos evaluados fueron (Figura 1):

T0: Testigo sin enraizador

T1: Tratamiento con Rooting

T2: Tratamiento con Hortiroot

T3: Tratamiento con Raizal 400



Figura 1. Distribución de los acodos aéreos en las ramas de un árbol maduro, con los tratamientos de enraizadores

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, al comparar la producción de raíz en base a la producción de materia seca por acodo (Cuadro 1). De acuerdo con los resultados de los análisis estadísticos, se observa que el mejor tratamiento en la producción de materia seca de raíz fue el Raizal 400 con 20 g en promedio, seguido del producto Hortiroot con 19 g de raíz en base a peso seco (Figura 2).

La Figura 2 se comparan las medias por tratamientos de la variable peso en seco de raíz en higuera Black mission. La diferencia fue significativa entre los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). En primer lugar, fue en el tratamiento Raizal 400 con una media de 20.1 g. En segundo lugar, quedó el Hortiroot con una media de 19.0 g y en el tercer lugar se encuentra el Rooting con una media de 9.7 g, apenas superando al testigo.

Cuadro 1. Producción de materia seca de raíces en acodos tratados con tres enraizadores



TRATAMIENTOS	REPETICIONES					MEDIA
	I	II	III	IV	V	
Testigo (T)	4.0	8.7	15.7	8.0	4.3	<b>8.1 c*</b>
Rooting	17.0	10.0	13.3	4.3	4.0	<b>9.7 c</b>
Hortiroot	27.7	16.0	19.7	27.7	4.0	<b>19.0 a</b>
Raizal 400	18.7	9.7	39.3	19.7	13.3	<b>20.1 a</b>

\*Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

En la Figura 2 se observa que los tratamientos con enraizadores que produjeron una menor cantidad de raíces, fueron los tratamientos testigo y Rooting con valores de 8.1 y 9.7 gramos de materia seca de raíz. Todos los acodos que se cosecharon después de los 60 días que se mantuvieron en el árbol, produjeron raíz suficiente para sobrevivir y generar una nueva planta de higuera, sin embargo, los acodos que produjeron una mayor cantidad de raíz aseguran en un 100% la sobrevivencia de la planta y mostrar una mejor respuesta en la brotación.

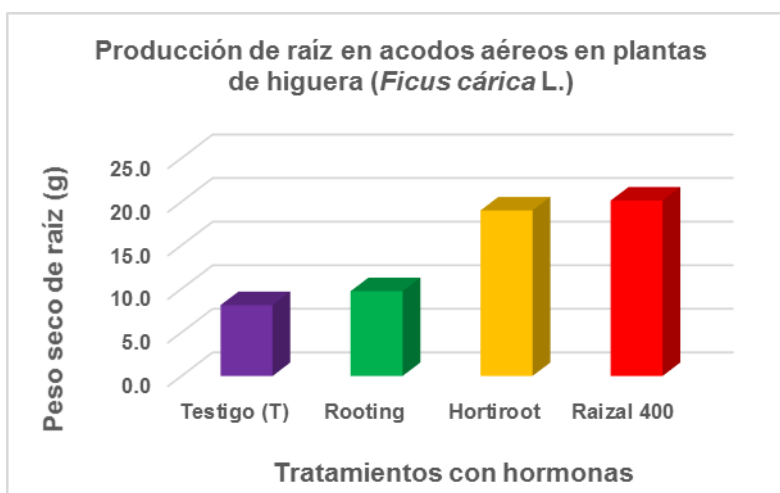


Figura 2. Tratamientos de enraizadores para la producción de raíz en acodos aéreos en plantas de higuera (*Ficus carica* L.)

Overvoorde *et al.*, (2010) realizaron un experimento donde evaluaron dos enraizadores (Pectimorf o Raizone plus) en estacas (esquejes) de planta de higuera, y encontraron que los tratamientos testigo, produjeron raíces sin la necesidad de aplicar hormonas de crecimiento. Esto significa que, el material vegetativo de la higuera tiene la capacidad genética y fisiológica, para producir raíces sin la necesidad de productos que inducen este

efecto de crecimiento. Se entiende que la planta de higuera tiene la capacidad de producir hormonas vegetales como las auxinas, para promover el crecimiento de las partes de la planta como los ápices de las hojas, los tallos y las yemas.

### **CONCLUSIONES**

-Todos los acodos que se cosecharon después de los 60 días que se mantuvieron en el árbol, produjeron raíz suficiente para sobrevivir y generar una nueva planta de higuera, sin embargo, los acodos que produjeron una mayor cantidad de raíz aseguran en un 100% la sobrevivencia de la planta y mostrar una mejor respuesta en la brotación.

- El material vegetativo de la higuera tiene la capacidad genética y fisiológica, para producir raíces sin la necesidad de productos que inducen este efecto de crecimiento. La planta de higuera tiene la capacidad de producir hormonas vegetales como las auxinas, para promover el crecimiento de las partes de la planta como los ápices de las hojas, los tallos y las yemas.

### **LITERATURA CITADA**

Boutherin D., Bron G., 1994. Multiplicación de plantas hortícolas. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España., p. 225.

Hartmann H. T. y Kester D. E., 1995. Propagación de plantas, principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, S.A. De C. V. (CECSA) México., p. 760.

López C.G.A., Mateo S.J.J. 2005. Manual para clonación de coníferas ornamentales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Ingeniería en Manejo de Recursos Forestales. Fundación Hidalgo Produce. Editorial UAEH.

Macías, R. H., J. A. Muñoz V., Ma. M. Villa C., M. A. Velásquez V. y Ma. del C. Potisek T. 2012. Utilización de Trichoderma para enraizamiento de estaca de higuera de higo blanco

en contenedores cerrados. Revista AGROFAZ. Publicación semestral de investigación científica. Vol.10 Núm. 4. (ISSN: 1665-8892). Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. México. pp 17-23.

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.

Overvoorde P., Fukaki H. y Beeckman T. 2010. Auxin Control of root development. Cold Spring Harb Perspect Biol.

## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON LA FECHA DE SIEMBRA

**Miguel A. Avila Perches<sup>1\*</sup>, A. Josué Gámez Vázquez<sup>1</sup>, Ramón Huerta Zurita<sup>1</sup>, F. Paúl Gámez Vázquez<sup>1</sup> y Juan Virgen Vargas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto.<sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes- Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México.

[\\*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:*avila.miguel@inifap.gob.mx)

### INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es el cultivo más importante, se siembran cerca de 7.4 millones de ha y se producen poco más de 27.1 millones de t, de éstas, el 87 % es de grano blanco. Nuestro país es el séptimo productor de maíz en el mundo, pero también es un consumidor importante del mismo, por lo que es uno de los principales importadores del grano a nivel internacional (SIAP, 2019).

En México, se produce principalmente maíz blanco, que se utiliza para el consumo humano, con la producción nacional se cubre prácticamente la totalidad de la demanda interna de esta variedad, sin embargo, nuestro país es deficitario de maíz amarillo, por lo que en 2018 se importaron, principalmente de Estados Unidos de América, 17 millones de t de este tipo de grano, con un valor superior a los 3,200 millones de dólares, lo que provoca fuga de divisas y dependencia con el exterior (SIAP, 2019).

Guanajuato es el quinto estado más importante en la producción nacional de maíz, ya que se cosechan cerca de 1.7 millones de t, el 75 % se obtiene en riego y el restante 25 % en temporal, con un rendimiento promedio de 1.7 y 8.9 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (FIRA, 2016).

El maíz es el cereal de mayor adaptación en el mundo y el conocimiento del ambiente donde se desarrolla la planta es relevante para obtener el mayor potencial de rendimiento, en general las mayores producciones se presentan en ambientes donde los meses más calurosos varían entre 21 a 27 °C en el día y de 14.4 a 21 °C en la noche y un periodo libre de heladas de 120 a 180 días. La selección de la fecha óptima de siembra para evitar las heladas y que durante la etapa

reproductiva del cultivo se presenten temperaturas frescas, es fundamental para obtener mayor producción y por lo tanto más altos beneficios económicos (Cantú *et al.*, 2010).

La época de siembra y la variedad son factores críticos en un sistema de producción en condiciones de riego. Las variedades responden diferencialmente a los factores ambientales (principalmente plagas, enfermedades y temperatura) que se manifiestan en diversos grados a lo largo de la estación de crecimiento y que impactan el rendimiento y la calidad del producto (Ramírez *et al.*, 2010).

En El Bajío de Guanajuato al retrasar la fecha de siembra de maíz en riego, hubo una reducción del peso volumétrico y del rendimiento de grano, por lo que se observó mejor respuesta en siembras establecidas a finales de abril (Avila *et al.*, 2013).

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de tres fechas de siembra en el rendimiento y características agronómicas de 16 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo primavera-verano de 2018 en terrenos del Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en localidad de Roque, municipio de Celaya, Guanajuato, que se localiza en 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar. Su clima es del tipo BS1 hw (w)(e)g que corresponde a semiseco y semicálido. Su precipitación total y temperatura media anual son de 592.8 mm y 19.8 °C respectivamente. El tipo de suelo donde se realizó la evaluación de los tratamientos se clasifica como vertisol, de textura arcillosa, con pH de 7.81, materia orgánica de 1.88 %, en tanto que su contenido de nitrógeno y fósforo se clasifica como mediano y alta presencia de potasio.

El ensayo se estableció con un arreglo en parcelas divididas en un diseño experimental de bloques al azar, en la parcela mayor se ubicaron tres fechas de siembra: 21 de mayo, 10 y 30 de junio de 2018, mientras que en la parcela chica se situaron 16 híbridos de maíz, nueve de grano blanco y siete de color amarillo.

La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y 80 cm de separación, en tanto que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 5 m de longitud. Los experimentos se

establecieron con una densidad de población de 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , se utilizó la fórmula de fertilización 240-60-00, para lo cual se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno (N) en la siembra y el resto del N se incorporó en la segunda escarda. Después de la siembrase aplicó un riego para promover la germinación de la semilla y emergencia de plántulas, posteriormente el desarrollo del cultivo dependió de la presencia de las lluvias, no obstante, se realizó un riego en la etapa de espigamiento del cultivo. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de grano (RG), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera de la mazorca (NGHM) y profundidad de grano (PG). Se efectuó el análisis estadístico utilizando el programa SAS. Cuando las diferencias fueron significativas se utilizó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (ANVA) detectaron diferencias significativas ( $\geq 0.01$  de probabilidad) para fechas de siembra (FS), genotipo (G) y para la interacción FS X G, en rendimiento de grano, altura de planta y mazorca, así como en profundidad de grano, sin embargo en esta última característica, no hubo significancia en la interacción FS X G (Cuadro 1). En RG, AP y AM, tuvo mayor influencia la fecha de siembra, mientras que el genotipo fue determinante en la manifestación de la PG. Además, cabe señalar que los coeficientes de variación presentaron valores inferiores a 11 %, por lo que se consideran bajos y son indicativos de la confiabilidad de los resultados.

El rendimiento de grano (RG) disminuyó conforme se retrasó la fecha de siembra (FS), lo que coincide con lo reportado por Avila *et al.* (2013), de tal forma que en la siembra establecida el 10 de junio hubo una reducción de la producción en 5.71 % con respecto a la FS del 21 de mayo, mientras que si se compara el RG entre la FS 1 y 3, se observó una pérdida del 28.15 %, en tanto que al sembrar el 30 de junio el promedio fue menor en 23.79 % con respecto a la FS del 10 de junio (Cuadro 2).

En promedio para las tres FS, el mayor rendimiento de grano fue para Remaco 14 A, Remaco 47 y H-389-O con un valor superior a  $13.5 \text{ t ha}^{-1}$ , cabe destacar que el primer híbrido mencionado, es de grano amarillo y presentó también la mayor profundidad de grano, la menor producción de grano fue para H-320A. Los mayores portes de planta y mazorca fueron exhibidos por H-388-O y Ocelote, en tanto que H-377 fue el que presentó los menores valores en AP y AM (Cuadro 2).

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de grano y variables agronómicas de 16 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en tres fechas de siembra en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Fuente de Variación	Cuadrados medios			
	Rendimiento de grano	Altura de planta	Altura de mazorca	Profundidad de grano
Fecha de Siembra (FS)	260.91**	2.18**	1.34**	0.32**
Genotipo (G)	22.50**	0.12**	0.06**	0.48**
FS X G	5.87**	0.03**	0.03**	0.09NS
CV (%)	10.94	4.47	6.90	12.10

<sup>1</sup>NS: No Significativo

<sup>2</sup>CV: Coeficiente de variación

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

Cuadro 2. Rendimiento de grano y variables agronómicas de 16 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en tres fechas de siembra, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Factor de Estudio	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (m)	Altura de mazorca (m)	Profundidad de grano (cm)
<b>Fecha de siembra</b>				
21 mayo	13.64	2.61	1.35	2.26
10 junio	12.86	2.72	1.46	2.12
30 junio	9.80	2.36	1.17	2.23
DMS <sup>5</sup>	0.64	0.04	0.03	0.06
<b>Híbrido</b>				
Remaco 14A <sup>2</sup>	14.55	2.64	1.37	2.64
Remaco 47 <sup>1</sup>	13.58	2.48	1.35	2.21
H-389-O <sup>3</sup>	13.57	2.49	1.22	2.43
H-377 <sup>1</sup>	12.95	2.33	1.19	2.39
H-388-O <sup>3</sup>	12.72	2.68	1.42	2.28
Ocelote <sup>1</sup>	12.64	2.67	1.42	2.27
H-387A <sup>2</sup>	12.37	2.61	1.37	1.71
Remaco 48 <sup>1</sup>	12.34	2.52	1.29	2.16
Remaco 15A <sup>2</sup>	12.30	2.60	1.36	2.16
H-386A <sup>2</sup>	12.23	2.67	1.41	2.19
Cimarrón <sup>1</sup>	11.96	2.61	1.33	2.16
Remaco 49 <sup>1</sup>	11.84	2.64	1.35	2.14
H-382A <sup>2</sup>	10.91	2.50	1.28	2.16
H-327-AO <sup>4</sup>	10.31	2.59	1.34	2.02
H-316 <sup>1</sup>	9.82	2.38	1.19	2.30
H-320A <sup>2</sup>	9.59	2.60	1.33	2.06
DMS <sup>5</sup>	1.07	0.09	0.07	0.21

<sup>1</sup>Grano Blanco

<sup>2</sup>Grano Amarillo

<sup>3</sup>Grano Blanco Alto Aceite

<sup>4</sup>Grano Amarillo Alto Aceite

<sup>5</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa

Los análisis de varianza (Cuadro 3) indicaron que para las características de mazorca, el genotipo (G) fue el factor que más influyó en la manifestación de la longitud y diámetro de mazorca, y en el número de hileras por mazorca, en tanto que la fecha de siembra (FS) tuvo mayor influencia en la expresión del número de granos por hilera de la mazorca. Cabe mencionar, que la interacción FS X G no fue significativa en las cuatro variables de mazorca que se evaluaron. Asimismo, es necesario destacar los bajos valores de los coeficientes de variación, lo cual está relacionado con la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para caracteres de mazorca de 16 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en tres fechas de siembra en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Fuente de Variación	Cuadrados medios			
	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera de la mazorca
Fecha de Siembra (FS)	0.28NS	0.08NS	1.04NS	81.45**
Genotipo (G)	6.98**	0.30**	6.29**	23.87**
FS X G	1.32NS	0.07NS	0.93NS	5.05NS
CV (%)	6.33	4.29	5.69	6.51

<sup>1</sup>NS: No Significativo

<sup>2</sup>CV: Coeficiente de variación

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

El mayor valor para número de granos por hilera de la mazorca se observó en la FS del 21 de mayo y conforme se retrasó la siembra hubo disminución de esta característica, aunque entre la FS 2 y 3, sólo hubo diferencias numéricas, pero no estadísticas (Cuadro 4).

En promedio de las tres fechas de siembra, los mayores promedios para longitud de mazorca fueron para H-388-O, Remaco 48, H-316 y H-386A, con valores superiores a 16.3 cm, cabe destacar que el primer híbrido mencionado presentó también el más alto número de hileras por mazorca y granos por hilera de la mazorca (Cuadro 4). La menor LM fue para H-387A y Remaco 15A, además el primer genotipo indicado, presentó también valores bajos para DM y NHM, y ambos híbridos tuvieron los menores NGHM.



Cuadro 4. Características de mazorca de 16 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en tres fechas de siembra, en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

<b>Factor de Estudio</b>	<b>Longitud de mazorca (cm)</b>	<b>Diámetro de mazorca (cm)</b>	<b>Número de hileras por mazorca</b>	<b>Número de granos por hilera de la mazorca</b>
<b>Fecha de siembra</b>				
21 mayo	15.76	5.13	16.82	35.23
10 junio	15.71	5.08	16.98	33.55
30 junio	15.84	5.16	17.07	33.08
DMS <sup>5</sup>	0.40	0.08	0.40	0.50
<b>Híbrido</b>				
H-388-O <sup>3</sup>	17.47	5.04	18.16	36.50
Remaco 48 <sup>1</sup>	17.00	5.10	16.40	34.88
H-316 <sup>1</sup>	16.38	5.15	17.03	35.98
H-386A <sup>2</sup>	16.32	4.99	15.70	32.46
H-320A <sup>2</sup>	15.95	5.07	16.16	32.90
H-377 <sup>1</sup>	15.91	5.50	17.36	34.78
Remaco 47 <sup>1</sup>	15.81	5.23	16.33	34.41
Cimarrón <sup>1</sup>	15.75	5.30	17.20	34.50
Ocelote <sup>1</sup>	15.65	4.89	17.03	33.95
Remaco 14A <sup>2</sup>	15.56	5.02	17.50	34.51
H-389-O <sup>3</sup>	15.54	5.13	18.00	34.55
H-327-AO <sup>4</sup>	15.37	4.99	16.36	33.23
H-382A <sup>2</sup>	15.13	5.26	17.93	32.45
Remaco 49 <sup>1</sup>	15.11	5.21	16.95	34.65
H-387A <sup>2</sup>	14.96	4.87	16.20	32.00
Remaco 15A <sup>2</sup>	14.41	5.18	17.03	31.50
DMS <sup>5</sup>	0.80	0.17	0.78	1.78

<sup>1</sup>Grano Blanco

<sup>2</sup>Grano Amarillo

<sup>3</sup>Grano Blanco Alto Aceite

<sup>4</sup>Grano Amarillo Alto Aceite

<sup>5</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa

## CONCLUSIONES

Al retrasar la fecha de siembra se observó una disminución en el rendimiento de grano y en el número de granos por hilera de la mazorca.

La fecha de siembra no influyó significativamente en la longitud y diámetro de la mazorca, y en el número de hileras por mazorca.

El mayor rendimiento de grano se observó en Remaco 14A, Remaco 47 y H-389-O

## BIBLIOGRAGÍA

- Avila P. M. A., J. R. A. Dorantes G., A. J. Gámez V., R. E. Hernández C., M. Bobadilla M., J. Virgen V., F. P. Gámez V. 2013. Comportamiento agronómico de ocho híbridos de maíz amarillo bajo diferentes fechas de siembra. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 1(1): 20-25.
- Cantú A. M. A., C. A. Reyes M., L. A. Rodríguez del B. 2010. La fecha de siembra: una alternativa para incrementar la producción de maíz. Folleto técnico No. 4. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas. 29 p.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2016. Panorama Agroalimentario, Maíz. México, D. F.
- Ramírez D. J. L., J. J. Wong P., J. A. Ruiz C., M. Chuela B. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(1): 61-68.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Consultado en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (agosto de 2019).

## FERTILIDAD DEL SUELO EN UNA MILPA MAYA (MODULO 1) DE NUEVO TEZOCA, TIZIMÍN YUCATÁN, MÉXICO.

1\*J.H. Ramírez Silva, 1 G. Ramírez Jaramillo y 1 M.G. Lozano Contreras.

1 Centro 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

\*Autor para correspondencia: ramirez.jorge@inifap.gob.mx

### INTRODUCCION

En Yucatán la producción de maíz se sigue realizando principalmente bajo temporal con aproximadamente 130 mil hectáreas de las cuales el 90 por ciento se dedica a la producción de maíz en el sistema milpa con roza-tumba-quema (r-t-q).

Mucho se ha hablado de la milpa maya en donde se practica la r-t-q. En los años 70's se realizaron esfuerzos considerables para entender y dar solución a uno de los problemas más apremiantes que enfrentaban los campesinos yucatecos que era la reducción de los rendimientos de maíz donde practicaban el sistema r-t-q (Pool Novelo, 1986).

Existen muchas definiciones sobre la milpa; sin embargo, las mejores definiciones son las que integran todos los componentes del sistema como lo menciona Lara Ponce et al. (2012) quien define a la milpa como: "un complejo agroecosistema integrado a la selva tropical, proporciona ingresos económicos a las familias junto con el aprovechamiento de los recursos naturales y las actividades extraparcera". Es un sistema que se maneja localmente y que altera menos el ecosistema que otros sistemas de producción agrícola modernos (Rappaport, 1975).

De acuerdo a Arias (1979-1991), el maestro Hernández Xolocotzi comenta que la r-t-q es un sistema eficiente que aprovecha los recursos de la selva y se adapta a los suelos calcimórficos en referencia a los suelos de la Península de Yucatán. Puede mantener la capacidad productiva el suelo si se deja descansar por un mínimo de 7 años hasta la regeneración del monte ya que la fertilidad del suelo está relacionada con la hojarasca, la circulación de minerales y el periodo de descanso.

La reducción de rendimientos es atribuible a un descenso de la fertilidad de los suelos y varios autores han comentado sobre esto al manifestar que en la milpa los periodos de descanso se han reducido de 20 a 7 años y que la fertilidad de los suelos ha mermado debido a la reducción de cultivos incorporados al sistema. También se comenta que la fertilidad del suelo es un regulador básico del agroecosistema (Mariaca Méndez, 1988) y la competencia entre arvenses y cultivos se da en función a una adaptación a la baja fertilidad del suelo.

Con ese enfoque se le dio sustento a este trabajo de investigación que tuvo como objetivo evaluar la fertilidad del suelo, con diferentes antecedentes, dentro de una milpa maya ubicada en Nuevo Tezoco, Municipio de Tizimín, Yucatán.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó al cabo en la comunidad de Nuevo Tezoco, perteneciente al municipio de Tizimín en el estado de Yucatán ubicado en las coordenadas GPS: Longitud: -87.561667 (Longitud W 21° 18' 24.94") y Latitud: 21.306944 (Latitud N -87° 33' 42.00") a una altura media de 13 metros sobre el nivel del mar con un clima Aw<sub>2</sub>.

El estudio se realizó en el terreno del productor cooperante: Leoncio Loria Chimal como parte del proyecto: Validación de Modelos Agroforestales en el estado de Yucatán (Modelo Milpa Maya Mejorada) financiado por PRONATURA.

Este módulo se caracteriza por tener suelos asociados entre pedregosos *Leptosoles* y suelos rojos un poco más profundos *Cambisoles* rodeada de vegetación secundaria de diferentes edades.



**Figura 1-2. Zonas con vegetación secundaria y suelos rojos *Cambisoles* dedicados a la Milpa Maya en la comunidad de Nuevo Tezoco, Tizimín Yucatán.**

Las zonas monitoreadas fueron las de suelos rojos *Cambisoles* principalmente y enumeradas de la siguiente forma:

- ZONA 1. Suelo rojo en Monte Alto de 30 años de edad
- ZONA 2. Suelo rojo en Monte Bajo de 5 años de edad
- ZONA 3. Suelo rojo con r-t-q hace 8 meses (marzo-abril 2018) en monte bajo de 5 años
- ZONA 4. Suelo rojo con 3 años de uso consecutivo en la parte alta del relieve
- ZONA 5. Suelo rojo con 3 años de uso consecutivo en la parte baja del relieve

Se tomó una muestra compuesta de cada zona de estudio, proveniente de tres submuestras debidamente mezcladas considerando 0-20 cm de profundidad. Las muestras fueron enviadas al laboratorio para el análisis de pH, Materia Orgánica (MO), Nitrógeno como Nitratos (N-NO<sup>3-</sup>), Fósforo Asimilable (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) intercambiables y Zinc como elemento menor.

El pH se midió con potenciómetro en relación 1:1 suelo:agua, la MO (%) se determinó por Walkley y Black, el N-NO<sup>3-</sup> (ppm) por el método de Brusina, el P (ppm) por método Olsen. El K (ppm), Ca (meq/100 gr) y Mg (meq/100 gr) se extrajeron con Acetato de Amonio pH 7 y el Zn (ppm) con extracción DTPA (Phytomonitor, 2018).

Los contenidos nutrimentales fueron comparados con los rangos de suficiencia reportados por la Norma Oficial Mexicana (Nom-021-Semarnat-2000) y el grado de variación entre zonas se realizó al calcular el Coeficiente de Variación (CV) considerando con la desviación estándar (s) y la media aritmética ( $\bar{x}$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se reportan los contenidos nutrimentales de las cinco zonas consideradas en el estudio y en el Cuadro 2 los CV's entre zonas de cada atributo del suelo.

**Cuadro 1. Contenidos nutrimentales en suelos de diferentes zonas de la milpa maya en la comunidad de Nuevo Tezoco, Municipio de Tizimín, Yucatán. Ciclo Primavera-Verano. 2018/2018.**

Suficiente  Deficiente  Exceso 

ZONA	pH	MO (%)	N-NO3- (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/100 gr)	Mg (meq/100 gr)	Zn (ppm)
1	6.85	4.42	12.00	6.00	218.40	35.00	2.63	0.40
2	7.05	5.70	13.60	4.00	327.60	29.50	1.43	0.70
3	7.36	4.36	28.00	8.00	397.80	26.50	1.51	0.40
4	7.15	4.02	19.20	8.00	429.00	34.00	2.47	0.50
5	7.46	3.08	18.40	8.00	518.70	23.50	2.31	0.00
LÍMITES CRÍTICOS	6.6-7.3	2.5-3.0	20-40	20-30	100-250	7.5-17.5	0.8-2.0	3-10

**Cuadro 2. Coeficientes de variación de (CV), desviación estándar (s) y medias ( $\bar{x}$ ) de cada atributo del suelo entre zonas de la milpa maya de Nuevo Tezoco, Municipio de Tizimín, Yucatán. Ciclo Primavera-Verano. 2018/2018.**

Medida	pH	MO (%)	N-NO3- (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/100 gr)	Mg (meq/100 gr)	Zn (ppm)
s	0.22	0.84	5.60	1.6	100.80	4.37	0.50	0.23
$\bar{x}$	7.17	4.32	18.24	6.8	378.3	29.7	2.07	0.4
CV	3.04	19.51	30.69	23.53	26.65	14.70	24.20	57.01

### pH del suelo

El pH de las zonas de estudio varió de 6.85 a 7.46 con una media general de 7.17 siendo la zona 1, correspondiente al monte alto de 30 años de edad el del valor más bajo con 6.85 y el valor más alto de 7.46 se encontró en la zona 5 caracterizada por tener un suelo rojo con 3 años de uso consecutivo.

La tendencia es que el pH del suelo puede incrementar a medida que se tiene un uso más intensivo en comparación a los suelos provenientes de la vegetación de 30 y 5 años. Esta tendencia del pH puede estar relacionada con la influencia de la acumulación de MO y su descomposición ya que a medida que la MO aumenta el pH disminuye. Esto puede estar relacionado con el proceso de nitrificación donde a partir de dos moléculas de amonio se liberan cuatro hidrógenos ( $4H^+$ ) como lo comenta Ortiz Villanueva (1977).

Por otro lado, se podría explicar que el pH aumenta a medida que el suelo recibe aportaciones de cenizas provenientes de la quema de la vegetación como se puede observar en las zonas 3, 4 y 5. Las cenizas contienen cantidades importantes de P, K, Ca y Mg que se encuentran como óxidos, hidróxidos o carbonatos con efectos alcalinos en el suelo (Etiégni y Campbell, 1991).

### **Materia Orgánica (MO)**

Los resultados muestran, en todas las zonas, contenidos muy altos de MO, con una media de todas las zonas de 4.3%, ya que están por arriba del rango de 2.5 a 3.0%, reportado por la Norma Oficial Mexicana. Es de notar que los suelos de zonas con vegetación de 30 y 5 años muestran los contenidos de MO más altos con 4.42 y 5.70% respectivamente; valores semejantes (5.36%) fueron encontrados por Medina et al. (2017) en vegetación de más de 30 años de edad en estudios realizados en el estado de Campeche. Por otra parte, la zona 5, con tres años de uso intensivo, obtuvo el contenido más bajo con 3.08% también en coincidencia con lo reportado por Medina et al. (2017) quienes reportan que en suelos recién cultivados con mango (1 a 5 años) y donde anteriormente se sembraba maíz el contenido de MO fue de 3.26%.

### **Nitrógeno de Nitratos (N-NO<sub>3</sub>)**

En cuanto al nitrógeno asimilable (N-NO<sub>3</sub>) se pudo observar que a pesar de que la MO es alta y excesiva, la mayoría de las zonas mostraron contenidos de N-NO<sub>3</sub> abajo del nivel crítico excepto la zona 3 con 28 ppm.

La explicación de la baja relación entre MO y N-NO<sub>3</sub> puede fundamentarse en la calidad de la MO prevaleciente en cada ecosistema estudiado y esto tiene que ver con la Relación C/N considerado como un índice de calidad. Los valores altos pueden relacionarse a una menor tasa de descomposición y mineralización debido a una inmovilización microbiana del nitrógeno. Se considera que valores entre 10 y 14 son propicios para estimular una mineralización rápida.

### **Fósforo asimilable (P)**

Se observan en todas las zonas contenidos de P muy por abajo del límite crítico de 20-30 ppm. Los contenidos más bajos se reportan en suelos con vegetación de 30 y 5 años de edad con 6 y 4 ppm respectivamente, mientras que los suelos que han sido sometidos a la r-t-q (zonas 3, 4 y 5) los valores son semejantes con 8 ppm.

Las deficiencias de P en los suelos calcáreos ya han sido fundamentadas en otros trabajos donde se menciona que se pueden formar precipitados insolubles como fosfato dicálcico y tricálcico convirtiendo al P en formas no asimilables por la planta. (Tisdale y Nelson, 1982).

### **Potasio intercambiable (K)**

El K al igual que el N y el P es un elemento esencial primario requerido en grandes cantidades dependiendo del cultivo. Estudios realizados en Yucatán han corroborado que las cantidades de K intercambiable en los suelos están arriba del rango de suficiencia considerado de 100 a 250 ppm. Esto también se manifiesta en los suelos de la Milpa Maya de Nuevo Tezoco donde todas las zonas estudiadas estuvieron en exceso muy por arriba del rango de suficiencia excepto la zona 1 que se mantuvo en el rango óptimo con 218.4 ppm. Los excesos de K se manifiestan con mayor intensidad en las zonas 3, 4 y 5, donde se ha practicado la r-t-q. Esto debe estar relacionado con el efecto residual y aportación del K de las cenizas después de la quema de la vegetación.

## Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Zinc (Zn)

En el Cuadro 1 se consignan los contenidos de Ca, Mg y Zn de las diferentes zonas de estudio.

En consideración a los límites críticos de 7.5-17.5 meq/100gr para Ca se notan cantidades excesivas ya que superan de 1.3 a 2 veces el límite crítico máximo. Esto es obvio dado el origen calcimórfico de los suelos de la Península de Yucatán ricos en carbonatos de calcio.

El Mg también se presenta en exceso, principalmente en las zonas 1, 4 y 5. Los ecosistemas 2 y 3 están en el rango óptimo. Los excesos de Ca y Mg pueden explicar la falta de P asimilable en todos los suelos. Un ejemplo es que el Ca forma complejos con el fósforo como Fosfato Tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  y en esta forma química el P ya no es asimilable.

Con relación al Zn, este es un elemento también influenciado por el pH del suelo y su disponibilidad disminuye a medida que aumenta el pH. Esta aseveración es confirmada en los trabajos de Rivera Ortiz et al. (2003) quienes consideran que la solubilidad de Fe y Zn en los suelos calcáreos es baja y lo relacionan con los porcentajes de carbonatos alcalinotérreos que inducen alcalinidad y son responsables de una alta concentración de iones calcio y bicarbonato.

Esas condiciones, son la que se presentan en los suelos de la milpa maya de Nuevo Tezoco y es por ello las cantidades máximas de Zn encontradas de 0.7 ppm cuando el rango de suficiencia es de 3 a 10 ppm.

## Coefficientes de Variación (CV)

En el Cuadro 2 se consignan los CV's de los diferentes atributos del suelo considerando las 5 zonas de estudio. Los atributos que mostraron CV's, consignados como bajos (Muñoz et al., 2006), fueron el pH con 3.04 % seguido del Ca con 14.7 % y la MO con 19.51 %. Los demás atributos (N, P, K, Mg) se sitúan en un rango considerado como de mediana variabilidad al estar dentro del rango de 20 a 40 %. El Zn fue el único elemento que mostró una variabilidad muy alta con 57.01 %. Estas variaciones son semejantes a las encontradas por Muñoz (2006) cuando reporta en sus estudios que pH mostró una variación menor al 10 % y el P de 20 a 40 % de CV.

## CONCLUSIONES

- El pH incrementa a medida que el suelo se somete a la práctica de roza-tumba-quema.
- El pH es más bajo en suelos donde la vegetación ha permanecido de 5 a 30 años.
- Aun cuando la MO permanece en rangos aceptables, en todas las zonas, la tendencia es una disminución importante a partir de la práctica r-t-q.
- Los contenidos de  $\text{N-NO}_3^-$ , en la mayoría de las zonas, mostraron estar abajo del rango de suficiencia, a pesar de los altos contenidos de MO.
- El contenido de  $\text{N-NO}_3^-$ , en suelos con vegetación, fue menor que las zonas con r-t-q.
- El P y el Zn estuvieron muy por debajo de los límites críticos incluyendo a los suelos con vegetación.
- El K es excesivo en todos los suelos excepto en monte de 30 años ya que se mantuvo dentro del rango de suficiencia.
- El Ca es excesivo en todas las zonas.
- Todos los nutrientes tienen variabilidad espacial diferentes entre zonas; siendo el pH el de menor variabilidad (CV= 3.04 %) espacial y el Zn el de mayor con un CV de 57.01 %.

**BIBLIOGRAFIA**

- Arias Reyes, L. M. 1979-1991. Análisis de las investigaciones del Programa Dinámica de la Milpa en Yucatán. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Etiégni L., Campbell A.G., 1991. Physical and chemical characteristics of wood ash. Bioresour. Technol. 37, 173-178.
- Lara Ponce, E., Caso Barrera, L., Aliphath Fernández, M. 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema de los Maya Itza de San Andrés y San José, Petén Guatemala.
- Mariaca Méndez, R. 1988. Análisis estadístico de 6 años de cultivo continuo experimental de una milpa bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México (1980-1986). Tesis de MC. Centro Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., Galvis-Spínola, A., Cortés-Flores, J. I., Santiago-Cruz, Ma. De J. 2017. Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. Agron. Mesoam. 28 (2): 499-508. Mayo-agosto 2017.
- Norma Oficial Mexicana. (Nom-021-Semarnat-2000).
- Ortiz Villanueva, B. 1977. Fertilidad de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Mex.
- Phytomonitor. 2018. Reporte de análisis de fertilidad de suelos. Bachigualato. Culiacán, Sinaloa.
- Pool Novelo, L. 1986. Experimentación en producción maicera bajo roza tumba quema en Yaxcabá, Yucatán, México, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, 1986.
- Rappaport, R. 1975. "El flujo de energía en una sociedad agrícola. Biología y Cultura. 34:379-391.
- Rivera-Ortiz, P., Etchevers-Barra, J. D., Hidalgo-Moreno, C., Castro-Meza, B. I., Rodríguez-Alcázar, J., Martínez-Garza, Á. 2003. Dinámica de hierro y zinc aplicados en soluciones ácidas a suelos calcáreos. Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, 2003, pp. 341-350. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. UTHEA. México. 760 p.





# UJED

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



FACULTAD DE  
AGRICULTURA  
Y ZOOTECNIA

# XXXI

## SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMIA

**2 AL 6 DE SEPTIEMBRE DE 2019**

**MEMORIA**

ISSN: 2594-1437

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA



**CENTRO DE CONVENCIONES POSADA DEL RÍO**  
AV. HIDALGO No. 1280. COL. CENTRO, GÓMEZ PALACIO, DURANGO, MEX.

**Responsable**

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez  
Director de la FAZ-UJED

**Informes**

Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo  
Km 32 Venecia, Dgo, México  
Teléfonos: (871)7118875 y 7118876  
Correo electrónico: siaxxx1.2019@gmail.com  
<http://faz.ujed.mx/siafaz>